

12



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ANALISIS Y DISEÑO DE LA RED DE COMPUTO DE LA
TORRE DE INGENIERIA.

300080

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICO

(AREA ELECTRICA - ELECTRONICA)

P R E S E N T A :

ANDRES ROBERTO BENITEZ GUZMAN

INGENIERO EN COMPUTACION

P R E S E N T A N :

ARACELI MARTINEZ LORENZANA

DAVID ORTEGA SEGURA

DIRECTOR: ING MARCO AMBRIZ MAGUEY





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.

Doy Gracias:

A Dios por acompañarme siempre y permitirme seguir adelante, y así cumplir cada uno de mis sueños.

A ti Papá te dedico especialmente este trabajo y lamento que no estés conmigo para disfrutar este triunfo; siempre estarás en mi corazón y pensamiento.

A mi mamá Esther y mis hermanos: Carmen, Esther, Silvia, Fausto y Guadalupe, que aunque no somos muy expresivos, me han brindado su apoyo, cariño y confianza a pesar de los disgustos y malos ratos que hemos pasado.

A Marcos, Marisol y Víctor por su cariño y apoyo

A David y Andrés, mis mejores amigos y compañeros, por compartir este trabajo y múltiples experiencias a lo largo del mismo, así como su paciencia (espero no haberla agotado), cariño y apoyo incondicional. David, espero que sigamos siendo amigos por siempre. Andrés, estamos logrando ahora uno de nuestros sueños, continuemos así o aún mejor para lograr todo lo que nos faltan: 806°.

A todos mis amigos y compañeros de escuela y de toda la vida que me brindaron apoyo, compañía y una palabra de aliento cuando más lo necesitaba. Disculpen que no mencione nombres, pero no quiero omitir a alguien. No desistan de sus aspiraciones y sueños, y espero algún día poder apoyarlos como ustedes lo han hecho conmigo.

Araceli Martínez Lorenzana

A ti primeramente a mi gran amigo que desde que nací has estado conmigo en las buenas y en las malas, en mis alegrías y mis tristezas GRACIAS por tu apoyo incondicional desde siempre.

A mis padres por su gran cariño, amor y apoyo incondicional. Por que de ustedes he aprendido muchas cosas tu "Mami" que siempre hay que "echarle" ganas a las cosas que mientras más difícil o duro mas fuerte debo ser, a ti "Papi" por que aparte de "echarle" ganas hay que planear y pensar primero antes de actuar

A mis queridos hermanos por su amistad, su cariño y apoyo, además del aprendizaje que me han dejado. De ti Alex por enseñarme que se debe ser audaz y "aventado" para realizar las cosas, de ti Marce que uno tiene que ser dedicado y nunca perder de vista las metas que uno se fija y así llegar hasta el final. A mi "abue" por su infinito cariño hacia su nieto. Gracias familia por todo y este triunfo también es de ustedes.

¡¡LOS QUIERO ENORMEMENTE!!

A ti mi amor que has sido mi inspiración, por tu intensidad de vivir la vida y por la pasión que le pones a todo lo que quieres hacer. Que este sea el primero de tantos proyectos y planes que tenemos juntos. Gracias por tu ayuda, paciencia y cariño TE AMO y recuerda 806°.

A ti Deivid por tu entrega por enseñarnos que con entusiasmo se pueden hacer las cosas, por la ENORME paciencia que me tuviste al momento de las explicaciones y de mis correcciones y sobre todo por tu GRAN AMISTAD. GRACIAS.

AGRADEZCO INFINITAMENTE

Al Dr. David Muria Vila por su amistad y su apoyo incondicional por creer en mí hasta el final, por que me enseñó algo valioso que es la superación profesional y la que trataré de seguir siempre. Gracias.

Al Dr. José Alberto Escobar y al M.I. Juan Dyer por que siempre tuvieron oídos para mí y sin dudar me brindaron su apoyo.

A mis grandes amigos de toda la vida por su valiosa amistad y por los buenos momentos que hemos compartido juntos.

Itzel, Nelly, Liliana, Julio, Víctor, Fabián, Arturo, Esther, Luis, Martha, Gaby, Cesar, Esther, Lupe, Marco, Esther, Carmelita, Sra. Esther, Victor

Agradezco:

A Diosito por ser quien alimenta y fortalece mi espíritu, y principalmente por darme el preciado y maravilloso obsequio de la vida misma, y por si fuera poco, la oportunidad de ayudar y querer a los que me rodean

A mi Papá y Mamá con todo cariño por su ejemplo de bondad y trabajo, su confianza y apoyo incondicional. Este trabajo es para ustedes. Los amo con todas mis fuerzas.

A mis hermanos: Julio, Rosario, Cecilia y Verónica; por ofrecerme en todo momento su apoyo, y por su ejemplo de dedicación y estudio. Yo no soy mas que una mala imitación de ustedes. Los quiero mucho. También a ti Berillo, a ti Fati y "al que viene en camino" por darme alegría. Gracias Héctor por tu amistad y consejos. Gracias abuelitos por su cariño y estar siempre pendiente de mi y mis hermanos.

A ti Jannet por ser inspiración en mi vida, por tu apoyo y consejos en momentos difíciles, pero principalmente por estar a mi lado. Gracias por la luz de tu amistad y cariño.

A ustedes, Araceli y Andrés, porque además de haber sido compañeros de tesis también son mis mejores amigos. Gracias por compartir conmigo del inmenso cariño que hay entre ustedes, por comprender mi mente despistada y tener paciencia de mi impaciencia. Hicimos un gran grupo de trabajo, el mejor que he tenido.

A todos mis amigos de la Facultad de Ingeniería y de la Preparatoria.

A los investigadores que me han dado la oportunidad de formar parte del Instituto de Ingeniería: Marco Ambríz, Jorge Aguirre González, Francisco Chávez García y Eugenio M. López Ortega.

David

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por permitirnos ser parte de su comunidad y así proporcionarnos la formación académica que se refleja y culmina en este trabajo. Podemos decir con orgullo que somos Universitarios

A todos los profesores de la Facultad de Ingeniería por compartir sus experiencias profesionales y conocimientos docentes, motivándonos de esta forma a culminar nuestros estudios.

Al Instituto de Ingeniería por permitir integrarnos a su comunidad y participar en actividades que nos han formado como profesionistas y personas.

Al Ing. Marco Ambríz por aceptar dirigir esta tesis y apoyarnos con todo lo necesario durante la elaboración de la misma.

A nuestros amigos del Instituto de Ingeniería. Gus, Ale, Ray, George, Marcos, Juan O, Juan L, Kika, Javier, Fer, Guen, Nancy, Lidia, Maribel, John, Zaidé, Sonia, Ángeles, Mary, Lilia, Guillermo, Erika, José, Ismael, Ixchel, Paris, Artemia, Cuahutémoc, Carlitos, Karla, Claudia, César, Adán, Maggie, Elena, Ruth Carrillo; por apoyarnos, motivarnos a continuar y brindarnos su amistad

Ara, David, Andrés

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	5
ORGANIZACIÓN	6
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	
1.1 Modelo de Referencia OSI	8
1.1.1 Introducción al Modelo de Referencia OSI	8
1.1.2 Conceptos básicos del Modelo de Referencia	10
1.1.3 Transmisión de datos	11
1.1.4 Descripción de capas del Modelo de Referencia OSI	12
1.2 Conceptos	19
1.2.1 Red de computadoras	19
1.2.2 Objetivos de una red de computadoras	19
1.2.3 Requerimientos de una red de computadoras	20
1.2.4 Topologías de red	21
1.2.5 Combinación de topologías de red	24
1.3 Medios de transmisión	25
1.3.1 Medios terrestres	25
1.3.2 Medios aéreos	31
1.4 Protocolos de comunicación para redes	32
1.4.1 TCP/IP	32
1.4.2 Protocolo de control de transmisión (TCP)	35
1.4.3 Protocolo de internet IP	37
1.4.4 Protocolo de comunicación IPv6	40
CAPÍTULO II. CONCEPTOS Y ESTÁNDARES DE RED DE ÁREA LOCAL	
2.1 Protocolos de control de acceso al medio	43
2.1.1 Técnicas síncronas	43
2.1.2 Técnicas asíncronas	44
2.2 Estándares de redes	47
2.2.1 Estándares del IEEE	47
2.2.2 IEEE 802.1 interfaces de redes de alto nivel y puentes MAC	48
2.2.3 El IEEE y la capa de enlace de datos del modelo OSI	50
2.2.4 IEEE 802.2 Control de enlace lógico (LLC, Logical Link Control)	51
2.2.5 IEEE 802.3 Estandarización de la tecnología Ethernet CSMA/CD	53
2.2.6 IEEE 802.4 Token Bus	58
2.2.7 IEEE 802.5 Token Ring	59
2.2.8 IEEE 802.6 Red de área metropolitana (MAN)	61
2.2.9 IEEE 802.7 Grupo asesor para técnicas de banda ancha	62
2.2.10 IEEE 802.8 Grupo asesor para técnicas de fibra óptica	62
2.2.11 IEEE 802.9 Redes integradas por voz y video	62
2.2.12 IEEE 802.10 Seguridad en red	62
2.2.13 IEEE 802.11 Redes inalámbricas (WLAN)	62
2.2.14 IEEE 802.12 LAN de acceso de prioridad por demanda (100 VG AnyLAN)	62
2.2.15 IEEE 802.17 Cable de TV	63
2.2.16 IEEE 802.15 Redes inalámbrica de área personal	63

- 2.3 Estándares de cableado estructurado
 - 2.3.1 ANSI/TIA/EIA-568.- Estándar de cableado para telecomunicaciones en edificios comerciales
 - 2.3.2 ANSI/TIA/EIA-569-A.- Estándar de rutas y espacios de telecomunicaciones para edificios comerciales
 - 2.3.3 ANSI/TIA/EIA-606.- Estándar para la administración de la infraestructura de telecomunicaciones en edificios comerciales
 - 2.3.4 ANSI/TIA/EIA-607.- Requerimientos de unión puesta a tierra (aterrizaje) para telecomunicaciones en edificios comerciales
 - 2.3.5 Estándares de redes inalámbricas

CAPÍTULO III. TECNOLOGÍAS DE REDES DE ALTA VELOCIDAD

- 3.1 Dispositivos de interconexión de redes
 - 3.1.1 Repetidores
 - 3.1.1.1 Tipos de repetidores
 - 3.1.2 Puente (Bridge)
 - 3.1.2.1 Tipos de puentes
 - 3.1.2.1.1 Puentes transparentes
 - 3.1.2.1.2 Puentes de enrutamiento fuente
 - 3.1.2.1.3 Puentes transparentes de enrutamiento fuente (SRT) o traductor
 - 3.1.2.1.4 Puentes locales y remotos
 - 3.1.2.2 Ventajas y desventajas de los puentes
 - 3.1.3 Conmutador (Switch)
 - 3.1.3.1 Tipos de conmutadores
 - 3.1.3.2 Métodos de conmutación
 - 3.1.3.3 Arquitecturas de los conmutadores
 - 3.1.4 Enrutador (Router)
 - 3.1.4.1 Funciones básicas de los routers
 - 3.1.4.2 Procesamiento de paquetes
 - 3.1.4.3 Algoritmos de enrutamiento
 - 3.1.4.3.1 Métrica de enrutamiento para algoritmos
 - 3.1.4.3.2 Tipos de algoritmos de enrutamiento
 - 3.1.4.4 Entornos autónomos
 - 3.1.4.4.1 Enrutamiento respecto a TCP/IP
 - 3.1.4.4.1.1 Protocolos de compuerta interior
 - 3.1.4.4.1.2 Protocolos de compuerta exterior (EGP: Exterior Gateway Protocol)
 - 3.1.5 Compuerta (Gateway)
 - 3.1.6 Concentrador (Hub)
 - 3.1.6.1 Tipos de concentradores
 - 3.1.6.2 Evolución de los concentradores
 - 3.1.7 Segmentación con conmutadores y enrutadores
- 3.2 Tecnologías de conmutación de redes
- 3.3 Interfaz de datos distribuidos por fibra (FDDI)
 - 3.3.1 Topología
 - 3.3.2 Relación entre FDDI y OSI
 - 3.3.3 Tipos y estándares de FDDI
- 3.4 Ethernet
 - 3.4.1 Historia de Ethernet
 - 3.4.2 El sistema Ethernet
 - 3.4.3 Trama Ethernet y direcciones Ethernet
 - 3.4.4 Tipos de medio para Ethernet

3.4.4.1	El sistema Ethernet a 10Mbps con cable coaxial grueso	120
3.4.4.2	El sistema Ethernet a 10Mbps con cable coaxial delgado	121
3.4.4.3	El sistema Ethernet a 10Mbps con cable par trenzado	122
3.4.4.4	El sistema Ethernet a 10Mbps con fibra óptica	123
3.5	Ethernet Rápido (Fast Ethernet)	125
3.5.1	Sistema Fast Ethernet	125
3.5.2	Tipos de medio para Ethernet Rápido	125
3.5.2.1	Sistema Ethernet Rápido 100Base-TX	126
3.5.2.2	Sistema Ethernet Rápido 100Base-FX	127
3.5.2.3	Sistema Ethernet Rápido 100Base-T4	128
3.5.2.4	Sistema Ethernet Rápido 100Base-T2	128
3.5.3	Repetidores Clase I y Clase II	128
3.5.4	Características opcionales de Fast Ethernet	130
3.6	100VG AnyLAN	133
3.6.1	Topología	133
3.6.2	Capa física	134
3.6.3	Capa MAC	136
3.7	Gigabit Ethernet	138
3.7.1	Ethernet como tecnología de red dominante	139
3.7.2	Formato de trama Ethernet	140
3.7.3	Funcionamiento Half y Full Duplex	140
3.7.4	Objetivos de administración	141
3.7.5	Bajo costo de propiedad	141
3.7.6	Soporte para nuevos tipos de datos y aplicaciones	142
3.7.7	Estándar IEEE 802.3z Gigabit Ethernet	143
3.7.7.1	Especificaciones de distancia para medios	143
3.7.7.2	Fibra multimodo y láser	144
3.7.7.3	Productos Gigabit Ethernet	146
3.7.8	Ethernet y servicios de alto nivel	146
3.7.9	Calidad de Servicio (QoS) en Ethernet	147
3.7.10	Funcionalidad Capa 3	147
3.7.11	Desempeño de Gigabit Ethernet	148
3.7.12	Escenarios de migración a Gigabit Ethernet	148
3.8	Modo de transferencia asíncrona (ATM)	152
3.8.1	ATM y el modelo de referencia OSI	156
3.8.2	Clases de calidad de servicio ATM (QoS Quality of Service)	157
3.8.3	Topología de una red ATM	158
3.8.4	Funcionamiento ATM	159
3.8.5	Consideraciones de cableado	161
3.8.6	Seguridad en ATM	161
3.8.7	Emulación de LAN	162
3.8.8	Dispositivos ATM para encaminamiento Inter-red	167
3.8.9	Emulación LAN ATM (LANE: LAN Emulation)	168
3.8.9.1	Funcionamiento de emulación LAN	169
3.8.9.2	Componentes de LANE	169
3.8.9.3	Servicio LANE	170
3.8.9.4	Múltiples redes LAN emuladas	173
3.8.10	Multiprotocolo sobre ATM (MPOA)	174
3.8.11	ATM y voz	175
3.8.12	Aspectos de la migración hacia ATM	175
3.8.12.1	Aspectos de la migración aplicables al equipo de usuario	177
3.8.12.2	Aspectos de integración en WAN	177
3.8.13	Facilidades de ampliación	179

3.8.14	Facilidades de administración	180
3.8.14.1	Otros aspectos a tener en cuenta	180
3.9	Red digital de servicios integrados (ISDN)	181
3.9.1	Estructura de la RDSI	181
3.9.2	Estándares de interfaz de usuario	182
3.9.3	Modo de operación de la RDSI	184
3.9.3.1	Designación del ancho de banda dinámico	184
3.9.3.2	Servicios sobre la RDSI	184
3.9.3.3	Beneficios de la RDSI para aplicaciones intensivas de datos	185
3.9.4	RDSI de banda ancha (Broadband ISDN)	185
3.10	LAN virtuales (VLANs)	186
3.10.1	LAN virtuales por agrupación de puertos	186
3.10.2	LAN virtuales por agrupación a nivel MAC	188
3.10.3	LAN virtuales por agrupación a nivel de red	188

CAPÍTULO IV. ESPECIFICACIONES DE LOS EDIFICIOS INTELIGENTES

4.1	Concepto de edificio inteligente	190
4.2	Técnicas de planeación y consideraciones para la Torre de Ingeniería como un edificio inteligente	190
4.2.1	Estructura del edificio	190
4.2.2	Sistemas del edificio	190
4.2.3	Servicios del edificio	190
4.2.4	Administración del edificio (Facility Management)	190
4.3	Beneficios del cableado estructurado en un edificio inteligente	190

CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y DISEÑO DEL PROYECTO RED DE CÓMPUTO DE LA TORRE DE INGENIERÍA

5.1	Planeación y evaluación de proyectos de informática	191
5.1.1	Metodología para evaluación de equipo computacional	191
5.1.1.1	Etapas de la metodología	191
5.1.1.2	Método de puntuación aditiva	200
5.2	Aspectos generales de la Torre de Ingeniería	200
5.3	Análisis del proyecto Red TI	200
5.3.1	Objetivo	200
5.3.2	Requerimientos de la Red TI	200
5.3.2.1	Aplicaciones y servicios de red	200
5.3.2.2	Conectividad	200
5.3.2.3	Interoperabilidad	200
5.3.2.4	Capacidad de desempeño	200
5.3.2.5	Administración	200
5.3.2.6	Seguridad	200
5.3.2.7	Tolerancia a fallos	210
5.3.2.8	Flexibilidad topológica	210
5.3.2.9	Documentación	210
5.4	Evaluación y diseño de la arquitectura de la Red TI	210
5.4.1	Arquitectura modular de la Red TI basada en el modelo de referencia OSI	210
5.4.2	Etapas de análisis y evaluación de la Red TI	210
5.4.2.1	Sistema de cableado estructurado para telecomunicaciones de la Torre de Ingeniería	210
5.4.2.1.1	Análisis y evaluación del sistema de cableado estructurado	210
5.4.2.2	Tecnología de red	240
5.4.2.2.1	Análisis de las tecnologías de red en ciertos parámetros	240

5.4.2.2	Análisis y evaluación de las tecnologías de red para el Backbone y el sistema de escritorio	257
5.5	Esquema de seguridad en la Red TI	264
5.5.1	Bases para el diseño del firewall en la Red TI	264
5.5.1.1	Políticas del firewall	265
5.5.1.2	Política interna de la seguridad	265
5.5.1.3	Componentes del sistema firewall	266
5.6	Esquema de asignación de direcciones IP en la Red TI	269
5.6.1	NAT (Network Address Translation)	270
5.6.2	Gateway a nivel de aplicación (Proxy)	271
5.6.3	DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)	272
5.6.4	Transición a IP versión 6 (IPv6)	273
5.6.5	Conclusión	275
CAPÍTULO VI. SELECCIÓN DEL EQUIPO QUE INTEGRARÁ LA RED DE CÓMPUTO DE LA TORRE DE INGENIERÍA		
6.1	Estrategia de redes de alta velocidad en la Red TI (Segmentación)	276
6.2	Dispositivos de interconexión de la Red TI	277
6.3	Diseño de la implantación de la tecnología Gigabit Ethernet Conmutado	280
6.3.1	Topología	280
6.3.2	Definición de segmentos	280
6.3.3	Dispositivo central de conmutación	281
6.4	Diseño de la implantación de la tecnología Fast Ethernet conmutado	283
6.4.1	Topología	283
6.4.2	Dispositivos de conmutación	284
6.5	Selección de los equipos de conmutación de la Red TI	286
6.5.1	Tablas de especificaciones de los dispositivos de conmutación	286
6.5.1.1	Dispositivo principal de conmutación	286
6.5.1.2	Switch de escritorio	289
6.5.2	Evaluación y selección del fabricante	292
6.6	Administración y monitoreo de la Red TI	298
6.6.1	Equipo servidor	298
6.6.2	Sistema operativo de red para los servidores	299
6.6.3	Sistema de administración, mantenimiento y operaciones (OAM)	301
6.7	Suministro e instalación de racks	302
6.7.1	Esquemas de distribución	303
CONCLUSIONES		306
ANEXOS		
Anexo A. Comentarios finales		311
Anexo B. Red UNAM		315
Anexo C. Estimación de costos para el equipamiento de la Red TI		320
GLOSARIO		327
BIBLIOGRAFÍA		330

El Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México es el centro de investigación en diversas áreas de la ingeniería más productivo del país. Es una comunidad de aproximadamente 900 personas: investigadores y estudiantes de ingeniería que realizan trabajos de tesis de licenciatura, maestría y doctorado, técnicos académicos, personal secretarial y de servicios. Sus instalaciones ocupan 12 edificios en la zona de Ciudad Universitaria, con una extensión de 63,000 metros cuadrados entre laboratorios, cubículos, áreas comunes y un auditorio.

Desde su fundación, la política del Instituto ha sido realizar investigación orientada a problemas generales de la ingeniería, así como colaborar con entidades públicas y privadas para mejorar la práctica de la ingeniería en el ámbito nacional, al aplicar los resultados de las investigaciones a problemas específicos.

Como consecuencia, algunos proyectos son financiados con recursos que la UNAM otorga, y otros, mediante contratos de investigación con empresas o corporaciones solicitantes.

En el Instituto de Ingeniería las actividades se organizan en grupos de investigación distribuidos en quince áreas y/o líneas de investigación (coordinaciones), las cuales a su vez están agrupadas en tres subdirecciones:

- Subdirección de Hidráulica y Ambiental, integrada por las coordinaciones: Bioprocesos Ambientales, Hidráulica, Ingeniería Ambiental, e Ingeniería de Procesos Industriales y Ambientales.
- Subdirección de Estructuras integrada por las coordinaciones: Estructuras y Materiales, Geotecnia, Ingeniería Sísmológica, Mecánica Aplicada, Sísmología e Instrumentación Sísmica, y Vías terrestres.
- Subdirección de Electromecánica integrada por las coordinaciones: Automatización, Ingeniería Mecánica Térmica y de Fluidos, Ingeniería de Sistemas, Instrumentación, y Sistemas de Cómputo.

Los objetivos iniciales del área de Sistemas de Cómputo consistieron en apoyar la adquisición y el mantenimiento del equipo de cómputo y software así como la instalación y operación de la red de cómputo. Actualmente trabaja en la planeación, administración y operación de la infraestructura de cómputo y telecomunicaciones de datos del Instituto, para apoyar al personal académico en sus proyectos de investigación y propiciar que la convergencia y el uso de las tecnologías de cómputo, informática, telecomunicaciones y microelectrónica se asimilen y aprovechen como una herramienta de cambio, una palanca de modernización, un agente de innovación y un ingrediente de productividad. La coordinación está formada por un técnico académico, 22 becarios de nivel licenciatura y siete becarios asignados y patrocinados por proyectos de otras coordinaciones. Este grupo de trabajo se divide en siete áreas:

- Base de Datos.- Área de desarrollo de sistemas de información donde se crean y se mantienen los múltiples sistemas de información del Instituto.
- Capacitación.- Área cuyo objetivo es incrementar y reforzar los conocimientos y aptitudes en materia de cómputo del personal académico, administrativo y becarios del Instituto de Ingeniería.
- PC's.- En esta área se realizan tareas de mantenimiento preventivo y correctivo a computadoras personales y periféricos, y también soporte técnico a usuarios.
- Redes.- El área de infraestructura de redes y telecomunicaciones se encarga de la planeación, instalación, administración, mantenimiento, operación y monitoreo de la red local del Instituto, además de mantener seguridad física y lógica de la red.
- Servidores Unix.- Área de administración de estaciones de trabajo y servidores Unix que proporcionan múltiples servicios de Internet y procesamiento de datos

- Servidores Windows 2000.- Área de administración de servidores Windows 2000 los cuales brindan servicios a cada una de las computadoras personales del Instituto.
- WEB.- Área de publicación y mantenimiento de la página en internet del Instituto de Ingeniería, en la cual se da a conocer la estructura general y la información global de las actividades del Instituto de Ingeniería a todo el mundo.

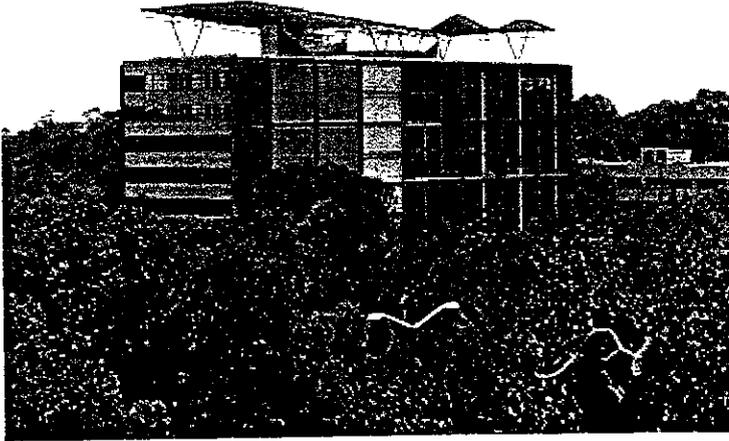
Es importante mencionar que desde hace más de 40 años en el Instituto de Ingeniería se llevan a cabo investigaciones multidisciplinarias donde participa personal de diversas áreas de investigación del Instituto y otras organizaciones externas a la UNAM. El objetivo principal del proyecto de la Torre de Ingeniería es la de brindar un espacio adecuado donde se favorezcan las labores de investigación vinculadas a las empresas e instituciones interesadas en promover y aprovechar los avances de la ingeniería. La Torre de Ingeniería es también un esfuerzo de la UNAM para el fortalecimiento de sus actividades de colaboración con los sectores productivos, social y de servicios dirigidos al desarrollo tecnológico.

En la Torre de Ingeniería se desarrollarán proyectos de investigación y de asistencia técnica patrocinados por organizaciones del sector productivo, social y de servicios, además de actividades de capacitación técnica de alto nivel. Las actividades a desarrollarse en la Torre de Ingeniería son: realizar proyectos de investigación y desarrollo tecnológico dirigidos a resolver problemas específicos de los sectores productivos, social y de servicios con aportación de soluciones innovadoras, fomentar la formación de estudiantes universitarios con capacidad para identificar y participar en proyectos de investigación y desarrollo tecnológico que permitan resolver problemas específicos, crear mecanismos de colaboración entre grupos académicos universitarios que permitan abordar problemas tecnológicos de gran alcance de interés para los sectores productivo y social del país, y de esta manera contribuir a la superación del personal académico de la UNAM mediante su participación en proyectos con académicos de otras disciplinas y con especialistas de la práctica, fomentar la generación de conocimiento científico y tecnológico, a través de la colaboración de la UNAM con los sectores productivos, social y de servicios de la empresa privada y del gobierno.

En este proyecto dirigido a impulsar la colaboración de la UNAM con el sector productivo, con el fin de propiciar la participación y colaboración de diversas entidades académicas de la UNAM en el tipo de proyectos a realizarse en la TI se creó la Unidad Administradora de la Torre de Ingeniería. A la fecha, en esta Unidad Administradora de la TI se encuentra el Instituto de Ingeniería participando en conjunto con el Centro de Instrumentos y las Facultades de Ingeniería y de Química de la UNAM. La misión de esta Unidad Administradora de la TI es reforzar las capacidades de la UNAM para participar en la solución de problemas de investigación y desarrollo tecnológicos de los sectores productivo y social nacionales.

La Torre de Ingeniería está construida bajo los conceptos de edificio inteligente con los modernos sistemas pasivos de acondicionamiento ambiental, reciclaje de agua y ahorro de energía. Además ofrecerá auditorios, aulas y cubículos con cómputo avanzado, áreas de exposiciones, conferencias y cafetería.

El punto importante a considerar, y que es el caso de análisis y diseño del presente trabajo de investigación, es que la Torre de Ingeniería deberá contar con una red de cómputo avanzada que cumpla con las características de un edificio inteligente. El área de Sistemas de Cómputo del Instituto de Ingeniería forma parte del proyecto del diseño y puesta en operación de la red de cómputo de la Torre con el fin de lograr que este sea un sistema abierto a la comunicación con otras redes de computadoras y sistemas diversos, con un modo de operación confiable, con grado de escalabilidad y de fácil mantenimiento; ofreciendo así al personal que labore en la Torre la herramienta de tecnología informática para el desarrollo de sus actividades.



Es importante hacer un análisis del porqué la implantación de una red de cómputo en un inmueble como la Torre de Ingeniería. A medida que las actividades de investigación y desarrollo tecnológico en la UNAM se hacen más complejas, así como las actividades sociales y económicas en nuestro país, las comunicaciones juegan un papel fundamental. El desarrollo de las computadoras y las redes digitales de comunicación han dado pauta a una revolución de transporte de datos. El desarrollo de las computadoras ahora está enfocado a su operación en red logrando con esto una conexión entre las computadoras y las comunicaciones, donde un gran número de computadoras operan separadas pero interconectadas entre sí trabajan en conjunto como un sistema distribuido. El medio de transmisión entre computadoras no puede ser únicamente por medio de cable de cobre, también puede realizarse por medio de fibra óptica, microondas y satélites de comunicación. La instalación de una red de computadoras en la Torre de Ingeniería permitirá que estos dispositivos puedan compartir recursos entre sí (datos, programas y periféricos) y carga de trabajo por medio de una serie de reglas (protocolos) sin importar la ubicación física de los recursos y de los usuarios de la Torre, además de mantener confiabilidad en el almacenamiento de información y como punto importante el ahorro económico que representa su mantenimiento y actualización en comparación con los sistemas conocidos como supercomputadoras y mainframes. El cómputo distribuido representa una forma eficiente de procesamiento y envío de información. El desarrollo de varios protocolos de interconexión estándar y medios de transmisión han hecho posible la proliferación de redes de área local en organizaciones a nivel mundial para aplicaciones educacionales y de negocios.

La rápida evolución de la capacidad de procesamiento de los servidores y estaciones de trabajo además de la proliferación de múltiples aplicaciones y programas que requieren de un mayor consumo de ancho de banda (aplicaciones cliente-servidor, de interfases gráficas, aplicaciones de transmisión crítica, aplicaciones multimedia y super cómputo) son puntos a considerar para la infraestructura de una red de computadoras. Por tal motivo, la Torre de Ingeniería deberá contar con una infraestructura de red que soporte las crecientes necesidades de comunicación y procesamiento de datos requerida por los usuarios. Por todo lo anterior, la red de cómputo de la Torre en su construcción deberá estar apegada a estándares establecidos por organismos internacionales y de

la UNAM (por medio de la Dirección de Telecomunicaciones de la DGSCA) y contar con el soporte a las principales tecnologías de red que hoy en día están presentes y de futuro desarrollo, logrando así el diseño de una red de cómputo robusta, escalable y flexible, que logre gestionar los servicios que de esta sean demandados siendo la columna vertebral de los sistemas de comunicación y de envío de información interna y externa en la Torre.

OBJETIVO GENERAL

Planear y desarrollar la estructura de la red local de cómputo de la Torre de Ingeniería basándose en los últimos avances de la tecnología en materia de redes y edificios inteligentes, considerando las necesidades de la investigación Asociada al Instituto de Ingeniería y de la administración de los recursos informáticos.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Cubrir las necesidades y objetivos generales de la Torre de Ingeniería con el diseño de su red de cómputo, considerando los conceptos de telecomunicaciones para Edificios Inteligentes.
- Seleccionar la tecnología y arquitectura de red de cómputo adecuadas para la Torre de Ingeniería.
- Seleccionar el equipo de red mediante una metodología para la evaluación de equipamiento computacional
- Tener un panorama amplio sobre las distintas tecnologías y arquitecturas de red de área local existentes.
- Ampliar conocimientos sobre equipos de red existentes en el mercado.

Este trabajo está organizado de manera modular. La organización de la parte teórica y de diseño en los capítulos se basa en el esquema de organización que establece el Modelo de Referencia OSI, con el fin de diseñar una arquitectura modular de red. Se parte de una base de conceptos y conocimientos para llevar a cabo la etapa de análisis y diseño de la red de cómputo de la Torre de Ingeniería y finalmente lograr el objetivo principal del presente trabajo de Tesis.

El primer capítulo, que tiene por título "Antecedentes", abarca en gran medida la base de conocimientos y conceptos para este proyecto. Se explica de manera detallada cada uno de los siete niveles que componen el Modelo de Referencia OSI. Esta parte es la más importante por ser el esquema de organización y diseño a la que se apega este proyecto. En este capítulo también se abarca la introducción de los conceptos que en su conjunto ayudan a comprender cada uno de los sistemas que conforman la arquitectura de una red, como lo son: el concepto y descripción de ventajas de una red de computadoras, los tipos de medios de transmisión que hoy en día están presentes en diseños de redes de datos y las topologías de red básicas. Finalmente se expone el conjunto de protocolos que permiten el enlace y la comunicación entre los dispositivos de red, el conjunto de protocolos TCP/IP, el cual es adoptado en el diseño de la red de la Torre de Ingeniería para garantizar que este sea un sistema abierto de comunicación.

En el segundo capítulo se expone los principales estándares de redes de área local que están establecidos por organismos internacionales así como los principales protocolos de control de acceso al medio. Entre los estándares de redes de área local se abarcan los que establece el IEEE en su conjunto de estándares 802.X, los estándares de cableado estructurado y de espacios para telecomunicaciones de la EIA/TIA. También se explican los estándares de redes inalámbricas que hoy en día comienzan a tener auge en los sistemas de comunicación.

El tercer capítulo abarca las principales tecnologías de red y dispositivos de interconexión. Se explican las principales características y funcionamiento de cada uno de los dispositivos de interconexión de redes de acuerdo a su modo de operación dentro del Modelo de Referencia OSI y comprender sus funciones específicas en las redes de datos. Una parte importante en proyectos de diseños de redes es la comprensión de la forma funcional de las tecnologías de redes de alta velocidad que son factibles de ser implantadas, las cuales definen a una red de altas especificaciones. En este capítulo se explican de manera detallada las tecnologías Ethernet, Fast y Gigabit Ethernet, 100VG-AnyLAN, FDDI y ATM, así como también la Red Digital de Servicios Integrados.

En el cuarto capítulo se exponen los principales conceptos de los sistemas de telecomunicaciones aplicados a Edificios Inteligentes, los cuales ayudan a definir la infraestructura con la que debe contar una red de datos como parte modular de los sistemas de información en un edificio inteligente.

En el quinto capítulo se lleva a cabo el análisis y diseño de la red de datos de la Torre de Ingeniería. En este capítulo se adecua una metodología de equipamiento computacional a este proyecto de diseño de red. Se contemplan los objetivos del proyecto Torre de Ingeniería y la necesidad de contar con una red de datos de altas especificaciones que cumpla con las expectativas de operación, siendo esta parte de un edificio inteligente. Con el auxilio de la metodología y los conocimientos y conceptos previos se lleva a cabo la selección de los componentes y dispositivos que conforman los dos sistemas modulares de la red: el sistema de cableado estructurado y la tecnología de red. El sistema de cableado estructurado se compone de tres subsistemas para el análisis y diseño: el Campus, el cableado vertical (backbone) y el cableado horizontal (sistema de escritorio). Se definen las etapas para el diseño de cada uno de estos sistemas. En el desarrollo de cada una de las etapas se lleva a cabo un análisis y evaluación de las posibles soluciones para finalizar con una selección óptima y justificada. Posteriormente se establece la tecnología de red para cada uno de estos sistemas para conformar una arquitectura de red modular que cumpla con los requerimientos de una red de altas especificaciones. Finalmente se plantean los

esquemas de seguridad a nivel de red y de asignación de direcciones de red bajo el esquema de protocolo IP para cada uno de los dispositivos que conformen a la red de la Torre.

En el último capítulo se definen las estrategias de implantación de las tecnologías de red en cada uno de los sistemas que conforman el diseño de la red. Se lleva a cabo el análisis y evaluación de los dispositivos de conmutación que hoy en día proveen los principales fabricantes de dispositivos de interconexión de redes para la selección de una opción óptima y justificada. También se plantean la arquitectura con la que deben de contar los equipos que fungirán como servidores de aplicación y de monitoreo, así como la plataforma de administración y monitoreo de la red de datos de la Torre de Ingeniería.

Finalmente, en las conclusiones se estiman las metas alcanzadas en este trabajo, considerando los objetivos que de inicio se plantearon para definir el diseño de una red de datos confiable, escalable y flexible, y establecerla como la columna vertebral de los sistemas de información y comunicación en un edificio inteligente como lo es la Torre de Ingeniería.

INTRODUCCIÓN

Los principales objetivos para el diseño e implantación de la red de cómputo para la Torre de Ingeniería se basan principalmente en la integración de tecnología de punta, funcionalidad, fácil escalabilidad y bajo costo, con el propósito de lograr una infraestructura funcional como medio de comunicación entre los equipos y personas que ahí laboren. Sin embargo, para poder establecer una comunicación entre computadoras, lo mismo que para establecerla entre personas, es necesario contar con una serie de normas que regulen dichos procesos, esas normas las fija la sociedad en general (en el caso de las personas), o bien organismos internacionales de normalización (en el caso de las máquinas). La Organización de Estándares Internacionales ó ISO (International Standards Organization) desarrolló un modelo de referencia conocido como OSI (Open System Interconnection), el cual es la base en que opera una red de cómputo. El estudio de este modelo de referencia nos permitirá definir a la red de computadoras de la Torre de Ingeniería como un sistema abierto, es decir, un sistema capaz de establecer comunicación con otras redes de cómputo.

Una característica importante en el diseño de una red, en el caso de una red privada dentro de un edificio o enlace entre edificios, es la distribución física de cada uno de sus componentes y modos, es decir, su topología, el análisis de cada una de ellas nos permitirá diseñar un patrón de conexión óptimo para la Torre de Ingeniería con características de seguridad en el envío y recepción de información con un tiempo de respuesta mínimo. Para la transmisión real del flujo de bits entre computadoras existen diversos medios físicos, cada uno con distintas capacidades de transmisión en términos de ancho de banda, retardo de transmisión, y dos puntos primordiales a ser considerados: el antenimiento y la facilidad de instalación así como la inversión económica que representa.

1 MODELO DE REFERENCIA OSI

1.1 Introducción al Modelo de Referencia OSI

Los estándares sirven para unificar la forma en que se realiza la conexión entre computadoras, para la seguridad en redes, para la forma de conexión de las redes, etc. En general los estándares nos indican un modelo a seguir en los aspectos tanto de comunicación como de transmisión de datos en las redes, así como la forma en que deben estar configurados los distintos elementos de las mismas para que tengan tanto un funcionamiento óptimo como una comunicación eficiente. Los organismos internacionales más importantes que formulan dichos estándares son:

- **International Standards Organization (ISO)**

Esta organización fue la creadora del modelo que utilizan todas o casi todas las redes en el mundo denominado OSI (Open System Interconnection), cuya actividad vio luz a principios de 1977 obteniendo el grado definitivo de estándar internacional en 1983.

- **Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)**

Ha desarrollado una familia de estándares referentes a redes locales, conocidos con el número 802. La diversidad de métodos de acceso, protocolos de línea, medios físicos, dispositivos conmutables y aplicaciones ha impuesto la necesidad de unificar procesos para hallar una solución armónica y eficiente que ahorren esfuerzos aislados y busquen un nivel de compatibilidad a través del desarrollo de estándares de uso universal.

- **International Telegraph and Telephone Consultative Committee (CCITT)**

Fue establecido para estudiar aspectos técnicos, operativos y tarifarios relativos a la telegrafía y a la telefonía y para emitir recomendaciones sobre los mismos, así como crear diferentes estándares en la comunicación de datos, conmutación telefónica y sistemas digitales.

- **International Telecommunication Union (ITU)**

Organismo especializado de Naciones Unidas de cooperación internacional, fundado en 1865. Tiene tres órganos principales, dos de ellos se ocupan sobre todo de la difusión

internacional de radio y el tercero está fundamentalmente relacionado con sistemas telefónicos y de comunicación de datos.

- **American National Standard Institute (ANSI)**
Organización privada, descentralizada y no lucrativa (representante de Estados Unidos en la ISO), está constituida por fabricantes, proveedores de servicios y otros grupos interesados. Las normas de ANSI son frecuentemente adoptadas por la ISO, como normas internacionales.
- **Asociación Europea de Fabricantes de Computadoras (ECMA)**
Se dedica al desarrollo de estándares aplicables a la tecnología de computadoras y de comunicaciones. No se trata de una organización comercial como su nombre parecería sugerir, sino de un grupo de trabajo técnico y de revisión de estándares. Varios subcomités de ECMA trabajan activamente junto con el CCITT y la ISO.

De todos los estándares propuestos, el Modelo de Referencia OSI (Open System Interconnection), propuesto por la ISO (International Standard Organization), trata de establecer la bases para la definición de protocolos de comunicación informáticos. Su principal objetivo es la interconexión de sistemas diferentes, es decir, de sistemas abiertos. Por ello OSI constituye un marco para la coordinación de las actividades de normalización en los sistemas de telecomunicaciones e información. Este modelo propone dividir en capas todas las tareas que se llevan a cabo en una comunicación entre computadoras. Todos los niveles están bien definidos y no interfieren con los demás, de este modo si fuera necesario una modificación o corrección en una capa, no se afecta al resto. En total se formaron siete capas, las cuatro primeras tienen funciones de comunicación y las tres restantes de proceso. Los principios aplicados para el establecimiento de estas capas son los siguientes:

- Cada una de las capas desempeña funciones bien definidas.
- Los servicios proporcionados por cada nivel son utilizados por el nivel superior.
- Existe una comunicación virtual entre dos mismas capas de manera horizontal.
- Existe una comunicación de nivel N y la capa de nivel N+1.
- La comunicación física se lleva a cabo entre las capas de nivel uno.

Cada sistema abierto está lógicamente formado por un conjunto ordenado de subsistemas. En concreto están definidas siete capas mostradas en la figura 1.1, que junto con el medio físico proporcionan un conjunto completo de servicios de comunicación. La funcionalidad de cada capa viene definida por los servicios OSI. La comunicación entre capas de distintos sistemas se realiza mediante la definición de un protocolo, siendo éste independiente de los protocolos de las demás capas.

En general, el propósito del modelo de referencia es identificar áreas de desarrollo o mejora de estándares y proporcionar una referencia común para el mantenimiento de la consistencia entre los mismos.



Figura 1.1 Capas del Modelo OSI

2 Conceptos Básicos del Modelo de Referencia OSI

El modelo de referencia OSI proporciona un nivel de formalización más abstracto. Dentro del modelo de referencia OSI se establecen tres capas de abstracción:

- La arquitectura OSI.- Define los elementos básicos de los sistemas abiertos abstractos, es decir, de que manera debe verse un sistema desde el exterior.
- Las especificaciones de servicio OSI.- Definen los servicios proporcionados a los usuarios en cada capa, es decir, los servicios proporcionados por una capa a la capa superior.
- Las especificaciones de protocolos OSI.- Definen la información de control transmitida entre los distintos sistemas, así como los procedimientos para la interpretación de dicha información de control.

El modelo de referencia OSI es un modelo de redes estructuradas en capas, cuyo objetivo principal es tratar de manera estructurada la totalidad de un sistema informático. La estructura de una red de comunicaciones se compone de una serie de nodos que pueden estar formados por el sistema central, una unidad de control de comunicaciones o una terminal. En ella se define el término usuario final como el elemento que da origen o es un receptor de la información. Este usuario puede ser tanto una aplicación como un dispositivo de entrada/salida.

Por el término capa entendemos cada una de las particiones en que se ha dividido el sistema informático. Unidad funcional o entidad es un proceso que se ejecuta dentro de una misma capa e implementa funciones de esa capa. Un ejemplo de unidad funcional es un proceso en un sistema multiproceso. Pueden existir varias unidades funcionales idénticas dentro de una capa si se considera más eficiente para el sistema. Cada capa se relaciona con la capa inmediatamente superior e inferior a través del concepto de interfaz, que representa el conjunto de elementos lógicos y físicos existentes entre dos capas adyacentes. Los procesos que una unidad funcional realiza y cuyos resultados son ofrecidos o empleados por la capa superior se denominan servicios de capa; estos servicios se proporcionan a través de los puntos de acceso al servicio (SAP, Service Access Points) de la interfaz.

Por otra parte, se define un protocolo como el conjunto de reglas o convenciones que controlan el intercambio de información entre unidades funcionales de la misma capa, tanto en transmisión como en el control y recuperación de errores. La figura 1.2 muestra la estructura interna de una capa y su relación con las capas adyacentes.

Los protocolos de capas diferentes son independientes, es decir, solo tienen que conocer la definición de servicios de su interfaz, y no tienen nada que ver con los protocolos de las restantes capas ni con los servicios de sus interfaces.

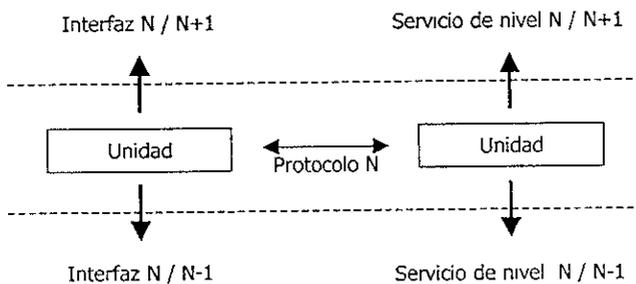


Figura 1.2 Estructura interna de una capa

1.1.3 Transmisión de Datos

La comunicación entre dos nodos de una red significa que las correspondientes capas de ambos nodos o capas par, están "hablando" entre ellas. Para que dicha comunicación sea posible cada nodo debe tener protocolos idénticos de la capa. Esta comunicación se mantiene mediante el intercambio de mensajes con un formato común denominado unidades de datos de protocolo (Protocol Data Unit).

La transmisión de datos a través de una red que sigue el modelo de referencia OSI, es como sigue: supongamos dos nodos, uno el emisor y otro el receptor. El nodo emisor pone a disposición de su capa de aplicación los datos que desea transmitir. La capa de aplicación incorpora a los datos pasados por el nodo emisor datos de cabecera y cola (datos situados al principio y al final del mensaje respectivamente).

La totalidad de la información, cabecera, más datos, más cola es entregada a la capa de presentación quien a su vez añade una nueva cabecera y cola propias de la capa, transfiriendo el resultado a la capa de sesión.

Este proceso se repite en el resto de las capas por las cuales va pasando el mensaje hasta llegar a la capa física. En la capa física se realiza realmente la transmisión de información. En el nodo receptor el mensaje recibido sufre el proceso inverso al que se vio sometido en el emisor. A medida que el mensaje asciende por las capas del modelo OSI del nodo receptor, se le quita la información de cabecera y cola correspondiente a cada capa. De esta forma, finalmente los datos llegan al nodo receptor idénticos a como fueron enviados por el nodo emisor. Como se observa, no existe una comunicación directa entre las capas, a excepción de la capa física. Cuando se realiza una comunicación entre usuarios de diferentes sistemas se establece una relación lógica entre las siete capas de ambos utilizando el protocolo de la capa 7. La figura 1.3 ilustra la transmisión de datos en una red con arquitectura OSI.

Este protocolo requiere los servicios de la capa 6, obligando, por tanto, a las dos capas 6 a comunicarse a través de su propio protocolo de capa, y así sucesivamente hasta llegar a la capa 1 donde se realiza realmente la comunicación.

También, en la figura 1.3 se muestra la clasificación de las capas en dos grupos. Las capas de control son las relacionadas con las necesidades de comunicación entre los usuarios finales. Es decir, si dos usuarios no tuviesen necesidad de utilizar una red de comunicación para comunicarse, sólo utilizarían estas capas. Las capas de transporte son las encargadas de transferir los mensajes a través de la red.

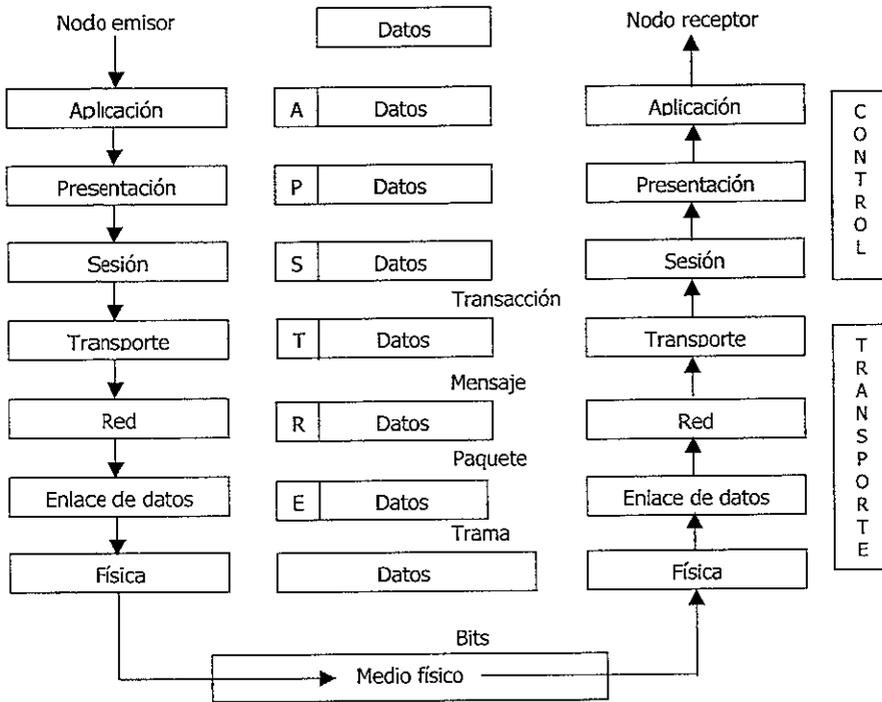


Figura 1.3 Transmisión de datos en el Modelo de Referencia OSI

1.4 Descripción de Capas del Modelo de Referencia OSI

aquí se describen las funciones básicas, así como los elementos de cada capa del modelo de referencia OSI.

Capa Física

La capa física se ocupa de la transmisión de bits a lo largo de un canal de comunicación. Su diseño debe asegurar que cuando un extremo envía un bit con valor uno, este se reciba exactamente como un bit con ese valor en el otro extremo y no como un bit de valor cero. En este nivel se toma en cuenta algunas características como cuantos voltios deberán utilizarse para representar un bit de valor 1 ó 0; cuantos microsegundos deberá durar un bit, la posibilidad de realizar transmisiones bidireccionales en forma simultánea, la forma de establecer la conexión inicial y como interrumpirla cuando ambos extremos terminan su comunicación o bien cuantas puntas terminales tiene el conector de la red y cual es el uso de cada una de ellas. Los problemas de diseño a considerar aquí son los aspectos mecánicos, eléctricos, de procedimientos de interfase y el medio físico de transmisión.

El propósito de esta capa consiste en transportar el flujo original de bits de una máquina a otra. Normalmente se utilizan varios medios para realizar una transmisión, por ejemplo: medios terrestres como par trenzado, cable coaxial de banda base, cable coaxial de banda ancha, fibras ópticas, y medios aéreos como rayos infrarrojos, láser, microondas o radio, etc.

Los sistemas de redes de área local (Local Area Network) más habituales definidos en la capa física son Ethernet, Token Ring e Interfaz de Datos Distribuidos por Fibra (Fiber Distributed Data Interface). Este nivel no controla detalles de conexión y cableado (estos detalles son clasificados en una capa extra llamada capa 0 o capa del modelo).

Capa de Enlace

La tarea primordial de la capa de enlace consiste en hacer de un medio de transmisión una línea sin errores de comunicación para la capa de red. Esta tarea la realiza al hacer que el emisor seccione la entrada de datos en tramas de datos (típicamente constituidas por algunos cientos de bytes) y las transmita en forma secuencial y procese las tramas de aceptación devueltas por el receptor. Como la capa física básicamente acepta y transmite un flujo de bits sin tener en cuenta su significado o estructura, recae sobre la capa de enlace la creación o reconocimiento de los límites de la trama. Esto puede llevarse a cabo mediante la inclusión de un patrón de bit especial al inicio y al final de la trama.

La trama puede destruirse por completo debido a una ráfaga de ruido en la línea, en cuyo caso el software de la capa de enlace de la máquina emisora, deberá retransmitir la trama. Sin embargo, múltiples transmisiones de la misma trama introducen la posibilidad de duplicar la misma. Por ejemplo, el duplicado de una trama podría enviarse si el acuse de recibo que regresa al receptor se hubiera destruido.

Corresponde a esta capa resolver los problemas causados por daño, pérdida o duplicidad de trama. La capa de enlace ofrece diferentes clases de servicios a la capa de red, cada uno de ellos de distinta calidad y precio.

Otro de los problemas que aparecen en la capa de enlace (y también en la mayoría de las capas superiores) es el referente a como evitar que un transmisor muy rápido sature con datos a un receptor lento. Se deberá emplear un mecanismo de regulación de tráfico que permita que el transmisor conozca el espacio de memoria que en ese momento tiene el receptor. Frecuentemente y por conveniencia, los procedimientos de regulación de flujo y control de errores se tratan en forma conjunta.

La comunicación entre la capa de red y la de enlace, utiliza las primitivas de servicio de OSI. Las primitivas son: *solicitud*, *indicación*, *respuesta* y *confirmación*. La capa de red utiliza las primitivas de solicitud para pedirle a la capa de enlace que haga algo, como por ejemplo, establecer o liberar una conexión o transmitir una trama. Utilizan las primitivas de indicación para indicarle a la capa de red que se ha producido un evento, por ejemplo, el hecho de que otra máquina desea establecer o liberar una conexión, o bien, avisar de la llegada de una trama. La capa de red utiliza las primitivas de respuesta, en el extremo de recepción, para contestar una indicación anterior. Las primitivas de confirmación proporcionan una manera de saber si la solicitud fue realizada con éxito y si no, la razón por la cual no se llevó a cabo.

Para redes WAN esta es una capa monolítica, para redes LAN y MAN está formada por normas propias; sólo hay nivel físico y nivel de enlace, estando dividido este último en dos subniveles, LLC (control de enlace lógico) y MAC (control de acceso al medio). El resto de niveles pueden ser cualquiera.

El protocolo usado en esta capa se conoce como HDLC (High-Level Data Link Control) o control de enlace de datos de alto nivel. Entre otros protocolos de enlace de datos se incluyen la retrasmisión de paquetes y el modo de transferencia asíncrono ATM (Asynchronous Transfer Mode) que se utiliza en los sistemas de áreas extensas. Los protocolos Ethernet y Token Ring también están definidas en esta capa.

Servicios proporcionados por la Capa de Enlace a la Capa de Red

Los servicios reales ofrecidos pueden variar de sistema en sistema. Tres posibilidades razonables que normalmente se proporcionan son :

- Servicio sin conexión: consiste en hacer que la máquina de origen envíe tramas independientes a la máquina de destino sin pedir que ésta los reconozca o acuse su recibo. No se establece conexión de antemano ni se libera después. Si se pierde una trama debido a un ruido en la línea, no se intenta recuperarlo en la capa de enlace de datos. Esta clase de servicios es apropiada cuando la tasa de errores es muy baja, la recuperación se deja a las capas más altas. La mayoría de las LAN usan servicios sin conexión en la capa de enlace de datos.
- Servicio con conexión: aún no se usan conexiones, pero cada trama enviada es reconocida individualmente. De esta manera, el transmisor sabe si la trama ha llegado bien o no, si no ha llegado en un tiempo especificado, puede enviarse nuevamente. Este servicio es útil en canales inestables, como el de los sistemas inalámbricos.
- Servicio orientado a conexión: es el servicio más elaborado que puede proporcionar la capa de enlace de datos a la capa de red, con este las máquinas de origen y de destino establecen una conexión antes de transferir datos. Cada trama enviada a través de la conexión está numerada, y la capa de enlace de datos garantiza que cada trama enviada llegará a su destino. Es más, se garantiza que cada trama será recibida exactamente una vez que todas las tramas sean recibidas en el orden adecuado. En contraste, con el servicio sin conexión es concebible que un acuse de recibo perdido cause el envío de una trama varias veces, y por tanto sea recibido varias veces. El servicio orientado a conexión, por su parte, proporciona a los procesos de la capa de red el equivalente de un flujo de bits confiable. Al usarse un servicio orientado a conexión, las transferencias tienen tres fases distintas. En la primera fase, la conexión se establece haciendo que ambos lados inicialicen las variables y contadores necesarios para seguir la pista de las tramas que han sido recibidas y las que no. En la segunda fase, se transmiten uno ó más tramas. En la tercera fase, la final, la conexión se cierra, liberando las variables, los buffers y otros recursos utilizados para mantener la conexión.

Capa de Red

La capa de red se ocupa de la obtención de paquetes procedentes de la fuente y de encaminarlos durante todo el trayecto hasta alcanzar su destino. Para alcanzar su destino puede surgir la necesidad de hacer varios saltos en nodos intermedios a lo largo del recorrido. Esta función contrasta claramente con la de la capa de enlace, cuya meta más modesta consiste solo en mover las tramas desde un extremo del cable hasta el otro. Por lo tanto, la capa de red es la capa más baja que se ocupa de la transmisión de extremo a extremo.

Para que la capa de red pueda alcanzar sus objetivos, deberá conocer la topología de la red de comunicación y seleccionar trayectorias apropiadas a través de ella. También deberá tener cuidado al seleccionar las rutas, para evitar la sobrecarga en algunas de las líneas de comunicación, mientras deja a otras inactivadas. Por último cuando la fuente y el destino se encuentran en redes diferentes, dependerá de la capa de red ocuparse de esas diferencias y resolver los problemas que resulten de ellas.

Un punto de suma importancia en su diseño, es la determinación sobre como encaminar los paquetes del origen al destino. Las rutas podrán basarse en tablas estáticas que se encuentran "pre-cableadas" en la red y que difícilmente podrán cambiarse. También podrán determinarse al inicio de cada conversación, por ejemplo una sesión terminal. Por último, podrán ser de tipo dinámico, determinándose en forma diferente, para cada paquete, reflejando la carga real de la red.

Si en un momento dado hay demasiados paquetes presentes en la red, ellos mismos se obstruirán mutuamente y darán lugar a un cuello de botella. El control de tal congestión dependerá también de la capa de red.

También pueden surgir otros problemas cuando un paquete tenga que desplazarse de una red a otra para llegar a su destino. El direccionamiento utilizado en la segunda red puede ser diferente al empleado en la primera. La segunda no podrá aceptar el paquete en su totalidad, por ser demasiado grande, los protocolos podrían ser diferentes, etc. La responsabilidad para resolver problemas de interconexión de redes heterogéneas recaerá en todo caso en la capa de red.

En redes de área local no existen problemas de encaminamiento o congestión, por lo que esta capa no existe. Este es el último nivel que se implementa dentro de la subred, los restantes niveles sólo se implementan en los equipos terminales. Entre los protocolos de la capa de red más utilizados se encuentran el IP (Internet Protocol) y el IPX (Internetwork Packet Exchange) de Novell.

Servicios proporcionados por la Capa de Red a la Capa de Transporte

Los servicios de la capa de red se han diseñado con los siguientes objetivos:

- Los servicios deben ser independientes de la tecnología de la subred.
- La capa de transporte debe estar aislada del número, tipo y topología de las subredes que se encuentren presentes.
- Las direcciones de la red que se ponen a disposición de la capa de transporte, deberán utilizar un plan de numeración uniforme aún a través de las redes tipo LAN y WAN.

Dados estos objetivos, los diseñadores de la capa de red tuvieron mucha libertad para escribir detalladamente los servicios que se iban a ofrecer a la capa de transporte. Esta libertad degeneró con rapidez en una incontenible batalla entre dos grupos en pugna. La discusión se centró en que la capa de red debería suministrar un servicio orientado a conexión o un servicio sin conexión. El servicio de la red OSI fue originalmente orientado a conexión. Sin embargo, la ISO eventualmente se encargó de modificar la definición de este, en la actualidad están autorizados los dos tipos de servicios y los protocolos de soporte correspondientes se han incorporado a la estructura del modelo OSI.

Capa de Transporte

La capa de transporte viene a ser el corazón de la jerarquía de protocolos, su tarea es hacer que el transporte de datos se realice en forma segura y económica desde la máquina fuente hasta la máquina destino, independientemente de la red o redes físicas que se encuentren en uso. Hay muchas aplicaciones en red que solo necesitan un método fiable para transmitir un flujo de bits de una máquina a otra, para lo cual no se necesita ningún servicio de sesión o presentación.

El objetivo de la capa de transporte es proporcionar un mecanismo fiable para el intercambio de datos entre procesos en diferentes sistemas. Este mecanismo independiza a la capa de sesión y los servicios ofrecidos a los usuarios (capas superiores), de los elementos de comunicación que constituyen la red; es decir, oculta a las capas superiores los detalles específicos de la red a través de la cual se transmite la información. La capa de transporte pasa los datos de la capa de sesión a la capa de red, fragmentándolos en unidades más pequeñas si es necesario y asegurando que todos lleguen correctamente a su destino. Para ello emplea funciones de direccionamiento, multiplexación, establecimiento de la conexión y desconexión y de transferencia y control de flujo de los datos.

Para las capas de red y transporte, existe de forma muy similar los servicios orientados a conexión y sin conexión. Para las dos capas, las conexiones tienen tres fases: establecimiento, transferencia de datos y liberación. Por otra parte los procedimientos de direccionamiento y control de flujo, también son muy similares.

Las primitivas de servicio de la capa de transporte pueden diseñarse para ser independientes de las correspondientes a la capa de red, que pueden variar considerablemente de red a red.

Con la capa de transporte es posible escribir programas de aplicación utilizando un conjunto de primitivas de servicio y hacer que los programas funcionen en una variedad de redes sin importar el tratar con diferentes interfaces de cada subred y con transmisiones inseguras. Dicha capa tiene la función clave de aislar a las capas superiores de la tecnología, diseño e imperfecciones presentadas en la subred. Por tal razón mucha gente identifica a las capas uno a cuatro como proveedoras del servicio de transporte y a las capas cinco a siete como el usuario del servicio de transporte, por tanto la capa de transporte se coloca en una posición clave (en la frontera) entre el suministrador y el usuario del servicio.

Algunos de los protocolos de esta capa son TCP (Transmisión Control Protocol) de Internet, SPX (Sequenced Packet Exchange) de Novell y NetBIOS/NetBEUI de Microsoft.

Servicios proporcionados a las Capas Superiores por la Capa de Transporte

La meta fundamental de la capa de transporte es proporcionar un servicio eficiente, confiable y económico a sus usuarios, que normalmente son procesos de la capa de aplicación. Para lograr este objetivo, la capa de transporte hace uso, de los servicios proporcionados por la capa de red.

El hardware o el software de la capa de transporte que se encarga del trabajo se llama entidad de transporte. La relación entre las capas de red, transporte y aplicación se ilustra en la figura 1.4.

La entidad de transporte puede estar en el núcleo (kernel) del sistema operativo, en un proceso de usuario independiente o en la tarjeta de interfaz de la red. En algunos casos, la portadora puede proporcionar servicio de transporte confiable, en cuyo caso la entidad de transporte reside en máquinas especiales de interfaz en la orilla de la subred a la que se conectan los hosts. Además, la capa de transporte puede ofrecer servicios de detección y corrección de errores, para asegurar la integridad de los datos, así como capas de calidad de servicio. La complejidad del protocolo de transporte depende del tipo de servicio ofrecido por la capa de red. Cuanto más fiable sea el servicio proporcionado por la capa de red, más sencillo ó menos funciones incluirá el protocolo de capa de transporte.

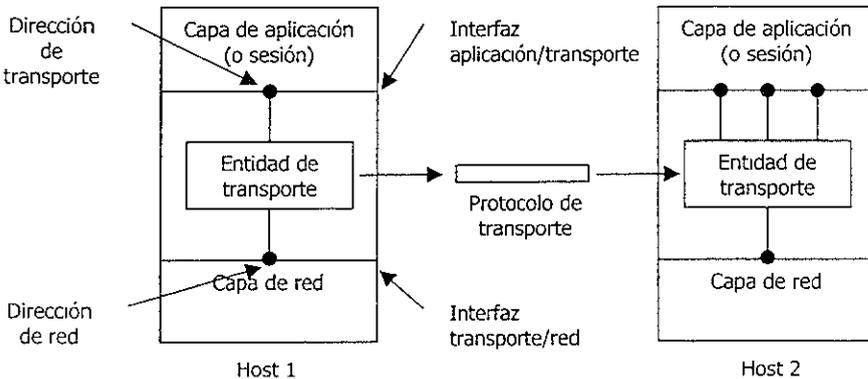


Figura 1.4 Relaciones entre las capas de red, transporte y aplicación

Capa de Sesión

A partir de la capa de sesión hasta la capa de aplicación se les denomina capas superiores dentro del modelo de referencia OSI y partiendo del soporte de comunicación libre sin errores ofrecido por las cuatro primeras capas, su función consiste en proporcionar una serie de servicios al usuario añadiéndole algunas características útiles para las aplicaciones. La capa de sesión fue propuesta por la ISO ya que a la fecha en que apareció OSI las redes existentes no contaban con una capa de sesión. Aunque una mayoría del comité de la OSI decidió incluir una capa de sesión, debe aclararse que esta capa es muy delgada con relativamente pocas características que al momento de establecer una conexión en dicha capa, mediante ciertas opciones se pueden deshabilitar la mayor parte de tales características.

El objetivo esencial de la capa de sesión es proporcionar unos servicios adicionales a las aplicaciones, con valores añadidos a las conexiones de transporte. Los servicios fundamentales son el establecimiento y mantenimiento de las sesiones, la gestión de diálogo y la recuperación de las sesiones. Cuando dos usuarios del servicio desean comunicarse, establecen una sesión que se realiza sobre una conexión de transporte. En el establecimiento de la sesión se negocian los parámetros de operación de la misma, como son la longitud máxima de las unidades de datos, opciones de protocolo o las unidades funcionales que deben ser soportadas. La gestión de diálogo comprende tres modalidades de interconexión entre los usuarios: bidireccional simultáneo ó dúplex, bidireccional alternativo semidúplex y unidireccional. El modo más complejo es el bidireccional alternativo. La entidad de sesión coordina la interacción indicando a cada usuario cuando es su turno.

Para recuperar datos perdidos, el usuario de capa de sesión puede emitir un mandato utilizando el número de unidad de recuperación para identificar el punto en que se debe reanudar la capa de sesión.

La función más importante de la capa de sesión consiste en proporcionar en alguna forma las sesiones, por medio de las cuales los usuarios (entidades de presentación o usuarios comunes corrientes) puedan transferir datos sobre ella en forma ordenada.

Para el intercambio de datos, la capa de sesión sigue un proceso de tres fases: la de establecimiento, la de utilización y la de liberación. Las primitivas proporcionadas a la capa de presentación durante estas tres fases, son muy parecidas a las proporcionadas a la capa de sesión por la capa de transporte. En muchos casos cuando una primitiva de sesión es invocada por un usuario, la capa de sesión sólo tiene que invocar la primitiva de transporte correspondiente.

El proceso de establecimiento de una sesión, al igual que una conexión de transporte requiere de una negociación entre los usuarios para fijar los valores de varios parámetros. Algunos parámetros pertenecen únicamente a la conexión de transporte como son la calidad de servicio y la bandera de indicación de permiso de datos. Estos parámetros son pasados a la conexión de transporte sin hacerles ninguna modificación. Otros pertenecen a la capa de sesión como es el caso del establecimiento de una sesión entre dos computadoras (nodos) para intercambiar datos en ambas direcciones. Aquí uno de los parámetros de sesión podría especificar quien de los lados enviará primero.

Existen importantes diferencias entre una sesión y una conexión de transporte, a pesar de sus similitudes. Una de ellas consiste en la forma de liberar el proceso. Las conexiones de transporte que terminan con la primitiva desconexión producen una liberación abrupta trayendo consigo la pérdida de los datos que están en tráfico al momento de la liberación y que no pueden llegar al extremo que solicitó la liberación. Además, el extremo que no solicitó la liberación no puede rechazarla. Por otro lado cuando las sesiones se terminan con la primitiva liberación, resulta en una liberación ordenada (liberación garbosa). En este tipo de liberación los datos jamás se pierden ya que las primitivas de solicitud, indicación, respuesta y confirmación, no permiten terminar de forma abrupta; en este caso

el extremo que no solicita la liberación desea continuar en la sesión, sólo tiene que rechazar la liberación diciéndolo en un parámetro de la primitiva de respuesta. En una sesión ambos extremos deben estar de acuerdo para terminar una sesión.

Los aspectos más relevantes de la capa de sesión son la administración de diálogo, la sincronización, y la administración de actividades.

- **Administración del diálogo:** el modelo OSI en principio contempla las conexiones en modo dúplex, esto es las PDU (Packet Data Unit) se pueden mover en ambas direcciones simultáneamente sobre la misma conexión. Sin embargo, existen varias situaciones en las que el software de capas superiores, esperan que alguno de los usuarios tomen turnos ejerciendo una comunicación semidúplex. La función de especificar y dar seguimiento de quien le toca el turno de hablar y de hacer que se cumpla, le corresponde a la capa de sesión en el momento que se le solicite. Esta función se denomina administración del diálogo la cual se realiza mediante un festigo de datos. La opción dúplex es la más elegible y el establecimiento de una sesión con este tipo de comunicación no requiere de ningún festigo de datos.
- **Sincronización:** sirve para llevar a las entidades de sesión a un estado conocido, en caso de producirse un error o algún desacuerdo. Este servicio aparentemente no es necesario ya que la capa de transporte se diseñó para recuperarse de los errores en una forma transparente; sin embargo un estudio profundo puede demostrar que la capa de transporte fue diseñada para enmascarar los errores de comunicación sin poder recuperarse de los errores cometidos en capas superiores. La solución para el tipo de problemas presentado con la no recuperación de errores por la capa de transporte, recae en la capa de sesión.
- **Administración de las actividades:** La administración de actividades es otra característica clave de la capa de sesión que se relaciona con la sincronización. La administración de actividades permite al usuario dividir los mensajes en unidades lógicas llamadas actividades.

Capa de Presentación

Desde el inicio del desarrollo del modelo OSI, se estuvo buscando una función para la capa de presentación, después de algunas propuestas finalmente se decidió que esta capa tratara los problemas relacionados a la presentación de los datos transmitidos, incluyendo aspectos de conversión, cifrado y compresión de datos. De acuerdo a las funciones que realiza esta capa, el término "capa de presentación" resulta ser inapropiado, más bien deberá llamarse capa de representación.

La capa de presentación define el formato de los datos para ser intercambiados entre las aplicaciones y ofrece a los programas de aplicación un conjunto de servicios de transmisión de datos.

Permite hacer que sistemas que no utilizan el mismo formato de representación de datos se puedan comunicar. Para ello se ha normalizado una sintaxis abstracta (Asn.), Abstract Syntax Notation y todos los sistemas que trabajen con OSI pasarán sus datos a esta sintaxis.

Esta capa también proporciona el cifrado de datos para garantizar la integridad de contenido y evitar que se puedan producir diversos eventos (lecturas de texto en claro, implantaciones, etc.), para lo que se utilizan algoritmos de cifrado y mecanismos de aplicación de estos algoritmos. El cifrado sin embargo, no es exclusivo del nivel de presentación, también puede ser aplicado en otros niveles.

La capa de presentación se encarga de la preservación del significado de la información a diferencia de las cinco capas anteriores, las cuales se ocupan del movimiento de bits desde un extremo fuente hasta el extremo destino. La capa de presentación negocia el tipo de código que se

va a utilizar entre dos aplicaciones por ejemplo un usuario desea trabajar en ASCII y el otro en EBCDIC. Las funciones principales ofrecidas por la capa de presentación son las siguientes:

- Ofrecer a los usuarios una manera de ejecutar las primitivas del servicio de sesión.
- Proporcionar una manera de especificar estructuras de datos complejas.
- Administrar el conjunto de estructuras de datos que se requieran normalmente.
- Transformar los datos en formas internas y externas.

Capa de Aplicación

Es la capa superior de la arquitectura, OSI y tiene como misión controlar y coordinar las funciones a realizar por los programas de usuarios de manera, que les permita el acceso al entorno OSI. Los procesos de aplicaciones se comunican entre sí por medio de las entidades de aplicación a las que están asociadas, controladas por protocolos de aplicación utilizando servicios de presentación. Se pueden distinguir tres tipos de procesos de aplicación, los procesos del propio sistema que son los que ejecutan funciones para controlar y supervisar operaciones de los sistemas conectados a la red de comunicación. Los procesos de gestión de las aplicaciones se encargan de controlar y supervisar las operaciones de los procesos de aplicación y los procesos de aplicación de usuario, estos procesan la información real para los usuarios finales.

Las capas por debajo de la de aplicación están ahí para proporcionar transporte confiable, pero no hacen ningún trabajo verdadero para los usuarios.

En la capa de aplicación se necesitan protocolos de apoyo que permitan el funcionamiento de las aplicaciones reales. La primera es la seguridad que no es un protocolo, si no una gran cantidad de conceptos y protocolos que pueden usarse para asegurar la confidencialidad donde sea necesaria. La segunda es el DNS que maneja los nombres en Internet. El tercer protocolo de apoyo sirve para la administración de la red.

Esta capa contiene las funciones de administración y generalmente los mecanismos totales para soportar aplicaciones distribuidas. Algunas aplicaciones de propósito general consideradas para residir en esta capa son: transferencia de archivos (FTP), login remoto (rlogin, telnet), correo electrónico (mail), acceso a bases de datos, etc. Además servicios como de directorio, ejecución remota de trabajos y administración de red.

1.2 CONCEPTOS

1.2.1 Red de Computadoras

Una red de computadoras consiste de dos (desde un nivel básico) o más computadoras conectadas por un canal de comunicación, de manera tal que puedan compartir datos, recursos (espacio en discos duros, impresoras, programas, etc.) y carga de trabajo (tiempo de cálculo, procesamiento de datos, etc.). A cada una de las computadoras conectadas a la red se le denomina "nodo".

1.2.2 Objetivos de una red de computadoras

Los objetivos que se persiguen con el diseño e implantación de una red de computadoras son el compartir los recursos a cualquier otro nodo sin importar su ubicación física, proveer fiabilidad teniendo alternativas de acceso a recursos, por ejemplo, un conjunto de datos puede estar almacenado en dos o más computadoras y en el caso en que una de éstas sufra algún daño está la posibilidad de tener acceso a la información almacenada en otra; otro de los objetivos es el ahorro económico que representa tener computadoras pequeñas en comparación con las computadoras principales de procesamiento conocidas como "mainframes" (computadoras del tamaño de un

cuarto) las cuales tienen un factor de velocidad de procesamiento diez veces mayor a la de una computadora personal pero en costo es mucho mayor. En sustitución de una computadora principal de procesamiento (mainframe) se diseña un modelo con computadoras principales y pequeñas llamado **cliente-servidor**.

El modelo **cliente-servidor** se basa en que hay una computadora, o un proceso ejecutándose en esta, que brinda servicios a las demás computadoras en la red, a esta computadora se le llama servidor. Un cliente es una computadora o un proceso que hace uso de los servicios que brindan otras computadoras en la red.

Otro de los objetivos que persigue una red de computadoras es la escalabilidad de manera gradual del sistema basándose en el aumento de la carga de trabajo agregando más procesadores. Con el modelo cliente-servidor, nuevos clientes y nuevos servidores pueden ser agregados conforme a las necesidades.

2.3 Requerimientos para una red de computadoras

Los dispositivos físicos específicos necesarios para construir una red de computadoras son la tarjeta de comunicación instalada en cada una de las computadoras conectadas, el cableado ó canal de comunicación que las une y los programas. Los programas de la red serán aquellos que gestionan la comunicación entre los nodos y los periféricos. Los requerimientos con los que debe cumplir una red de computadoras son:

- **Conectividad.** Significa que cualquier dispositivo conectado a la red puede ser direccionado como una conexión individual. Los nodos de la red son dispositivos inteligentes y pueden soportar una o más conexiones. Hay dos tipos de conectividad: punto a punto (point to point) y multipunto (multipoint). En la conectividad **punto a punto** el medio de comunicación es utilizado exclusivamente para la transmisión de datos entre dos nodos, mientras que en una conectividad **multipunto** consiste en que todos los nodos están conectados a un canal de comunicación en común que es utilizado por tiempo compartido.
- **Enrutamiento.** Podemos mencionar dos tipos de enrutamiento: conmutación de circuitos (circuit switched) y conmutación de paquetes (packet switched). La **conmutación de circuitos** trabaja como la línea telefónica, haciendo una conexión estática virtual que permanece durante el tiempo de conexión entre dos nodos. En primera instancia se hace la petición del canal de comunicación y una vez obtenida esta, dicho canal se encuentra reservado durante todo el tiempo de conexión. La **conmutación de paquetes** es un método de transmitir mensajes divididos en paquetes o datos cortos, estos se envían a través del medio de transmisión sin monopolizarlo, es decir, no se establece una conexión estática virtual por adelantado. La conmutación de paquetes adquiere el ancho de banda y lo libera según se necesita logrando con esto que se pueda utilizar para transmitir otros paquetes de fuentes no relacionadas que van a destinos no relacionados porque los circuitos nunca son dedicados. Debido a que no hay enlaces dedicados existe la posibilidad de pérdidas de paquetes por lo que es necesario el almacenamiento y reenvío de paquetes en los nodos y enrutadores.
- **Dirección.** Como los mismos enlaces pueden ser utilizados para la comunicación entre distintos nodos, los nodos intermedios deben ser capaces de determinar el camino a seguir para llegar al nodo destino. De esta forma la identificación de cada nodo por una dirección o identificación única ayudan a realizar dicha tarea.
- **Multiplexión.** Si un nodo A desea establecer una conexión con el nodo B es necesario hacer saber a la línea de comunicación que un enlace físico estará enviando información de A hacia B y de compartir la línea con otras conexiones. Existen tres métodos para hacer esto: TDM (Time División Multiplexing) es el método de combinar varias señales muestreadas en determinada secuencia de tiempo, a diferentes tiempos se envían diferentes señales, con FDM (Frequency-División Multiplexing) es posible enviar varias señales simultáneamente, eligiendo

una frecuencia portadora diferente para cada una. Estas frecuencias se eligen de tal modo que los espectros de las señales no se traslapen situándolos en frecuencias tales que cada uno pueda separarse de los demás por medio de un filtrado; SM (Statistical Multiplexing) a la conexión que requiere enviar mas datos se le asigna mayor tiempo de conexión.

1.2.4 Topologías de Red

La topología o forma lógica de una red se refiere al patrón de conexión entre sus nodos, es decir, a la forma en que están interconectados los distintos nodos que la forman. Los principales objetivos para una topología son que se establezca una máxima seguridad en la transmisión de la información con una tolerancia a fallos o fácil localización de éstos, establecer la comunicación por la ruta más simple entre nodos y lograr un tiempo de respuesta lo mejor posible.

Hay cuatro topologías de red: anillo, estrella, bus y árbol. También existen combinaciones entre estos tipos de topologías.

- **Anillo**

La topología de anillo está constituida por estaciones que están unidas unas con otras por medio de un repetidor, la figura 1.5 muestra el esquema de una topología de anillo. La última estación de la cadena se conecta al primero cerrando el anillo o círculo.

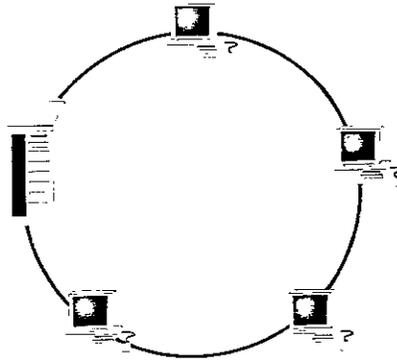


Figura 1.5 Topología de Red Anillo

Los repetidores son conectados por ligas punto a punto en un circuito cerrado. Estos dispositivos reciben señales que viajan a través de una liga y las retransmiten bit por bit por la otra liga. Los repetidores envían las señales tan pronto como las reciben debido a que no cuentan con un sistema de almacenamiento de información como una memoria o buffer. Las ligas son unidireccionales por lo que las señales circulan en un solo sentido alrededor del anillo, regenerándose en cada estación. Las redes con topología de anillo más modernas disponen de dos ligas y transmiten en direcciones diferentes por cada una de ellas.

Dentro de una topología en anillo, los datos son transmitidos por medio de paquetes, es decir, la información es dividida en fragmentos o paquetes que contienen además la información de control como la dirección de la estación de origen y destino, prioridades a secuencia de cada paquete y el tamaño de cada uno. Cada estación esperará su turno de transmisión y en el momento indicado enviará los paquetes en el anillo uno a la vez, y fluirán en un solo sentido a través de los repetidores. Cada estación examina el paquete que es

enviado a través del anillo. Si el paquete no está dirigido a la estación que la examina, lo pasa al siguiente en el anillo. La estación destino reconoce su dirección dentro del paquete y lo acepta.

La ventaja de una red con topología anular es que se puede operar a grandes velocidades y los mecanismos para evitar colisiones son sencillos. Este tipo de redes permite aumentar o disminuir el número de estaciones sin dificultad, pero a medida que aumenta el flujo de la información, será menor la velocidad de respuesta de la red.

Una topología de anillo permite que todas las estaciones transmitan sin prioridad de acceso al anillo, pero cuando una estación está enviando datos las demás deben de estar en espera para transmitir. La desventaja del anillo es que si se rompe una conexión, se cae la red completa debido a que existe un solo canal que conecta a cada dos repetidores en el anillo.

• **Estrella**

En una topología de estrella, la red se une en un único punto, normalmente con un panel de control centralizado referido como concentrador (hub) o como un concentrador de cableado donde necesariamente todas las comunicaciones se han de hacer a través de él, la figura 1.6 muestra un esquema de una topología de estrella. Las conexiones al concentrador son por medio de dos ligas punto a punto, cada una en una sola dirección de transmisión, una para el envío de datos al concentrador y la otra para la recepción de datos.

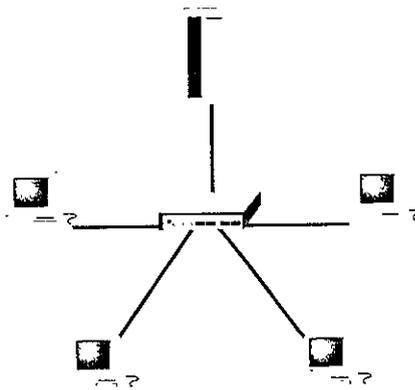


Figura 1.6 Topología de Estrella

Cuando una estación envía datos a otra, los paquetes de datos son dirigidos a través del panel de control central hacia todas las ligas de salida y serán aceptados por la estación a la que están dirigidos, su destino. Únicamente una estación puede transmitir a la vez, por tal motivo se puede especificar también como una topología de bus colapsado ya que la transmisión de cualquiera de las estaciones es recibida por todas las demás.

Este esquema tiene ventajas al tener un panel de control que monitorea el tráfico y evita las colisiones y una conexión interrumpida no afecta al resto de la red, todas las transmisiones pasan a través del nodo central, siendo éste el encargado de gestionar y controlar todas las comunicaciones. Por este motivo, el fallo de un nodo en particular es fácil de detectar y no daña el resto de la red, pero un fallo en el concentrador desactiva la red completa, esta podría ser una desventaja en lo que se refiere a rendimiento y confiabilidad ya

que el tamaño de la red depende directamente del concentrador central y de la capacidad del mismo. El tiempo de respuesta es rápido en las comunicaciones de las estaciones con el concentrador y lento en las comunicaciones entre las distintas estaciones de trabajo.

Una forma de evitar un solo controlador central y además aumentar el límite de conexión de nodos, así como una mejor adaptación al entorno, sería utilizar una topología en estrella distribuida. Este tipo de topología está basada en la topología en estrella pero distribuyendo los nodos en varios controladores centrales. El inconveniente de este tipo de topología es que aumenta el número de puntos de mantenimiento.

- **Bus y Árbol**

La topología de bus se caracteriza porque todas las estaciones están conectadas por un único medio de transmisión, no se requiere de conmutadores ni de repetidores en cada estación, la figura 1.7 muestra un esquema de la topología de bus.

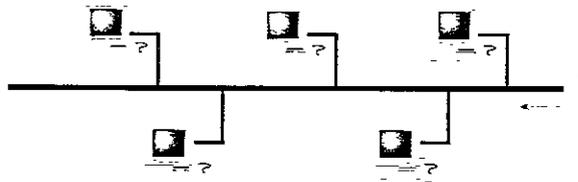


Figura 1.7 Topología de Bus

A diferencia de la topología de anillo, el bus es pasivo, no se produce regeneración de las señales en cada estación y en caso de extender la longitud de la red, los paquetes de información deben ser regenerados por repetidores (los cuales deben ser muy fiables para mantener el funcionamiento de la red). Las estaciones en una red de bus transmiten paquetes de información y esperan que éstos no vayan a chocar con otros paquetes de información transmitidos por otras estaciones. Si esto ocurre, cada estación espera una pequeña cantidad de tiempo al azar, después intenta retransmitir los paquetes. Una sola estación puede transmitir a la vez, por esto se requiere una forma de control de acceso para determinar cual estación puede transmitir la siguiente vez.

Una red en forma de bus o canal de difusión es un camino de comunicación bidireccional con puntos de terminación bien definidos. Cuando una estación transmite, la señal se propaga a ambos lados del emisor hacia todas las estaciones conectadas al bus hasta llegar a las terminaciones del mismo. Así, cuando una estación transmite su mensaje alcanza a todas las estaciones, por esto el bus recibe el nombre de canal de difusión.

En este tipo de topología cualquier ruptura en el bus impide el servicio en toda la red ya que es el único canal de transmisión y es muy difícil de detectar por la ausencia de puntos de concentración. Por el contrario, el fallo de cualquier estación no impide que la red siga funcionando normalmente, lo que permite añadir o quitar estaciones a la red sin interrumpir su funcionamiento.

Una variación de la topología de bus es la topología de árbol, en la cual el bus se extiende en más de una dirección sin cerrar los ciclos. Existe un medio de transmisión conocido como la raíz (headend) y uno o más cables empiezan a ramificarse. Las ramas a su vez pueden conectar más ramas, generando con esto diseños más complejos. La técnica que se

emplea para hacer llegar la señal a todos los nodos es utilizar dos frecuencias distintas para recibir y transmitir. Las características descritas para el bus siguen siendo válidas para el árbol.

- **Malla**

La topología de malla o trama no es de uso común en redes de área local, sin embargo es una topología de red típica en redes de área amplia (WAN, Wide Area Networks). En una topología de malla todas las estaciones están conectadas entre sí, como se muestra en la figura 1.8.

En la topología de malla no existe un método de control de acceso al medio de comunicación, ya que para cada una de las estaciones conectadas a la red tiene su línea directa (tiempo real) a cada estación de la red.

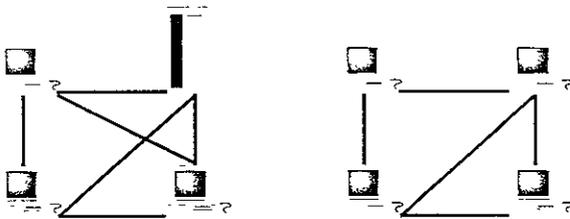


Figura 1.8 a) Topología de malla, b) topología de semimalla

Una de las ventajas de esta topología de red es que existen diversas rutas para el envío de información de una estación fuente a una estación destino cuando se daña algún segmento del cable o medio.

Las desventajas para su construcción son: se requiere de una gran cantidad de cable para conectar a cada una de las estaciones entre sí, un ancho de banda grande y numerosos dispositivos de interconexión, lo que implica alto costo en su implementación.

Una variante de la topología de malla es la topología de semimalla, en esta topología todas las estaciones no necesariamente están conectadas entre sí, pero si varios de los dispositivos integrados en la red que son los que necesitan estar en tiempo real.

5 Combinaciones de Topologías de Red

Las topologías de bus lineal, estrella y anillo se combinan algunas veces para formar topologías de red híbridas, de las cuales podemos mencionar las siguientes:

- **Anillo en estrella.**

Esta combinación de topologías de red anular y de estrella se utiliza con el fin de facilitar la administración y monitoreo de la red. Físicamente, la red es una estrella centralizada en un concentrador, mientras que a un nivel lógico, la red es un anillo.

- **Bus en estrella**

En la combinación de estas dos topologías de red se persigue el mismo fin de la anterior. Un multiplexor de señal ocupa el lugar del concentrador de la configuración en estrella, estando determinadas estaciones conectadas a él, y otras conectadas en bus junto con los multiplexores. Si una estación fallara no afecta la comunicación en la red, las demás pueden continuar comunicándose pero si un multiplexor falla todos los nodos en la red quedarán

inhabilitados para comunicarse. Este mismo problema también se presentará si se daña el bus principal.

- **Estrella jerárquica.**

Esta estructura de cableado se utiliza en la mayor parte de las redes locales actuales. Esta red se presenta completamente distribuida en la que las estaciones alimentan de información a otras estaciones, que a su vez alimentan a otras. Las estaciones que se utilizan como dispositivos remotos pueden tener recursos de procesamiento independientes y recurren a los recursos en niveles superiores o inferiores conforme se requiere información u otros recursos.

1.3 MEDIOS DE TRANSMISIÓN

El propósito fundamental de la estructura física de la red consiste en transportar, como flujo de bits, la información de una máquina a otra. La correcta selección del tipo de cable a utilizar, tanto en la evaluación previa como en la instalación final de una red, supondrá un elevado factor en el éxito o fracaso de su funcionalidad, para realizar esta función se van a utilizar diversos medios de transmisión, estos se pueden evaluar atendiendo a los siguientes factores: tipo de conductor utilizado, velocidades máximas que pueden proporcionar (ancho de banda), distancias máximas que pueden ofrecer, inmunidad frente a interferencias electromagnéticas, facilidad de instalación, costo, capacidad de soportar diferentes tecnologías de nivel de enlace. Cabe aclarar que el medio físico empleado es totalmente independiente del protocolo que se use. Los medios de transmisión se dividen en: medios de transmisión terrestres y medios de transmisión aéreos.

1.3.1 Medios Terrestres

Los medios de transmisión terrestres más comunes, son los conductores de cobre que en ocasiones no son de este metal, sino de aleaciones que mejoran las características eléctricas del cable. Los principales soportes físicos de la transmisión para redes de área local son cables de los siguientes tipos: coaxial, par trenzado (blindado o sin blindar) y fibra óptica.

- **Cable coaxial**

Se ha venido usando ampliamente desde la aparición de la red Ethernet que utiliza una topología de tipo bus con el método de acceso CSMA/CD, pero hoy en día se encuentra prácticamente en desuso. Este cable consiste, básicamente, en un hilo de cobre rodeado por una capa de aislante que a su vez está recubierta por una malla metálica. Todo el conjunto está envuelto por un aislante exterior como lo muestra la figura 1.9. Se suele suministrar en distintos diámetros, a mayor diámetro mayor capacidad de datos, pero también mayor costo. Los conectores resultan más caros y por tanto la terminación de los cables hace que los costos de instalación sean superiores. El cable coaxial proporciona un medio flexible y tiene la ventaja de ser muy resistente a interferencias, comparado con el par trenzado, y por lo tanto permite mayores distancias entre dispositivos.

Existen distintos tipos de cables coaxiales, entre los que destacan los siguientes:

Cable coaxial delgado Ethernet (10 Base2)

Se le conoce como "Thin Ethernet". La longitud máxima soportada del cable coaxial RG-58 era de 185 metros y no se podían conectar más de 30 equipos ni haber más de 0.5 metros entre cada uno, tenía una impedancia de 50Ohms. El conector utilizado es del tipo BNC.

Cable coaxial grueso estándar Ethernet(10BASE5)

También se le llamó "Thick Ethernet" de tipo especial conforme a las normas IEEE 802.3. Se denomina también cable coaxial "grueso". La longitud máxima del coaxial grueso RG-8 fue de 500 metros y contaba con una impedancia de 50Ohms, con esto se puede suponer que era un cable grueso y muy poco manejable. El conector que utiliza es del tipo "N" o vampiro.

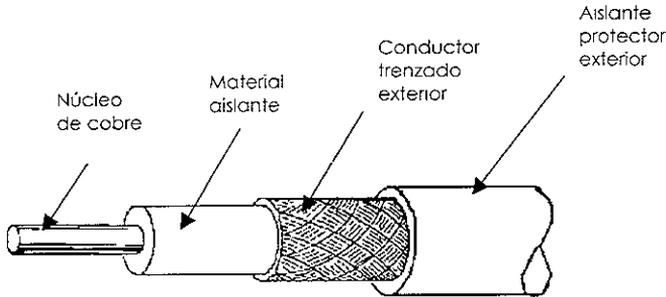


Figura 1.9 Esquema de la estructura del cable coaxial

Cable coaxial estándar

Este cable coaxial del tipo RG-62, cuentan con una impedancia de 93Ohms. Usa un conector BNC.

Twinaxial

Fue una variación del coaxial que disponía de dos conductores centrales, envueltos cada uno en un aislante. Se utilizó en instalaciones de redes de tipo Token Ring.

Cable coaxial dual

Constaba de dos cables coaxiales individuales colocados en una funda común (los cables eran conectados independientemente a las mallas exteriores) para ajustarse o acomodarse a redes que requerían dos conexiones independientes de los cables.

Trunk

Es el nombre general asociado con el Ethernet grueso (thick coaxial) o cable CATV (sistema de televisión por cable). Sus aplicaciones corren a velocidades bajas de pocos mega bits por segundo. La clasificación general de voz incluye redes locales, sistemas de servidores y terminales, CATV, sistemas de seguridad, y sistemas de datos de alta velocidad (T-3).

Algunas ventajas del cable coaxial son:

- Inmunidad a las señales de interferencia EMI, por su estructura con el conductor central completamente cubierto por una malla conductora.
- Soporta una amplia variedad de sistemas de redes, por su gran ancho de banda.
- Facilita la unión y la terminación pese a lo voluminoso y poco flexible.

Las limitaciones del cable coaxial que lo hicieron caer en desuso son:

- Los cables previamente instalados no pueden ser rehusados en nuevos sistemas.
- Debido a su diámetro más grueso, requiere espacio adicional.
- Tiene gran tamaño y poca flexibilidad.
- Dificultad en su mantenimiento y búsqueda de fallas.
- Costo alto.

Par trenzado

Es el soporte físico más utilizado en las redes de área local, por su bajo costo además de que su instalación es barata y sencilla. Por él se pueden efectuar transmisiones digitales (datos) o analógicas (voz). Un cable par trenzado está formado por un par de hilos conductores aislados entre sí y del medio exterior, los cuales están trenzados de dos en dos para evitar al máximo la interferencia creada por los hilos adyacentes. Un cable de pares trenzados puede tener pocos o muchos pares; en aplicaciones de datos lo normal es que tengan 4 pares. Uno de sus inconvenientes es la alta sensibilidad que presenta ante interferencias electromagnéticas. En noviembre de 1991, la EIA (Electronics Industries Association) publicó un

documento titulado "Boletín de Sistemas Técnicos -Especificaciones Adicionales para Cable de Par Trenzado sin Apantallar", documento TSB-36. En dicho documento se dan las diferentes especificaciones divididas por "categorías" de cable UTP (Unshielded Twisted Pair).

Estos alambres tienen un diámetro de entre 20AWG (estándar AWG: American Wire Gauge) y 26 AWG. Estos cables son de cobre o acero cubierto por cobre. El cobre provee conductividad y el acero firmeza. Debe mantenerse una proporción de trenzado circular para cada par de entre 2 a 12 trenzados por cada 2.54 cm., la cual ayuda a inmunizar el cable contra el ruido y la interferencia electromagnética que se genera en cada par. Las impedancias de su alambre oscilan entre 90 y 110 Ohms. Este tipo de cable se utiliza en Ethernet, red en anillo con paso de festigo y otras topologías de red. Su ancho de banda depende de la distancia y el calibre del alambre. Los tipos de par trenzado son:

Par trenzado blindado (STP, Shielded Twisted Pair)

Este tipo de cable está formado por grupos de dos conductores cada uno con su propio aislante trenzados entre sí y rodeados de una malla de material conductor, recubierta a su vez por un aislante para reducir el efecto de las interferencias debidas a fuentes externas, como cables de alta tensión o tubos fluorescentes. Cada uno se trenza con los demás que forman el cable y el conjunto total se rodea de una malla conductora y una capa de aislante protector. El uso de pares trenzados blindados individualmente en el interior de un cable de par trenzado constituye uno de los mejores métodos para evitar el acoplamiento de las señales eléctricas. Suele denominarse STP (Shielded Twisted Pair). Como inconveniente es más caro que el UTP pero tiene la ventaja de que puede llegar a superar la velocidad de transmisión de 100Mbps. Se diferencia del UTP en que los pares trenzados van recubiertos por una malla, además de un aislante exterior que poseen tanto los cables STP como los UTP. Los conectores que se suelen usar con los cables de par trenzado son RJ-45 o RJ11.

Par trenzado sin blindaje (UTP, Unshielded Twisted Pair)

Es el cable par trenzado típico, no lleva ningún tipo de blindaje de metal siendo esta manera susceptible a interferencias electromagnéticas (EMI) o crosstalks. En este tipo de cable los conductores aislados se trenzan entre sí en pares y todos los pares del cable a su vez. Esto reduce las interferencias entre pares y la emisión de señales. Estos cables se utilizan principalmente para los sistemas de cableado integral, combinando telefonía y redes de transmisión de datos.

Las categorías para cable par trenzado son las siguientes:

Categoría 1

Es el cable telefónico de par trenzado sin malla tradicional por el que se puede transmitir voz pero no datos. La mayoría del cable telefónico instalado antes de 1983 fue de esta categoría.

Categoría 2

Es el cable de par trenzado no blindado certificado para la transmisión de datos hasta 4Mbps. Este tipo de cable es el idóneo para las comunicaciones telefónicas, pero las velocidades requeridas hoy en día por las redes necesitan mejor calidad. Este cable tiene cuatro pares trenzados.

Categoría 3

Admite velocidad de transmisión de 10Mbps y es necesario para las topologías de red de anillo con paso de festigo (4Mbps) y Ethernet 10BASE-T a 10Mbps. El cable tiene 4 pares y tres trenzas por cada pie de longitud.

Categoría 4

Está certificado para velocidades de transmisión de 16Mbps y es la calidad inferior aceptable para las topologías de red anillo con paso de festigo a 16Mbps, además se usan en redes IEEE 802.5 Token Ring y Ethernet 10BASE-T para largas distancias. El cable tiene 4 pares.

Categoría 5

Es cable de cobre de par trenzado a 4 hilos de 100 Ohms, que pueden transmitir datos hasta de 100Mbps para admitir tecnologías más recientes como Fast Ethernet y ATM. El cable contiene una baja capacidad y presenta una baja diafonía.

Categoría 6 y 7

Aunque los estándares para estas categorías no se han definido, desde 1998 han empezado a salir al mercado productos para las mismas. Este cable es conocido como GigaSPEED y soporta aplicaciones que requieren gran ancho de banda. Se espera que el cable de categoría 6 tenga un ancho de banda entre 200 y 250MHz. Mientras que el de categoría 7 posiblemente opere a 600MHz.

Cada cable en niveles sucesivos maximiza el traspaso de datos y minimiza las cuatro limitaciones de las comunicaciones de datos: atenuación, crosstalk, capacidad y desajustes de impedancia. La atenuación es un descenso en el nivel de señal, causado por imperfecciones en el cable, se mide en decibeles por cada cien metros (dB/m). El mínimo valor de dB/m significa mejor cable. Crosstalk o paradiáfonía (medido en decibeles) es el ruido eléctrico en el cable, causado por las luces fluorescentes o señales inducidas por cables cercanos. La capacidad (medida en pico faradios por metro [pF/m]) es la distorsión de las señales eléctricas causada por cables de pares cercanos. A menor valor de pF/m, mejor será el cable. Los desajustes de impedancia ocurren cuando la impedancia de una señal no se ajusta a la del dispositivo de recepción. Es una medida de como las señales pueden pasar fácilmente a través de un circuito. Para comunicaciones más claras, la impedancia de la señal transmitida y recibida debe ser igual. La impedancia para los cables UTP debe ser de 100 Ohms ± 15 .

Algunas ventajas del par trenzado:

- Bajo costo
- Simplificación en el diseño y configuración, pues involucra una topología tipo estrella con un concentrador central que facilita el aprovechamiento de la configuración y simplifica su instalación.
- Su configuración tipo estrella con un concentrador central, hace que sea fácil predecir los defectos en la instalación y ayuda en su solución, si un cable llega a dañarse, es muy fácil aislarlo y repararlo por separado.

Las desventajas de par trenzado son:

- Mientras que el cable coaxial y la fibra óptica pueden ofrecer proporciones de transmisión arriba de 45 a 600Mbps el par trenzado está limitado de 16 a 100Mbps
- Limitaciones de distancia que dependen de la construcción del sistema de cableado.

• Fibra óptica

La fibra óptica es una especie de filamento mucho más delgado que un cabello flexible, generalmente las fibras están hechas de sílice (combinación de sílice y oxígeno) y algún tipo de vidrio, siendo este de alta calidad, por lo cual es capaz de transportar rayos de luz en su interior de una manera determinada. Se utiliza, en los últimos años, cada vez más como soporte físico en las redes locales y públicas. De todas formas su costo sigue siendo demasiado elevado para que se utilice de forma generalizada. En la actualidad se utiliza principalmente para conexiones entre edificios. Consta de dos porciones sólidas: el núcleo y el revestimiento, estas dos porciones no pueden ser separadas. La luz viaja a través del núcleo mientras el revestimiento guarda la luz contenida dentro del núcleo. Esto es realizado para tener índices diferentes de refracción entre estas porciones. La figura 1.10 muestra los índices de refracción de la fibra óptica. El núcleo está elaborado de vidrio de cuarzo, que tiene un índice de refracción más alto que el del revestimiento de vidrio, cuarzo o plástico que lo rodea. A su vez la superficie del revestimiento está protegido por otras cuatro capas más que son:

recubrimiento primario, aire o petrolato, recubrimiento secundario y una cubierta protectora. El recubrimiento primario es típicamente de acrílico y existe sobre todas las fibras. Su propósito es darle más fuerza a las fibras, durante el cableado, al empalme y al poner los conectores. Su diámetro es de aproximadamente 250 μ . El aire o petrolato está entre la cubierta primaria y el recubrimiento secundario y sirve para que el filamento se encuentre libre y manejable. El recubrimiento secundario mide aproximadamente 1 mm. Por último, la cubierta protectora mide 2.5 mm aproximadamente y es la que protege a la fibra contra esfuerzos mecánicos debido al cableado, instalación, cambios de temperatura, etc. El tamaño de la fibra se especifica citando el diámetro del núcleo y su revestimiento en micras. Por ejemplo 62.5/125 μ especifica una fibra con un núcleo de 62.5 micras con un diámetro de revestimiento de 125 μ .

En la fibra óptica en lugar de señales eléctricas se usan señales luminosas (fotones) por un núcleo de dióxido de silicio, tan puro que una ventana de cinco kilómetros de espesor construida con este material no distorsionaría la vista. Las transmisiones fotónicas no producen emisores fuera del cable y no se ven afectadas por la radiación externa. En un sistema de transmisión óptica podemos distinguir tres elementos:

- El medio de transmisión: es una fibra muy delgada de vidrio o silicio fundido.
- El detector: es un fotodiodo que percibe los pulsos de luz y los transforma en señales eléctricas.
- La fuente de luz: puede ser un LED (diodo emisor de luz) o un diodo láser, que convierte las señales eléctricas en pulsos de luz que se pueden transmitir a través de la fibra óptica.

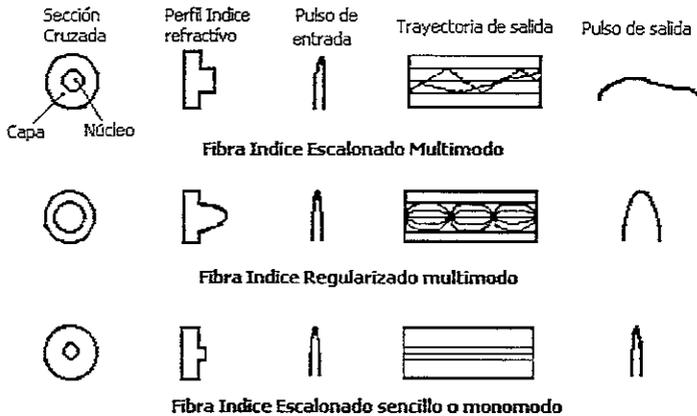


Figura 1.9 Índices de refracción y modos de transmisión de la fibra óptica

Teniendo en cuenta el modo de propagación, las fibras ópticas se clasifican en:

F.O. monomodo

La anchura del núcleo es igual a la longitud de onda de la luz por lo que sólo se propagan los rayos paralelos al eje de la fibra óptica, lo que implica que no existe dispersión modal, consiguiendo el rendimiento máximo, teniendo un ancho de banda mayor cercano a los 50GHz.

F.O. multimodo

Multimodo significa que varios rayos entran en distintos ángulos. Contiene varios modos de propagación y ocurre en consecuencia al efecto de dispersión. Tiene un núcleo muy grande

de 50 micras, comparado con la longitud de onda de la luz. En la fibra multimodo la luz se propaga refractándose. La fibra multimodo se subdividen en:

F.O. multimodo con salto de índice o índice escalonado.

La fibra óptica está compuesta por dos estructuras que tienen índices de refracción distintos, tiene dispersión, reducido ancho de banda y son de bajo costo, dado que resulta tecnológicamente sencillas de producir. La señal de longitud de onda no visible por el ojo humano se propaga por reflexión, así se consigue un ancho de banda de 100MHz.

F.O. multimodo con índice gradual.

Más costosas pero de gran ancho de banda. Se puede disminuir la dispersión haciendo variar lentamente el índice de refracción entre el núcleo y el recubrimiento. El índice de refracción aumenta proporcionalmente a la distancia radial respecto al eje de la fibra óptica, es la fibra más utilizada y proporciona un ancho de banda de 1GHz.

La fibra óptica puede ser usada para la señalización, transmisión de información e incluso en aplicaciones de control.

Sobre la fibra óptica se puede usar el protocolo que cubra el nivel de enlace, como por ejemplo Ethernet. Es muy frecuente el uso de fibra óptica para construir anillos en el protocolo FDDI.

Las ventajas de la fibra óptica residen en la resistencia total que ofrece a interferencias electromagnéticas, en ser un soporte físico muy ligero y, sobre todo, que ofrecen distancias más largas de transmisión que los anteriores soportes, teniendo una baja atenuación por kilómetro cuando se transmite por las llamadas ventanas de transmisión, que están ubicadas alrededor de los valores siguientes de longitud de onda: 0.8 nanómetros, 1.3 nanómetros y 1.55 nanómetros. Esta última ventana es la que presenta menor atenuación. Sus inconvenientes se encuentran en el costo (sobre todo en los acopladores) y en que los conectores son muy complejos

• **Líneas Telefónicas**

Cuando hablamos de línea telefónica debemos distinguir entre líneas punto a punto y las red telefónica conmutada (RTC).

Red Telefónica conmutada (RTC)

La RTC son las líneas que se usan para la comunicación telefónica. Estas líneas son analógicas, por lo que se precisa de aparatos conversores analógico- digital y digital analógico, estos aparatos son los módems. Sobre la red telefónica conmutada se puede "levantar" el protocolo TCP/IP, aunque este es probablemente el medio físico menos adecuado. El costo de uso de estas líneas telefónicas es similar al de una llamada telefónica. Además de que permite la comunicación móvil desde cualquier equipo portátil conectado a través de ellas. Si se va hacer un uso elevado de estas líneas deberemos pensar en descartar la RTC y pasar a líneas punto a punto por que resultará más económico y la comunicación será más rápida y fiable

Líneas punto a punto

Es un método bastante usado para unir edificios que se encuentran a varios kilómetros de distancia. Se trata de un tipo especial de líneas (digitales) que nada tienen que ver con la RTC tradicional. Por estas líneas se paga un alquiler mensual fijo, independiente del uso que se haga en ellas, por ello son interesantes cuando se va a hacer mucho uso de la línea. Por un uso más esporádico es más barata la conexión RTC.

En la tabla 1.1 se hace una comparación entre los distintos medios de transmisión terrestre más empleados.

MEDIO	Costo	Número de Canales	Distancia	Atenuación	Ancho de Banda	Confiabilidad
Par Trenzado	Bajo	Uno	10km	Alta	10Khz/Km.	Baja
Cable Coaxial	Alto	Cientos	10km	Media	5Mhz/Km.	Alta
Fibra Óptica	Alto	Miles	100km	Baja	300Mhz/Km.	Muy Alta

Tabla 1.1 Comparativa de medios de transmisión terrestres

1.3.2 Medios aéreos

Los medios aéreos o no guiados representan la nueva técnica que se utiliza para transmitir señales por el aire y el espacio desde el transmisor al receptor, tales como infrarrojos y microondas. Con este medio se pueden cubrir distancias más grandes. Los medios más comunes en la actualidad son:

- **Satélite**

Los satélites de comunicaciones orbitando sobre un punto fijo de la tierra, reciben las señales de radio de un amplificador en tierra y las transmiten a su destino. La señal del satélite es recibida por una antena parabólica y se distribuye localmente mediante cables. Este medio se utiliza cuando la comunicación cubre millones de kilómetros.

- **Microondas**

Los enlaces de radio electromagnéticas por microondas compiten con los cables coaxiales para la transmisión del tráfico de telecomunicaciones analógicas y/o digitales de alta capacidad y de larga distancia, así como para el transporte de la señal de televisión. Como las frecuencias de microondas (ultra altas, frecuencias mayores a 1GHz – Giga = 1000.000.000) se transmiten o propagan en línea recta, las microondas deben viajar sin obstrucciones, por eso las torres de retransmisión son instaladas en cimas de colinas y montes para enviar las señales sobre terrenos dispares. También las torres de microondas son instaladas en techos elevados para enlazar oficinas que no están muy distantes.

- **Radio**

Las ondas de radio fueron el primer medio utilizado para transmitir información y gracias a los avances tecnológicos como la telefonía celular y el auge de los equipos portátiles, se está convirtiendo en uno de los medios de transmisión más utilizados en la actualidad. Las ondas de radio pueden transmitirse en distintas frecuencias. También pueden ser utilizadas en una escala geográfica más alta.

- **Luz**

La luz se utilizó aún antes que la radio para transmitir información, ya los griegos utilizaban espejos para comunicarse con sus barcos en el mar. Pero ha sido necesario mejorar los sistemas de producción de luz láser para permitir transmitir información electrónica con

velocidades similares a los cables. Ya existen equipos que pueden establecer enlaces de varios kilómetros a 5-10Mbps con alto costo

Para terminar con los medios de transmisión nos vamos a referir brevemente a los modos de transmisión. Existen dos modos de transmisión: banda base y banda ancha.

- La banda base es la transmisión digital de datos a través de un cable. La codificación utilizada es normalmente de tipo Manchester, que permite combinar una señal de reloj con los datos. La transmisión en banda base implica que solo puede haber una comunicación en el cable en un momento dado.
- La transmisión en banda ancha es la transmisión analógica de los datos. Para ello se utilizan módems que operan a altas frecuencias. Cada módem tiene una portadora diferente, de forma que es posible realizar varias comunicaciones simultáneas en el cable.

Los factores que debemos tener en cuenta cuando vayamos a elegir un soporte físico son los siguientes:

- Naturaleza de la información que viaja por el soporte físico: voz, vídeo, datos, señales de control, etc. El soporte físico debe ser capaz de integrar todo este tipo de información.
- Estructura física de los edificios donde se va a implantar la red. Consideración de aspectos como: limitación de distancias, posibles focos de interferencias electromagnéticas, instalación de canaletas para ubicar los conductores, etc
- Evaluación de las necesidades planteadas, hay que tener en cuenta que el medio de transmisión pueda satisfacerlas todas. Estudio de la futura evolución de la red. Por ejemplo:
- Evolución a tecnologías más avanzadas como la red digital de servicios integrados (RDSI), FDDI, etc.
- Cambio de topología de la red, etc
- Posibilidad de que el medio de transmisión del canal principal de datos (o backbone) pueda tener configuraciones redundantes, para establecer caminos de respaldo (backup) en caso de caída de los primarios.
- El soporte físico debe ser suficientemente económico para poder permitir que la red pueda ofrecer múltiples puntos de conexión.

4 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN PARA REDES

4.1 TCP/IP

Protocolo de Internet (IP) y el Protocolo de Control de Transmisión (TCP), fueron desarrollados inicialmente en 1973 por el informático estadounidense Vinton Cerf como parte de un proyecto dirigido por el ingeniero norteamericano Robert Kahn y patrocinado por la Agencia de Programas Avanzados de Investigación del Departamento Estadounidense de Defensa (ARPA, siglas en inglés). Internet comenzó siendo una red informática de ARPA (llamada ARPAnet) que conectaba redes de computadoras de varias universidades y laboratorios de investigación en Estados Unidos.

TCP/IP es el protocolo más utilizado en la mayoría de las computadoras conectadas a Internet para que estas se puedan comunicar entre sí. Hay que tener en cuenta que en Internet se encuentran conectadas computadoras de muy diferentes clases, además de ser, en muchos casos, incompatibles tanto en software como en hardware, además de la variedad de medios y formas posibles de conexión. Aquí se encuentra una de las grandes ventajas de TCP/IP, ya que este protocolo se encarga de que la comunicación entre todas las computadoras sea posible. TCP/IP es compatible con cualquier sistema operativo y con cualquier tipo de hardware.

TCP/IP no es un único protocolo, lo que se conoce con este nombre es en realidad un conjunto de protocolos que permiten a las redes físicas unirse para formar una Internet, los cuales cubren los distintos niveles del modelo OSI. Los dos protocolos más importantes son el TCP (Transmission Control Protocol) y el IP (Internet Protocol), que son los que dan nombre al conjunto. TCP/IP combina las redes individuales para formar una red virtual en la cual los anfitriones son identificados no por la dirección física de la red, sino por la dirección IP.

Niveles de TCP/IP y su relación con el Modelo de Referencia OSI

La arquitectura de TCP/IP consta de cuatro niveles o capas en las que se agrupan los protocolos (figura 1.11), y que se relacionan con los niveles OSI de la siguiente manera:

Capa de Aplicación

El nivel de aplicación es el nivel más alto del conjunto de protocolos, este nivel corresponde con los niveles OSI de aplicación, presentación y sesión. En dicho nivel existen una serie de protocolos que son los que proveen los servicios de red al usuario, tales como correo electrónico (SMTP), transferencia de archivos (FTP), conexión remota (TELNET) y otros más recientes como el protocolo HTTP (Hypertext Transfer Protocol), NIS, NFS, GOPHER, POP, WWW.

Capa de Transporte

Coincide con el nivel de transporte del modelo OSI. Sus funciones son las de dejar al protocolo de Internet la tarea de hacer llegar los paquetes a su destino correcto, en donde son tomados por los protocolos de transporte. Los protocolos de este nivel son TCP (Protocolo de Control de Transmisión) es un protocolo orientado a conexión cuya función principal es permitir la comunicación libre de errores; y UDP¹ (Protocolo de Datagrama de Usuario) que se encarga de manejar los datos y proporcionar la fiabilidad necesaria en el transporte de los mismos.

Capa Internet

Es el nivel de red del modelo OSI, incluye al protocolo IP, que se encarga de enviar los paquetes de información a sus destinos correspondientes. Implementa algoritmos de enrutamiento para evitar congestionamientos y para la interconexión de redes (Gateway y Enrutadores). Esta capa no es confiable, es decir, no se encarga de verificar que un datagrama haya sido recibido o de volverlo a mandar en caso de que exista un error.

Capa Física

Análogo al nivel físico del OSI, es el nivel inferior de TCP/IP, en este nivel se define el tipo de medio de transmisión o comunicación a emplear, el cual puede ser par trenzado, cable coaxial y fibra óptica.

TCP/IP	OSI
Aplicación	Aplicación, Presentación y Sesión
Transporte	Transporte
Internet	Red
Física	Física

Figura 1.11 Arquitectura TCP/IP vs. OSI

¹ UDP (User Datagram Protocol). Ofrece a las aplicaciones un mecanismo para enviar datagramas IP en bruto encapsulados sin tener que establecer una conexión

Protocolos de TCP/IP

TCP/IP necesita funcionar sobre algún tipo de medio físico de red que proporcione sus propios protocolos para el nivel de enlace de Internet. Por tal motivo hay que tener en cuenta que los protocolos utilizados en este nivel pueden ser muy diversos y no forman parte del conjunto TCP/IP. Sin embargo, esto no debe ser problemático puesto que una de las funciones y ventajas principales del TCP/IP es proporcionar una abstracción del medio de tal forma que sea posible el intercambio de información entre medios diferentes y tecnologías que inicialmente son incompatibles.

Para transmitir información a través de TCP/IP debe estar dividida en unidades de menor tamaño. Esto proporciona grandes ventajas en el manejo de los datos que se transfieren y, por otro lado, esto es algo común en cualquier protocolo de comunicaciones. En TCP/IP cada una de estas unidades de información recibe el nombre de "datagrama" (datagram), y son conjuntos de datos que se envían como mensajes independientes. Los protocolos de aplicación de TCP/IP son los siguientes:

FTP, SMTP, TELNET	SNMP, X-WINDOWS, RPC, NFS
TCP	UDP
IP, ICMP	
ETHERNET	

- **FTP (File Transfer Protocol)**. Se utiliza para transferencia de archivos de manera eficiente y confiable, además de compartir archivos y alentar de manera directa el uso de equipos remotos.
- **SMTP (Simple Mail Transfer Protocol)**. Es una aplicación para el correo electrónico, ya que define el formato exacto de los mensajes que un cliente debe enviar en una máquina, al servidor de la otra. SMTP especifica que mensajes intercambia, no especificando donde almacenar el correo, ni con que frecuencia se debe intentar enviar el mensaje.
- **TELNET**: Permite la conexión a una aplicación remota desde un proceso o terminal.
- **RPC (Remote Procedure Call)**. Permite llamadas a procedimientos situados remotamente. Se utilizan las llamadas a RPC como si fuesen procedimientos locales.
- **SNMP (Simple Network Management Protocol)**. Se trata de una aplicación para la administración de la red.
- **NFS (Network File System)**. Permite la utilización de archivos distribuidos por los programas de la red. Es decir ofrece acceso directo a datos almacenados en un servidor remoto, haciendo que una carpeta o directorio en el servidor del mismo aparezca como un volumen local en el escritorio del cliente, de forma que los archivos en el servidor NFS puedan utilizarse como si estuvieran en el disco local.
- **NIS (Network Information System)**. Es un servicio de autenticación utilizado frecuentemente para completar los servicios NFS. Provee una base centralizada de las cuentas de los usuarios y los nodos. Los cuales pueden ser consultadas por otros nodos de la red.
- **X-Windows**. Es un protocolo para el manejo de ventanas e interfaces de usuario en arquitectura cliente/servidor.
- **GOPHER (del inglés go for, ver y traer)** Es un FTP mejorado, sirve como una alternativa para localizar y copiar los archivos del sistema central o host. A diferencia de FTP, no se requiere el nombre del servidor del cual se desea copiar un archivo. El servidor gopher se encarga de informar al cliente gopher del verdadero destino de algún archivo para que pueda realizar la conexión y recuperar los datos.

- **WWW (World Wide Web)** creado por el Centro Europeo de Investigación Nuclear como un sistema de intercambio de información y que Internet ha estandarizado. Supone un medio cómodo y elegante, basado en multimedia e hipertexto, para publicar información en la red. Inicial y básicamente se compone del protocolo http y del lenguaje html.

1.4.2 Protocolo de control de transmisión (TCP)

La capa de transporte se constituye de dos protocolos TCP y UDP. TCP es un protocolo orientado a conexión, el cual proporciona un servicio similar al proporcionado por un servicio telefónico y consiste en tres fases distintas:

- Establecimiento de conexión (dial a call)
- Transferencia de datos (talk over the connection)
- Deshabilitar la conexión (hang up the phone)

Con el protocolo orientado a conexión algunas veces la transferencia de datos comprende un par de comunicaciones asociadas con un protocolo orientado a conexión. Un protocolo orientado a conexión es frecuentemente descrito como un servicio fiable y secuencial en la transferencia de datos. La conexión puede ser deshabilitada en cualquier tiempo por alguna de las partes involucradas en la comunicación o por el protocolo mismo. Dentro de las características de TCP se encuentra la facilidad de multiplicación, esto es, la capacidad de que una conexión TCP pueda ser utilizada simultáneamente por varios usuarios. Un segmento, es la unidad de datos que maneja TCP, y la longitud de un segmento se mide en octetos. TCP establece canales de comunicación dúplex (aunque el enlace sea semidúplex) y mantiene la secuencia de entrega de datos transferidos.

La transmisión que ofrece TCP es fiable, permite la recuperación ante datos perdidos, erróneos o duplicados, y garantiza la secuencia de entrega, por lo que se asigna al segmento de datos un número de secuencia (información de control) y un checksum (código de verificación o comprobación). La fiabilidad de la transmisión de TCP se realiza mediante tres mecanismos diferentes, como es la confirmación de recepción, los temporizadores de espera de confirmación, o bien la retransmisión del segmento. Las funciones de TCP son principalmente:

- Dividir la información que recibe de la capa de aplicación en segmentos que pasaran a la capa de red.
- Al enviar un segmento inicializa un reloj, en espera de una contraseña (indicando que el mensaje se recibió); si el reloj expira antes de que esta última reciba reenvía el segmento suponiendo que el segmento se ha perdido.
- Cuando TCP recibe un mensaje, reenvía a la máquina origen una contraseña confirmando la recepción.

TCP establece canales de comunicación dúplex (aunque el enlace sea semidúplex) y se mantiene la secuencia de entrega de datos transferidos. Los segmentos TCP presentan un formato en el cual cada segmento está dividido en dos partes, una cabecera seguida de datos, la cual contiene la información de identificación y control. En la figura 1.12 se representa el formato de los segmentos TCP y una breve explicación de las partes que lo componen.

Puerto de Origen				Puerto de Destino				
Número de Secuencia								
Número de Reconocimiento (ACK)								
Longitud de Cabecera TCP (OFFSET)	Reservados	U	A	P	R	S	F	Tamaño de la Ventana
		R	C	H	S	Y	I	
		G	K	S	T	N	N	
Suma de Comprobación				Apuntador Urgente				
Opciones (0 o más palabras de 32 bits)								
Datos (Opcional)								

Figura 1.12 Formato de los segmentos TCP

- **Puerto de origen:** es el puerto a través del cual una aplicación invoca a TCP.
- **Puerto destino:** es el puerto de la aplicación en destino.
- **Número de secuencia:** es el número de secuencia del primer byte de datos enviado en este segmento.
- **Número de reconocimiento:** es el número de secuencia del primer byte de ese segmento que espera recibir.
- **Offset:** contiene un entero que especifica la longitud de la cabecera en múltiplos de 32 bits, su longitud es de 4 bits.
- **Reservados:** estos 6 bits están reservados para usos futuros.
- **Control:** indica el tipo de segmento, estos 6 bits indican como deben interpretarse algunos campos de cabecera. Los bits están especificados según el orden en que se enumeran, de manera que si el segundo bit tiene el valor 1, es un segmento de confirmación. La interpretación de cada bit es:
 - o URG: segmento urgente
 - o ACK: Segmento de confirmación
 - o PSH: en TCP tanto en emisor como en receptor disponen de un buffer para almacenar los datos a enviar o recibir. Cuando el receptor recibe un segmento con el bit de "PUSH" activado, entiende que debe de enviar todo lo que tiene almacenado en su buffer al proceso del cual acaba de recibir el segmento "PUSH"
 - o RST: segmento de reset de conexión
 - o SYN: segmento que sincroniza el número de secuencia
 - o FIN: segmento que indica que no hay más datos para el receptor.
- **Ventana:** indica el tamaño de la ventana.
- **Checksum:** es un campo de 16 bits. Esta formado por el complemento a 1 de la suma de todas las palabras que componen el segmento TCP

- **Apuntador urgente:** aunque TCP está orientado a conexión, a veces es importante enviar datos fuera de banda. Esto puede ocurrir cuando, en una conexión remota, el usuario decide enviar una secuencia de teclado que interrumpa o aborte el programa. Estas señales deben ser enviadas sin esperar a que el programa esté listo para recibir datos.
- **Opciones:** en ella se especifica el máximo tamaño del segmento.

1.4.3 Protocolo Internet IP

Es el encargado de seleccionar la trayectoria a seguir por los datagramas, trabaja con entregas de datagramas que viajan de extremo a extremo de la red. Este protocolo no se responsabiliza de la pérdida, desorden y duplicidad de los datagramas, las características principales son la falta de fiabilidad puesto que no están orientados a conexión. Lo que significa que no garantiza el control de flujo, no garantiza la recuperación de errores, no garantiza que los datos lleguen a su destino. Puesto que dentro de un sistema TCP/IP los datos transmitidos se dividen en pequeños paquetes, éstos resaltan una serie de características:

- La tarea de IP es llevar los datos a granel (los paquetes) de un sitio a otro. Las computadoras que encuentran las vías para llevar los datos de una red a otra (denominadas enrutadores) utilizan IP para trasladar los datos. En resumen IP mueve los paquetes de datos a granel mientras TCP se encarga del flujo y asegura que los datos estén correctos.
- Las líneas de comunicación se pueden compartir entre varios usuarios. Cualquier tipo de paquete puede transmitirse al mismo tiempo, y se ordenará y combinará cuando llegue a su destino.
- Los datos no tienen que enviarse directamente entre dos computadoras. Cada paquete pasa de computadora en computadora hasta llegar a su destino. Una de las razones de la rapidez es que cuando algo anda mal sólo es necesario volver a transmitir un paquete, no todo el mensaje.
- Los paquetes no necesitan seguir la misma trayectoria. La red puede llevar cada paquete de un lugar a otro y usar la conexión más idónea que esté disponible en ese instante.
- La flexibilidad del sistema lo hace muy confiable. Si un enlace se pierde, el sistema usa otro. Cuando se envía un mensaje, el TCP divide los datos en paquetes, ordena éstos en secuencia, agrega cierta información para control de errores y después los lanza hacia fuera, y los distribuye. En el otro extremo, el TCP recibe los paquetes, verifica si hay errores y los vuelve a combinar para convertirlos en los datos originales. De haber error en algún punto, el programa TCP destino envía un mensaje solicitando que se vuelvan a enviar determinados paquetes.

IP es un protocolo sin conexión a diferencia del protocolo X.25, que está orientado a conexión. IP está basado en la idea de los datagramas internet los cuales son transportados transparentemente pero no siempre con seguridad, desde el host fuente hasta el host destino, quizás recorriendo varias redes mientras viaja.

El protocolo IP trabaja de la siguiente manera; la capa de transporte toma los mensajes y los divide en datagramas, de hasta 64K bytes (octetos) cada uno. Cada datagrama se transmite a través de la red internet posiblemente fragmentándose en unidades más pequeñas, durante su recorrido normal. Al final, cuando todas las piezas llegan a la máquina destino, la capa de transporte los reensambla para así reconstruir el mensaje original.

En la figura 1.13 se muestra la cabecera del datagrama del protocolo de Internet, y las partes describen a continuación:



Figura 1.13 Cabecera de IP (Protocolo de Internet)

- **Versión:** es la versión del protocolo IP.
- **IHL:** longitud de la cabecera IP en palabras de bits.
- **Tipos de servicio:** especifica los parámetros de confiabilidad, preferencia retardo y eficiencia.
- **Longitud total:** especifica la longitud del datagrama incluyendo el encabezado en octetos.
- **Identificación:** identificador del datagrama compuesto por direcciones fuente, dirección destino y usuario del protocolo.
- **Banderas:** son identificaciones de control.
- **Offset:** se utiliza en reensamblaje de los datagramas previamente segmentados, especifica la posición en bytes de cada fragmento del datagrama original.
- **Tiempo de vida:** especifica cuanto tiempo puede viajar por la red un datagrama, siendo este de 255 segundos.
- **Protocolo:** Indica el protocolo de nivel superior para el cual el nivel IP esta realizando el servicio de transporte de datos en el datagrama
- **Checksum:** son bytes de verificación que afectan a la cabecera y no a los datos.
- **Dirección de origen:** Dirección IP del host origen.
- **Dirección de destino:** Dirección IP del host destino

El protocolo IP identifica a cada computadora que se encuentre conectado a la red mediante su correspondiente dirección. Esta dirección es un número de 32 bits que debe ser único para cada *host*, y normalmente suele representarse como cuatro cifras de 8 bits separadas por puntos.

La dirección de Internet (IP Address) se utiliza para identificar tanto a la computadora en concreto como la red a la que pertenece, de manera que sea posible distinguir a las computadoras

que se encuentran conectadas a una misma red. Debido a que la dirección tiene 32 bits, esto es, permite direccionar alrededor de 43,000 millones de terminales, las funciones que deben desempeñar las direcciones IP son:

- Para poder direccionar inequívocamente los terminales de la red, sus direcciones solo se podrán conceder una sola vez.
- A la subred se tendrá que acceder por medio de tales direcciones o subconjuntos de una dirección.
- El formato de direcciones tiene que permitir una numeración lo suficientemente amplia como para poder abarcar una gran cantidad de terminales (ya que el protocolo TCP/IP se usa en la red universal Internet).

Con este propósito, y teniendo en cuenta que en Internet se encuentran conectadas redes de tamaños muy diversos, se establecieron tres clases diferentes de direcciones, las cuales se representan mediante tres rangos de valores:

- **Clase A** se vea que una dirección de clase A emplea como máximo un byte para la identificación del tipo de clase y la red, lo cual deja libre 3 bytes para el número de identificación del anfitrión

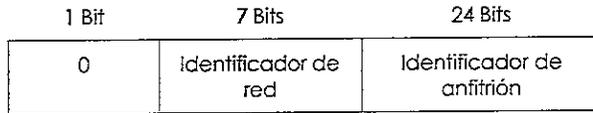


Figura 1.14 Dirección clase A

En la figura 1.14 se puede ver que la dirección de la clase A utiliza uno de los bits de mayor orden para su codificación, el resultado: sólo 7 de los bits de mayor orden quedan disponibles para el número de identificación de la red. Esto significa que Internet puede interconectar únicamente 127 redes con direcciones Clase A (7 bits pueden representar 128 valores, pero el sólo 0 (ceros) es una dirección reservada). Sin embargo, puesto que las redes con la dirección clase A emplean 24 bits para el espacio de la dirección del anfitrión, cada una de estas redes puede en teoría, incluir 16,777,216 anfitriones. Por lo tanto, sólo las redes que necesitan enlazar más de 6533 anfitriones utilizan direcciones clase A.

- **Clase B:** Las direcciones clase B ocupan un máximo de dos bytes para la identificación del tipo de clase y de red, lo que deja libres 16 bits para los números de identificación del anfitrión.

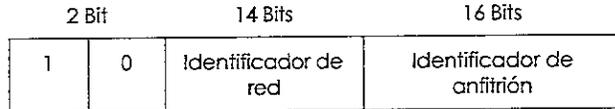


Figura 1.15 Dirección Clase B

Tras restar los dos bits de mayor orden usados para la codificación de la clase, tienen disponibles 14 bits para el número de identificación de la red. El resultado: Internet puede conectar 16,384 redes con direcciones clase B. Ocupando 16 bits para la identificación del anfitrión, cada red con dirección clase B, puede en teoría enlazar más de 65,536 anfitriones. InterNIC reserva las direcciones clase B para las redes que se espera conecten al menos 25 anfitriones.

- **Clase C:** Las direcciones de clase C emplean un máximo de tres bytes para la identificación del tipo de clase y la red, lo que deja sólo 8 bits para los números de identificación de los anfitriones.

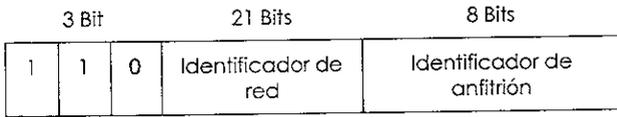


Figura 1.16 Dirección clase C

Tras restar los tres bits de mayor orden usados para la codificación de clase tiene disponibles 21 bits para el número de identificación de la red. El resultado: Internet puede enlazar, asombrosamente 2,097,152 redes de dirección clase C. No obstante, ya que esta clase sólo deja disponibles 8 bits para el número de identificación de los anfitriones, Internet limita a cada una de estas redes a menos de 256 anfitriones, es decir, las redes pequeñas usan direcciones clase C.

En la clasificación de direcciones anterior se puede notar que ciertos números no se usan. Algunos de ellos se encuentran reservados para un posible uso futuro, como es el caso de las direcciones cuyo primer byte sea superior a 223 (clases D y E, que aún no están definidas), mientras que el valor 127 en el primer byte se utiliza en algunos sistemas para propósitos especiales. También es importante notar que los valores 0 y 255 en cualquier byte de la dirección no pueden usarse normalmente por tener otros propósitos específicos. El número 0 está reservado para las máquinas que no conocen su dirección, pudiendo utilizarse tanto en la identificación de red para máquinas que aún no conocen el número de red a la que se encuentran conectadas, en la identificación de *host* para máquinas que aún no conocen su número de *host* dentro de la red, o en ambos casos. El número 255 tiene también un significado especial, puesto que se reserva para el broadcast. El broadcast es necesario cuando se pretende hacer que un mensaje sea visible para todos los sistemas conectados a la misma red. Esto puede ser útil si se necesita enviar el mismo datagrama a un número indeterminado de sistemas, resultando más eficiente que enviar la misma información solicitada de manera individual a cada uno. Otra situación para el uso de broadcast es cuando se quiere convertir el nombre por dominio de una computadora a su correspondiente número IP y no se conoce la dirección del servidor de nombres de dominio más cercano. Lo usual es que cuando se quiere hacer uso del broadcast se utilice una dirección compuesta por el identificador normal de la red y por el número 255 (todo unos en binario) en cada byte que identifique al *host*. Sin embargo, por conveniencia también se permite el uso del número 255.255.255.255 con la misma finalidad, de forma que resulte más simple referirse a todos los sistemas de la red. El broadcast es una característica que se encuentra implementada de formas diferentes dependiendo del medio utilizado, y por lo tanto, no siempre se encuentra disponible. En ARPAnet y en las líneas punto a punto no es posible enviar broadcast, pero sí que es posible hacerlo en las redes Ethernet, donde se supone que todas las computadoras prestarán atención a este tipo de mensajes. En el caso de algunas organizaciones extensas puede surgir la necesidad de dividir la red en otras redes más pequeñas (subnets). De esta forma queda oculta la organización interior de la red, siendo mucho más cómodo el acceso que si se tratara de varias direcciones de clase C independientes.

1.4.4 Protocolo de comunicación IPv6

La nueva versión del protocolo IP recibe el nombre de IPv6, aunque es también conocido comúnmente como IPng (Internet Protocol Next Generation). El número de versión de este protocolo es el 6 (que es utilizada en forma mínima) frente a la antigua versión utilizada en forma mayoritaria. Los cambios que se introducen en esta nueva versión son muchos y de gran importancia, aunque la transición desde la versión antigua no debería ser problemática gracias a las características de compatibilidad que se han incluido en el protocolo. IPng se ha diseñado para solucionar todos los problemas que surgen con la versión anterior, y además ofrecer soporte a las nuevas redes de alto rendimiento (como ATM, Gigabit Ethernet, etc.)

Una de las características más llamativas es el nuevo sistema de direcciones, en el cual se pasa de los 32 a los 128 bits, eliminando todas las restricciones del sistema actual. Otro de los aspectos mejorados es la seguridad, que en la versión anterior constituía uno de los mayores problemas. Además, el nuevo formato de la cabecera se ha organizado de una manera más efectiva, permitiendo que las opciones se sitúen en extensiones separadas de la cabecera principal.

El tamaño de la cabecera que el protocolo IPv6 añade a los datos es de 320 bits, el doble que en la versión antigua. Sin embargo, esta nueva cabecera se ha simplificado con respecto a la anterior. Algunos campos se han retirado de la misma, mientras que otros se han convertido en opcionales por medio de las extensiones. De esta manera los enrutadores no tienen que procesar parte de la información de la cabecera, lo que permite aumentar el rendimiento en la transmisión. El formato completo de la cabecera sin las extensiones es el siguiente y se muestra en la figura 1.17.

- **Versión:** Número de versión del protocolo IP, que en este caso contendrá el valor 6. *Tamaño: 4 bits.*
- **Prioridad:** Contiene el valor de la prioridad o importancia del paquete que se está enviando con respecto a otros paquetes provenientes de la misma fuente. *Tamaño: 4 bits.*
- **Etiqueta de flujo:** Campo que se utiliza para indicar que el paquete requiere un tratamiento especial por parte de los enrutadores que lo soporten. *Tamaño: 24 bits.*
- **Longitud:** Es la longitud en bytes de los datos que se encuentran a continuación de la cabecera. *Tamaño: 16 bits.*
- **Cabecera siguiente:** Se utiliza para indicar el protocolo al que corresponde la cabecera que se sitúa a continuación de la actual. El valor de este campo es el mismo que el de protocolo en la versión 4 de IP. *Tamaño: 8 bits.*
- **Tiempo de vida:** Tiene el mismo propósito que el campo de la versión 4, y es un valor que disminuye en una unidad cada vez que el paquete pasa por un nodo. *Tamaño: 8 bits.*
- **Dirección de origen:** El número de dirección del *host* que envía el paquete. Su longitud es cuatro veces mayor que en la versión 4. *Tamaño: 128 bits.*
- **Dirección de destino:** Número de dirección de destino, aunque puede no coincidir con la dirección del *host* final en algunos casos. Su longitud es cuatro veces mayor que en la versión 4 del protocolo IP. *Tamaño: 128 bits.*

Organización de la cabecera IPv6.					
Versión	Prioridad	Etiqueta de flujo			
Longitud		Cabecera siguiente	Tiempo de vida		
Dirección de origen					
Dirección de destino					

Figura 1.17 Cabecera IPv6

Las extensiones que permite añadir esta versión del protocolo se sitúan inmediatamente después de la cabecera normal, y antes de la cabecera que incluye el protocolo de nivel de transporte. Los datos situados en cabeceras opcionales se procesan sólo cuando el mensaje llega a su destino final, lo que supone una mejora en el rendimiento. Otra ventaja adicional es que el tamaño de la cabecera no está limitado a un valor fijo de bytes como ocurría en la versión 4.

Por razones de eficiencia, las extensiones de la cabecera siempre tienen un tamaño múltiplo de 8 bytes. Actualmente se encuentran definidas extensiones para ruteo extendido, fragmentación y ensamblaje, seguridad, confidencialidad de datos, etc.

El sistema de direcciones es uno de los cambios más importantes que afectan a la versión 6 del protocolo IP, donde se han pasado de los 32 a los 128 bits (4 veces mayor). Estas nuevas direcciones identifican a una interfaz o conjunto de interfaces y no a un nodo, aunque como cada interfaz pertenece a un nodo, es posible referirse a éstos a través de su interfaz.

El número de direcciones diferentes que pueden utilizarse con 128 bits es enorme. Teóricamente serían 2^{128} direcciones posibles, siempre que no apliquemos algún formato u organización a estas direcciones.

Existen tres tipos básicos de direcciones IPv6 según se utilicen para identificar a una interfaz en concreto o a un grupo de interfaces. Los bits de mayor peso de los que componen la dirección IPv6 son los que permiten distinguir el tipo de dirección, empleándose un número variable de bits para cada caso. Estos tres tipos de direcciones son:

- **Direcciones unicast:** Son las direcciones dirigidas a una única interfaz de la red. Las direcciones unicast que se encuentran definidas actualmente están divididas en varios grupos. Dentro de este tipo de direcciones se encuentra también un formato especial que facilita la compatibilidad con las direcciones de la versión 4 del protocolo IP.
- **Direcciones anycast:** Identifican a un conjunto de interfaces de la red. El paquete se enviará a una interfaz cualquiera de las que forman parte del conjunto. Estas direcciones son en realidad direcciones unicast que se encuentran asignadas a varias interfaces, las cuales necesitan ser configuradas de manera especial. El formato es el mismo que el de las direcciones unicast.
- **Direcciones multicast:** Este tipo de direcciones identifica a un conjunto de interfaces de la red de manera que el paquete es enviado a cada una de ellos individualmente.

Las direcciones de broadcast no están implementadas en esta versión del protocolo, debido que esta misma función puede realizarse ahora mediante el uso de las direcciones multicast.

PRODUCCIÓN

redes de área local se distinguen de otros tipos de redes por su tamaño, topología y tecnología de transmisión. En este tipo de redes cada nodo o estación deben de compartir el medio de transmisión de la red. Por este motivo es necesario un mecanismo de gestión para el uso del canal de comunicación, que son conocidos como protocolos de control de acceso al medio y nos permitirán definir un esquema centralizado o distribuido que asegure en la operación de la red una tasa de transmisión de bits con mínimos retardos y pocos errores.

En la actualidad se han incrementado los proveedores de servicios de red, presentándose la problemática de que cada uno tiene sus propios lineamientos de cómo estructurarias. En la planeación de la red de cómputo de la Torre de Ingeniería es importante que exista una ordenación de apego a normas para redes que son establecidas por organismos internacionales de estandarización. Con esto se logra que la red de cómputo de la Torre de Ingeniería sea un sistema abierto, es decir, con grado de escalabilidad, seguridad y funcionalidad.

Un protagonista importante de estándares es el Instituto de Ingenieros Eléctricos Electrónicos (IEEE), que se encarga de elaborar estándares en las áreas de ingeniería eléctrica y computación, dando estos últimos la clave para el diseño de redes de área local, como es el caso de la red de cómputo de la Torre de Ingeniería. Así mismo, los estándares de cableado estructurado EIA/TIA (Electronic Industry Association/Telecommunications Industry Association) permiten que se planee y se estructure en la Torre de Ingeniería un cableado de telecomunicaciones no propietario (sistema multiproducto y multiproveedor), fiable, flexible a mantenimiento, con integración de múltiples servicios y fácil administración.

Aunque los estándares establecen ciertos límites a los desarrolladores de los sistemas, son la mejor opción para resolver problemas de intercomunicación entre los equipos y programas que la gestionan.

1 PROTOCOLOS DE CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

Las redes locales consisten en una colección de dispositivos que deben compartir la capacidad de transmisión de la red. Por esta razón es necesario tener un control de acceso al medio de transmisión para que dos dispositivos particulares puedan intercambiar datos cuando sea requerido dentro de un esquema centralizado o distribuido.

En un esquema centralizado, se designa un controlador con la suficiente autoridad para garantizar el acceso a la red. De esta manera, una estación que desee transmitir deberá esperar a recibir el permiso del controlador. Se suele utilizar en topología lógica en bus. En una red descentralizada (distribuida) o paso de testigo, las estaciones colectivas desarrollan una función de control de acceso al medio, materializada en una trama especial denominada "token" (testigo) que al pasarlo de estación en estación, para determinar dinámicamente el orden en el cual transmitirán las estaciones. Una estación para transmitir debe poseer el "token", cuando se acaba la transmisión se pone otra vez en circulación el "token"

En general se pueden clasificar a las técnicas de control de acceso en síncronas y asíncronas.

1.1 Técnicas Síncronas

Con las técnicas síncronas, una capacidad específica es dedicada para realizar una conexión (se utiliza en redes locales de circuitos conmutados, cabe mencionar que no son muy

óptimos para redes LAN y WAN por que las necesidades de transmisión de las estaciones se pueden decir que son impredecibles).

2.1.2 Técnicas Asíncronas.

Otra forma de realizar una conexión más eficazmente para redes locales, serían las técnicas asíncronas. Las cuales se pueden subdividir en tres categorías: round robin, reservación y contención.

	Topología en bus	Topología de anillo
Round Robin	Token bus (IEEE 802.4)	Token ring (IEEE 802.5, FDDI)
Reservación	MAN (IEEE 802.6)	FDDI-II
Contención	CSMA/CD (IEEE 802.3)	

Nota: Todos los protocolos MAC son protocolos distribuidos, con excepción de IEEE802.6 y FDDI-II que son protocolos para tráfico de circuitos conmutados y pueden ser distribuidos o centralizados.

Tabla 2.1 Relación entre el control de acceso al medio y el tipo de topología

Round Robin

Esta técnica es basada en darle a cada quien un turno para transmitir, durante este turno una estación puede declinar la transmisión o puede transmitir sujeto a un cierto límite. El control de esta técnica puede ser de modo distribuido o centralizado. Este tipo de control de acceso al medio es utilizado en las topologías en bus mediante token bus, y en las topologías en anillo mediante token ring.

Token Bus (Paso de testigo en bus)

En este caso se define un anillo lógico, es decir en bus, pero la topología lógica es en anillo. Las estaciones se organizan para saber de quién tiene que recibir el testigo y a quien se lo deben de enviar. Con este método de control se pueden implementar esquemas de transmisión determinísticos y con prioridades, fundamentales en algunas aplicaciones de monitorización y control de procesos industriales. Se utiliza sobre topología física.

Token Ring (Paso de testigo en anillo)

El testigo va pasando de estación a estación en una red con topología en anillo. La estación que desea transmitir espera la llegada del testigo, lo captura y comienza la transmisión. A su vez retira del anillo sus datos una vez que han circulado por el mismo. Al finalizar retransmite el testigo. Después de la recepción la estación copia los datos que pasan por ella y cambia algunos bits de redundancia con el fin de señalar al transmisor la recepción de los mismos.

Uno de los inconvenientes de este método es que, al llegar el token a la estación, regenera el mensaje antes de pasarlo a la siguiente estación. Esto origina una reducción en el rendimiento de la red, pero se asegura una transmisión exitosa. Desde la primera vez que se envía el mensaje.

Reservación

En esta técnica, el tiempo sobre el medio de transmisión es dividido dentro de ranuras (frames). Una estación que desea retransmitir, reserva ranuras futuras para un periodo indefinido. La reservación de las ranuras puede llevarse a cabo de una manera distribuida o centralizada.

Contención

En esta técnica todas las estaciones que desean transmitir información compiten por la utilización del medio de transmisión y en caso de que varias a la vez transmitan, provoca que la información se pierda en el canal por colisión de las señales procedentes de múltiples estaciones. Esta señal de colisión suele consistir en una sobre tensión de la línea, para la cual los dispositivos de transmisión han de estar preparados para no resultar dañados.

Este tipo de técnica se utiliza cuando varias estaciones pueden tener acceso a la vez al mismo medio de transmisión. Este es el caso de la topología física en bus con lógica también en bus. A los canales de difusión se les conoce como "canales de acceso aleatorio" o "canales de multiacceso" y se conocen muchos protocolos para solucionar el problema de las posibles colisiones. A continuación, se describen los métodos más utilizados.

Protocolos sin escucha

Son protocolos que no comprueban si el medio está siendo utilizado. Cuando una estación desea transmitir, pone o inserta directamente los mensajes en el canal, existiendo un tamaño máximo de información que se puede enviar. Si al cabo de mucho tiempo no ha recibido respuesta, supone que se ha producido una colisión y reenvía los datos. La idea original de estos protocolos procede del sistema ALOHA, diseñado por Norman Abramson y sus colaboradores, en 1970, para interconectar por radio las computadoras y terminales de las universidades de las islas Hawaiki. Si se hace un cálculo de la eficiencia de este sistema se obtiene que es del orden del 18%. Se han introducido mejoras a este esquema básico, por ejemplo la técnica denominada ALOHA_ranurado, que incorpora una referencia de tiempo para que las estaciones solamente puedan transmitir en los instantes predeterminados por la señal de reloj. Esta técnica disminuye la probabilidad de colisiones.

Protocolos con escucha

Estos protocolos, denominados en inglés CSMA («Carrier Sense Multiple Access») pertenecen a las dos capas más bajas del modelo OSI, capa física y capa de enlace de datos y definen cómo múltiples computadoras pueden usar simultáneamente la red sin interferir unas con otras.

El Proyecto IEEE 802, del que se hablará posteriormente, trabaja con las especificaciones de estas dos capas. El estándar 802 define con más detalle la capa de enlace de datos, para lo cual se divide en dos subcapas:

Logical Link Control (LLC) – Control de enlace lógico
Media Access Control (MAC) Control de Acceso al medio

➤ Subcapa LLC

Esta subcapa define el protocolo que asegura que los datos se transmitan de forma fiable a través del enlace de comunicaciones. El LLC suministra los siguientes servicios:

Servicio orientado a conexión en el cual se establece una sesión con un destino y se libera cuando se completa la transferencia de datos.

Servicio con conexión parecido al anterior, en el cual se confirma la recepción de los paquetes.

Servicio sin conexión, en el cual no se establece una conexión ni se confirma su recepción.

➤ Subcapa MAC

La subcapa de control de acceso al medio (Media Access Control) es la más baja de las dos subcapas (esta más cerca de la Capa Física), provee de acceso compartido a la capa física para todas las interfaces de red de las estaciones. La subcapa MAC se comunica directamente con la interfaz de red y es responsable de una comunicación libre de error entre dos estaciones en la red.

A estos protocolos se les denominan con escucha porque las estaciones pueden detectar si está libre o no el medio de transmisión e incluso pueden escuchar su propia señal después de la transmisión, para impedir o detectar colisiones. Así, si una estación desea transmitir, escucha el canal, y si está libre, envía los datos.

Este protocolo no garantiza que no se produzcan colisiones. Si t es el tiempo que tarda una trama en llegar al punto más alejado del origen, entonces el período vulnerable es $2t$. Si suponemos que una estación situada en un extremo de la red desea transmitir y encuentra el canal libre. Entonces empieza a enviar información. Si justo antes de que la trama llegue a la última estación en tiempo t , ésta se pone a transmitir, se producirá una colisión, que tardará un tiempo adicional t en alcanzar a la estación original. Así, la primera estación deberá escuchar el canal durante $t + t = 2t$. Transcurrido este tiempo, se garantiza que no se producirán colisiones.

A continuación se comentarán algunas modalidades de protocolos con escucha:

CSMA 1-persistente

Las estaciones antes de transmitir escuchan el canal y solamente si detectan que está libre, transmiten su trama.

En caso de que el canal esté ocupado esperan escuchando hasta que quede libre. De aquí el nombre de 1-persistente, porque la estación transmite con probabilidad 1, es decir, siempre que una estación desee transmitir, logrará hacerlo, pero es posible que no se haga con éxito, pues puede producirse una colisión. Si ocurriera una colisión la estación espera un tiempo aleatorio² y comienza de nuevo.

Este tipo de protocolos consigue una baja tasa de colisiones si hay pocas estaciones que deseen transmitir a la vez (baja carga). No es adecuado para redes con carga elevada, pues ocurrirá muchas veces que haya dos estaciones esperando a que el canal quede libre. En cuanto ocurra esto, enviarán sus datos simultáneamente, produciéndose inmediatamente después una colisión.

CSMA no persistente

Las estaciones antes de transmitir escuchan el canal y solamente si detectan que está libre transmiten su trama, como el caso anterior. En caso de que el canal, esté ocupado no siguen escuchando el canal sino que espera un tiempo aleatorio y comienza de nuevo.

De esta forma se pierde algo de tiempo cuando hay baja carga, pero reduce el número de colisiones cuando hay muchas estaciones deseando transmitir (alta carga). Visto de otra forma, cuando sólo una estación desea transmitir y encuentra el canal ocupado, tendrá que esperar un tiempo aleatorio, en principio mayor que el estrictamente necesario para que el canal quede libre. Así, se estará perdiendo tiempo. Sin embargo, si varias estaciones desean transmitir y encuentran el canal ocupado, esperarán un tiempo aleatorio (distintos entre sí), de forma que se evitará la colisión segura del protocolo 1-persistente.

CSMA p-persistente

Este protocolo se aplica a canales ranurados en los que hay una referencia de tiempo que comparten todas las estaciones, de tal forma que cada estación solamente puede comenzar la transmisión de la trama en instantes predeterminados. Cuando una estación detecta que el canal está libre aplica la siguiente regla: transmite con una probabilidad p y espera la siguiente ranura con una probabilidad de $q = 1 - p$. El proceso se repite hasta que la estación ha transmitido la trama u otra estación ha comenzado a transmitir, en cuyo caso se actúa como si hubiera sucedido una colisión. Se espera un tiempo aleatorio y se comienza de nuevo.

² La aleatoriedad del tiempo se incrementa de forma *binaria exponencial*. A este proceso de detenerse y volver a intentar se le llama **Backoff**. El Backoff es realizado 6 veces y si no se logra transmitir el paquete, el envío se descarta. Por esto en Ethernet puede existir pérdida de paquetes.

CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection)

Aquí, la variación respecto al CSMA es que las estaciones abortan la transmisión tan pronto como detectan una colisión. Con un sistema CSMA/CD, se supone que las colisiones son una incidencia operacional normal. El CSMA/CD está basado en el concepto: "escuchar antes de hablar" (listen before talking). Significa que antes de que la estación transmita, toma un momento para verificar que nadie más está usando (escuchando) el canal de comunicación. De otra manera, espera un tiempo y vuelve a revisar si la red está libre. El método no es el más seguro, ya que si dos estaciones "escuchan" y transmiten al mismo tiempo, los mensajes chocarán (hay una colisión) y los datos se perderán. Para compensar esta dificultad, las estaciones volverán a transmitir si descubren que los datos no se recibieron de forma correcta. En los protocolos anteriores, si se empieza a transmitir no se para, aunque se produzca colisión, ya que ésta no es detectada. Cuando pasa un tiempo sin recibir respuesta, considera que se ha producido colisión, transmiten una señal especial denominada «jamming» para asegurar que las demás estaciones detectan también la colisión.

Para garantizar que se detecta la colisión durante la transmisión de la trama, se debe cumplir que el tiempo de transmisión de la trama t_t ha de ser mayor que el máximo retardo de la señal por el medio de transmisión (el tiempo de propagación entre las estaciones más alejadas de la red), es decir, $t_t \geq 2 t_d$. Luego siempre que se aplique este protocolo hay que tener en cuenta este compromiso entre longitud de la trama y longitud del medio de transmisión.

CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance)

Aquí la variación respecto al caso anterior es que se trata de evitar colisiones avisando, mediante la transmisión de una trama corta (ráfaga de portadora), a las demás estaciones que se va a transmitir. Cualquier estación al escuchar esta ráfaga no debe intentar transmitir hasta después de que suceda la transmisión de la correspondiente trama anunciada por la ráfaga. A pesar de todo, se pueden producir colisiones al enviar la ráfaga de portadora (cuando varias estaciones desean transmitir a la vez e intentan avisar a las demás).

2 ESTÁNDARES DE REDES**2.1 Estándares del IEEE**

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) desarrolló una serie de estándares conocidos como IEEE 802.x para redes de área local. Estos estándares fueron adoptados por ISO.

El estándar IEEE 802.x está integrado por varios subcomités que están organizados de la siguiente manera:

- 2.1 Interfaces de redes de alto nivel y puentes MAC (HLI, High Level Interface)
- 2.2 Control de enlace lógico (LLC, Logical Link Control)
- 2.3 Acceso múltiple con detección de portadora y detección de colisiones (CSMA/CD, Carrier Sense Multiple Access with Collision Detect)
- 2.4 Token Bus
- 2.5 Token Ring
- 2.6 Redes de área metropolitana (MAN, Metropolitan Area Networks)
- 2.7 Grupo asesor para técnicas de banda ancha (Broadband Technical Advisory Group)
- 2.8 Grupo asesor para técnicas de fibra óptica (Fiber Optic Technical Advisory Group)
- 2.9 Redes integradas por voz y video (Integrated Data and Voice Networks)

- 802.10 Seguridad de red (LAN Security)
- 802.11 Redes inalámbricas (wireless LANs)
- 802.12 LAN de acceso de prioridad por demanda (100VG Anylan)
- 802.14 Cable de T.V.
- 802.15 Redes Inalámbricas de área personal (Wireless Personal Area Networks)

Estos estándares cubren la capa física y la capa de enlace de datos del modelo de referencia OSI.

2.2.2 IEEE 802.1 Interfaces de redes de alto nivel y puentes MAC

El estándar 802.1 es una introducción del grupo de estándares 802.x de redes de área local y define las primitivas de la interfaz, en las que se incluyen: el sistema de direcciones, administración de las redes y puentes.

Sistema de direcciones del IEEE 802

Una red local al ser multipunto hace que cada estación conectada en la red examine cada paquete que se transmite en esta por lo que es necesario que cada paquete que se transmita contenga un campo con la dirección de la estación destino y otro campo con la dirección de la estación fuente.

El subcomité 802.1 hizo la estandarización del sistema de direcciones para redes locales en el que se estableció una longitud de 48 bits (el rango de una dirección entera, 6 octetos) para cada dirección, que es suficiente como un identificador global único para cada dispositivo de red. Basándose en lo anterior, cada dispositivo de red tiene una dirección física única que es asignada por el fabricante en el momento de su fabricación. Esta dirección además de conocerse como dirección física también se le conoce como dirección de hardware o dirección MAC (Media Access Control).

Actualmente la organización IEEE se encarga de la administración universal para la asignación y manejo de rango de direcciones. Cuando un fabricante desea fabricar equipo que se comunicará en red primero debe hacer una petición para obtener un bloque de direcciones, cada bloque consta de 2^{24} direcciones, o sea 24 bits.

Al fabricante se le asignan tres octetos de valor fijo (24 bits), este bloque de valor fijo de direcciones es referido también dentro de la industria como código del vendedor u OUI (Organizationally Unique Identifier). Los tres octetos restantes (24 bits) son asignados por el fabricante para cada uno de sus productos.

En la actualidad los 24 bits de valor fijo (OUI) tienen una estructura adicional que consta de dos bits de control. El primer bit de control representa un grupo/individual. Si el bit es cero la dirección se refiere a una estación particular o individual, o bien si el bit es 1, la dirección es referida a un grupo lógico de estaciones que necesita mayor resolución.

El segundo bit es el bit universal/local. Si el bit es 0, quiere decir que la dirección fue establecida por la autoridad administrativa universal (significa que los siguientes 22 bits fueron asignados por el IEEE). Si el segundo bit tiene valor de 1, el campo OUI fue asignado en forma local. Como conclusión la autoridad global asigna 22 bits de valor fijo, un bit para indicar grupo/individual y un bit para indicar universal/local. En la siguiente figura se muestra el direccionamiento del IEEE 802.

bits fijos (OUI)

I/G	U/L	Dirección asignada por el IEEE	Dirección física asignada por el fabricante
1 bit	1 bit	22 bits	24 bits
I/G = 0 individual I/G = 1 grupo	U/L = 0 universal U/L = 1 local		

Figura 2 1 Esquema de direccionamiento del IEEE 802

En el caso en que un fabricante se quedara sin direcciones físicas, el IEEE tiene la capacidad de asignarle un segundo identificador OUI.

Direcciones multicast y broadcast

Una dirección multicast permite que un solo paquete sea recibido por un grupo seleccionado de estaciones. El programa de red puede establecer que la configuración de la interfaz de red de una estación escuche una dirección específica de multicast. Esto hace posible que un conjunto de estaciones sean asignadas a un grupo multicast el cual se le ha asignado una dirección multicast específica. Un solo paquete enviado a la dirección multicast asignada a este grupo será recibido por todas las estaciones en dicho grupo.

Hay otro caso de dirección multicast llamada broadcast o de difusión. En esta dirección los 48 bits son establecidos en el valor 1. Todas las interfaces Ethernet que verifiquen un paquete con esta dirección destino, lo leerán y lo entregarán al programa de la capa de red de la estación.

IEEE 802.1A

Este subcomité se encarga de proveer una arquitectura con manejo en red consistente con el modelo OSI.

IEEE 802.1B

Este subcomité desarrolla protocolos de manejo y administración de redes del tipo LAN y MAN (Metropolitan Area Networks). Estos estándares tienen como objetivo ser complementos para los estándares de administración de sistemas referidos en OSI, tales como SNMP (Simple Network Management Protocol) y CMIP (Common Management Information Protocol).

IEEE 802.1D

En este subcomité se define el estándar para el encaminamiento por medio de puentes (bridges) bajo consideración del IEEE. Este encaminamiento es distribuido sobre múltiples redes LAN conectadas a través de estos dispositivos. Este estándar ha adoptado el algoritmo de enrutamiento "Spanning tree" que se utiliza en puentes para redes locales de tipo Ethernet

IEEE 802.1G

El subcomité 802.1G ha trabajado en el desarrollo de un estándar para el encaminamiento de puentes remotos (remote bridges) en redes de área amplia WANs (Wide Area Networks). Se adoptó el algoritmo de encaminamiento "Spanning tree" que es utilizado en redes de área local como se mencionó en el estándar 802.1D.

2.2.3 El IEEE y la capa de enlace de datos del modelo OSI

Los protocolos que operan al nivel de la capa de enlace de datos del modelo de referencia OSI, se encargan de que la transmisión de las tramas de información sea eficaz y sin errores entre dos estaciones adyacentes, es decir, entre estaciones sin nodos de conmutación intermedios. Las funciones de la capa de enlace consisten en el control de flujo de datos entre un nodo emisor y un nodo receptor realizando una sincronización lógica en su comunicación además de controlar y detectar errores en la secuencia de los paquetes de datos obtenidos por el nodo receptor.

El estándar IEEE divide el nivel de la capa de enlace de datos en dos subcapas: La capa Control de Acceso al Medio MAC (subcomités 802.3, 802.4, 802.5 y 802.12) y la capa nivel Control Lógico de Enlace LLC (subcomité 802.2)³.

Las funciones asociadas en el nivel de enlace de datos para realizar la transmisión y recepción entre estaciones conectadas a una red local son:

- Proveer uno o más puntos de acceso a servicio SAP (Service Access Point) para soportar la característica de multiacceso del enlace.
- Realizar ciertas funciones que le corresponden a la capa 3 del modelo OSI referido como la capa de red.
- En la transmisión, lleva a cabo el ensamblado de datos dentro de un paquete con los campos correspondientes a las direcciones⁴ y el método CRC para detección de errores.
- En la recepción, lleva a cabo el desensamblado del paquete, desarrollando el reconocimiento de las direcciones y la validación con el método de detección de errores CRC.
- Debe administrar el acceso al medio compartido de las redes locales para llevar a cabo la transmisión.

Las dos primeras funciones son desarrolladas por la subcapa LLC, las últimas tres son desarrolladas por la subcapa de control de acceso al medio MAC. Esta subdivisión en la capa de nivel de enlace tiene dos razones:

Se satisface la lógica requerida para administrar el acceso al medio compartido para redes multipunto, las cuales no se contemplan en el nivel de enlace de datos tradicional. La subcapa LLC sirve como interfaz para los protocolos de las capas superiores (principalmente la capa de red) logrando con esto aislar niveles superiores de las acciones específicas llevadas a cabo por la subcapa MAC, como es el control de acceso al medio. De esta forma se tiene el uso de una misma subcapa LLC para varias opciones a escoger de la subcapa MAC (802.3, 802.4, 802.5 y 802.12) logrando así una mayor flexibilidad de los niveles inferiores del modelo OSI y además de poder soportar diversas opciones de pilas de protocolos en las capas superiores. Dentro de los estándares definidos por el IEEE también se han definido las características para el nivel físico como son:

- Tipo de medio para las respectivas topologías que soportan las diferentes opciones de subcapa de MAC⁵.
- Transmisión y recepción de bits
- Codificación y decodificación de señales
- Preámbulo de generación y remoción (para la sincronización), etc.

³ Estas subcapas que se establecen dentro de la capa de enlace no se toman en consideración en el tradicional modelo de referencia OSI.

⁴ Los campos de direcciones fuente y destino se llevan a cabo en la subcapa MAC de la capa de enlace. De esta manera cada subcomité [802.3, 802.4 y 802.5] puede definir sus direcciones de manera independiente a la subcapa LLC.

⁵ Es importante señalar que en el modelo de referencia OSI no se hace referencia de ningún tipo de medio físico.

En la siguiente figura se muestran los protocolos del IEEE para redes LAN en las capas inferiores modelo de referencia OSI.

SAP						Subcapa LLC	LLC: Control de Enlace Lógico MAC: Control de Acceso al Medio
802.2 tipo 1, tipo 2 y tipo 3							
MSAP	MSAP	MSAP	MSAP	MSAP	MSAP	Subcapa MAC Capa de Enlace de Datos	LSAP: LLC Punto de Acceso al Servicio MSAP: MAC Punto de Acceso al Servicio PSAP: Punto de Acceso Físico PHY: Medio Físico Tipo 1 servicio sin conexión Tipo 2 servicio orientado a conexión Tipo 3 servicio con conexión
802.3 CSMA/CD Ethernet y Fast Ethernet	802.4 Token Bus	802.5 Token Ring	802.6 Redes de Área Metropol itana (MAN)	802.9 Redes Integrales (IVD) Voz/datos	802.12 100VG AnyLAN		
PSAP	PSAP	PSAP	PSAP	PSAP	PSAP		
PHY	PHY	PHY	PHY	PHY	PHY	Capa Física	

Figura 2.2. Protocolos de redes LAN del IEEE

En la figura anterior se puede observar la división MAC - LLC en la capa de enlace, brindando con esto varias ventajas, como el controlar el acceso al canal compartido entre los dispositivos (subcapa MAC) además de tener un esquema descentralizado que reduce la susceptibilidad de errores en la red. Por último, brinda una interfaz más compatible con las redes de área amplia (WAN), partiendo de la idea de que el LLC es un subconjunto del protocolo HDLC. LLC es independiente de un método de acceso al medio, mientras que la MAC es un protocolo específico dependiente del diseño. El resultado de esta división hace más fácil el diseño de las redes al proveer una interfaz con mayor flexibilidad para las redes locales.

4 IEEE 802.2 Control de Enlace Lógico (LLC, Logical Link Control)

El estándar 802.2 fue creado por el IEEE con el fin de desarrollar un protocolo de enlace de datos que realice las tareas de control de errores y control de flujo. Este protocolo puede operar encima de los protocolos LAN y MAN 802. Otra característica importante es que puede esconder las diferencias entre los distintos tipos de redes 802, de tal manera que puede proporcionar un formato de paquete y una interfaz con la capa de red⁶. En la siguiente figura se muestra el LLC como parte superior de la capa de enlace, con la subcapa MAC por debajo de él.

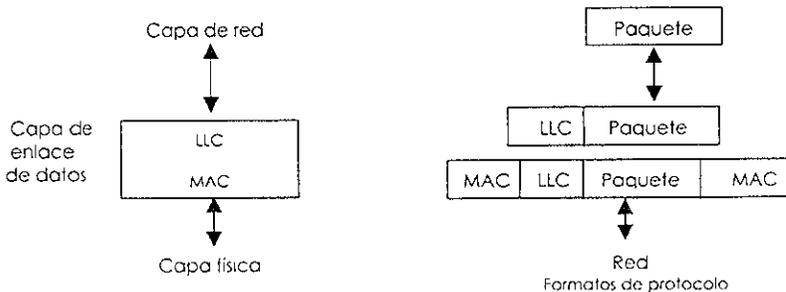


Figura 2.3 Posición del LLC

⁶ El formato de interfaz y protocolo están basados estrechamente en el modelo OSI

Normalmente el protocolo LLC se utiliza de la siguiente manera: La capa de red de la estación que transmite datos pasa un paquete al LLC usando las interfases de acceso al LLC llamadas LSAPs (link service access points). La subcapa LLC entonces agrega una cabecera LLC que contiene los números de secuencia y acuse. La estructura resultante se introduce entonces en el campo de carga útil de una trama 802.x y se transmite. En el receptor ocurre el proceso inverso.

El protocolo LLC proporciona tres opciones de servicio⁸: servicio sin conexión sin reconocimiento (unacknowledge connectionless service), servicio sin conexión con reconocimiento (acknowledged connectionless service) y servicio confiable orientado a conexión.

- **Servicio sin conexión sin reconocimiento.** Este es un servicio de datagrama que únicamente permite el envío y recepción de paquetes LLC sin ninguna forma de reconocimiento (acknowledge) que asegure la entrega. Esto es debido a que cada paquete lleva la información completa de la dirección fuente y destino. No hay manera de garantizar que los paquetes llegaron intactos o en el orden adecuado. Este servicio soporta transmisiones punto a punto, multipunto y broadcast.
- **Servicio sin conexión con reconocimiento.** Este es un servicio sin conexión, pero con reconocimiento, es decir, se tiene un mecanismo por el cual cada usuario puede enviar una unidad de datos y recibir un reconocimiento (acknowledgement) de que todos los datos fueron entregados sin la necesidad de establecer una conexión lógica. En estos procesos también se lleva a cabo la corrección de datos erróneos retransmitiendo los paquetes que contienen dichos datos, esto libera a los niveles superiores de esta tarea. Este servicio soporta transferencias punto a punto.
- **Servicio orientado a conexión.** Este servicio establece un estilo de conexión de circuito virtual entre LSAP's. Con esto provee una medida por la cual un usuario puede hacer una petición o ser notificado del establecimiento o terminación de una conexión lógica. El servicio orientado a conexión también provee un control de flujo, funciones de secuencia, y control de errores. Este servicio incluye un conjunto de primitivas de petición, indicación, respuesta y confirmación para establecer una conexión lógica entre LSAP's, una vez que una conexión es establecida, los bloques de datos son intercambiados garantizando que todos estos serán entregados debido a la conexión lógica existente y no existe la necesidad de un reconocimiento (acknowledgement) de cada bloque de datos. El control de flujo puede ser controlado en cualquier dirección. Este servicio soporta direccionamiento punto a punto.

Funciones de la capa de red realizadas por el nivel de enlace de datos de redes LAN

Las redes de área local al ser multipunto, no cuentan con nodos de conmutación intermedia por lo que hace que no se requiera del nivel 3 del modelo de referencia OSI (capa de red) ya que las funciones esenciales de dicho nivel pueden ser incorporadas dentro del nivel 2 (capa de enlace) como son:

- a) Servicio sin conexión (Connectionless). Este es un servicio que no requiere establecer una conexión lógica para optimizar el soporte de tráfico altamente interactivo.
- b) Servicio orientado a conexión.
- c) Servicio de Multiplexaje. Comúnmente, un solo enlace físico une una estación a la red local, esto deberá de ser posible para proveer transferencia de datos con múltiples puntos terminales/finales sobre el enlace.

⁷ LSAP son direcciones de enlace de datos lógicas para puntos de acceso. Una sola dirección MAC puede tener múltiples direcciones LSAP. Estas múltiples direcciones habilitan múltiples conexiones punto-final (end-point) entre dos nodos de una red local.

⁸ Esta especificación de los tres tipos de servicios fue el resultado de permitir al protocolo LLC ser utilizado para soportar los diversos requerimientos de los usuarios.

Estas tres funciones mencionadas son llevadas a cabo por el nivel 2 del modelo OSI debido a que requiere llevar a cabo un enrutamiento en las redes locales.

El nivel 2 también lleva a cabo la tarea de multicast y broadcast. El nivel de enlace deberá tener un servicio para enviar un mensaje a múltiples estaciones y de esta manera tomar ventaja de la naturaleza de acceso múltiple de una red local.

5 IEEE 802.3 Estandarización de la tecnología Ethernet CSMA/CD

El estándar IEEE 802.3 es para una red de área local con el protocolo CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detect), cuando una estación quiere transmitir, escucha el cable. Si el cable está ocupado, la estación espera hasta que se desocupa; de otra manera, transmite de inmediato. Si dos o más estaciones comienzan a transmitir simultáneamente por un cable inactivo, habrá una colisión. Cuando las estaciones en colisión terminan entonces su transmisión, esperan un tiempo aleatorio y repiten una vez más el proceso.

La tecnología Ethernet⁹ es también llamada red de bus CSMA/CD. El método de control de acceso al medio y el formato del paquete Ethernet es idéntico para todas las variedades de velocidad en las que ellos operan y los medios soportados por Ethernet.

Cableado del 802.3 (Ethernet)

El nombre Ethernet¹⁰ hace referencia al cable. Cada estación equipada con Ethernet, opera de manera independiente de todas las demás estaciones sobre la red, es decir, no existe un controlador central. Todas las estaciones unidas en un sistema Ethernet son conectadas a un sistema de señal compartido, también llamado bus o backbone. Las señales Ethernet son transmitidas de forma serial, un bit a la vez sobre el canal de señal compartido, el cual es recibido por cada estación conectada al bus. El acceso al canal compartido es determinado por un método de control de acceso (MAC) basado a cabo en cada interfaz Ethernet localizado en cada estación. Ethernet ocupa el mecanismo de control de acceso al medio llamado CSMA/CD. Comúnmente se utilizan cinco tipos de cableado, como lo muestra la siguiente tabla

	10Base5 ¹¹	10Base2	10BaseT	10BaseF
Medio de Transmisión	Coaxial grueso	Coaxial delgado	Par trenzado (UTP)	Fibra óptica
Diámetro del cable (mm)	10	5	0.4-0.6 (22-26 AWG)	
Tasa de transmisión de datos (Mbps)	10	10	10	10
Segmento máximo	500	200	100	2000
Técnica de señal utilizada	Baseband manchester	Baseband manchester	Baseband manchester	Baseband manchester
Nodos por segmento	100	30	1024	1024
Ventajas	Buena para backbone	Sistema económico	Fácil mantenimiento	Mejor entre edificios

Tabla 2.2. Los tipos de medios más comunes en LANs 802.3

⁹ Mucha gente usa incorrectamente el nombre "Ethernet" en un sentido genérico para referirse a los protocolos CSMA/CD. Cuando en realidad se refiere a un producto específico que casi implementa el 802.3 Ethernet por el éter luminifero a través del cual alguna vez se pensó que se propagaba la radiación electromagnética. Este comité desarrolló una notación para el reconocimiento de la tecnología utilizada: [Medio de transmisión][Método de señal][Máxima longitud por segmento en cientos de metros]

10Base5

El cable 10Base5 es comúnmente llamado "Ethernet grueso", esta especificación es el estándar 802.3 original. La primera etiqueta, "10", especifica la velocidad a la que opera el medio (10Mbps), la palabra "Base" se entiende por "Baseband", únicamente las señales Ethernet son transmitidas en el medio de comunicación (bus). La última etiqueta, "5", indica que la máxima longitud permitida en segmentos individuales de cable coaxial grueso es de 500 m con un máximo de 100 nodos por segmento.

La longitud de la red puede ser extendida utilizando repetidores. El estándar permite un máximo de cuatro repetidores entre la ruta de dos nodos cualquiera, extendiendo la ruta efectiva de la red a una longitud de 2.5 km. La conexión se hace por medio de una unidad llamada MAU (Medium Attachment Unit) conocido técnicamente como transceiver en el original estándar de Ethernet. Se le da este nombre debido a que recibe y transmite señales entre el medio Ethernet de segmento de red y la interfaz Ethernet.

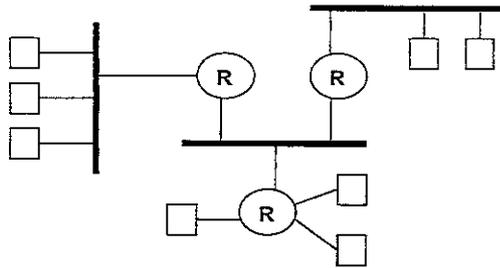


Figura 2.4 Configuración de una red Ethernet

10Base2

El segundo tipo de cable es el 10Base2 o "Ethernet delgado". El 2 es el valor redondeado de 185 m, como longitud máxima de segmentos individuales de cable 10Base2. Las conexiones se hacen usando conectores BNC estándar de la industria para formar uniones T, en lugar de usar derivaciones vampiro. El Ethernet delgado es mucho más barato y más fácil de instalar, pero solo puede extenderse 200 metros con un máximo de 30 nodos por segmento de cable. La versión de 10Base2 es también conocida como Cheapernet.

10BaseT

Los problemas asociados con la localización de rupturas en el cable coaxial han llevado a un patrón de alambrado distinto, en la que todas las estaciones tienen alambres que conducen a un concentrador (hub) central. Generalmente, estos alambres son cables telefónicos en pares trenzados. Este esquema es conocido como 10BaseT, en la que se especifica una versión de operación con cable par trenzado sin blindar UTP operando a 10Mbps utilizando un alambrado de estrella o una topología de concentrador.

Las estaciones conectadas punto a punto al repetidor multipuertos lo hacen por medio de dos pares de par trenzado, cada par de alambres forma un segmento de enlace, uno de transmisión y otro de recepción. La tasa de transmisión de datos es de 10Mbps utilizando codificación Manchester.

Con 10BaseT no hay cable en absoluto, solo el concentrador (hub). Agregar o remover estaciones es sencillo con esta configuración, y las rupturas del cable pueden detectarse con mayor facilidad. La desventaja de 10BaseT es que la longitud máxima del cable es de únicamente 100 metros y hasta 150 metros si es utilizado un par trenzado de mayor calidad (categoría 5). Como una

nativa, un enlace de fibra óptica puede ser utilizado. En este caso, la longitud máxima es de 500 metros.

En el sistema 10BaseT, todos los repetidores multipuertos funcionan de la misma manera como un repetidor ordinario de los sistemas 10Base5 y 10Base2. Una ventaja de utilizar repetidores y el uso de un modo de transmisión de datos a 10Mbps es que el sistema 10BaseT puede ser mezclado con los sistemas 10Base5 y 10Base2.

Existen dos reglas de configuración para más de un concentrador conectado a una red Ethernet, las cuales son: Un máximo de cuatro concentradores en la ruta de envío de datos entre dos estaciones cualesquiera conectadas en la red, y los segmentos del cable UTP no deberán exceder la longitud de 100 metros.

Se consideran cinco segmentos de cable y un conjunto de cuatro repetidores como una ruta de transmisión máxima entre dos estaciones cualquiera. Un segmento es uno de los dos siguientes: un segmento de enlace punto a punto o un segmento coaxial 10Base2 o 10Base5. El número máximo de segmentos de cable coaxial en una ruta es de tres segmentos.

10BaseF

Una opción de cableado en el 802.3 es 10BaseF, que usa fibra óptica para redes Ethernet, la cual es un uso frecuente para cubrir largas distancias (hasta 2 km. entre repetidores). Es también de uso común para cableado (backbone) entre edificios. Esta alternativa resulta costosa debido al alto costo de los terminadores y conectores (es difícil que se llegue a instalar para la conexión directa entre las estaciones por el alto costo que representa el cableado con fibra óptica).

10BaseF utiliza la transmisión de datos por medio de pulsos de luz y no por medio de corriente eléctrica, lo que implica que tiene una excelente inmunidad contra el ruido. Mientras que el equipo Ethernet usado en segmentos de medio metálico tiene solamente protección de circuitos diseñado para riesgos eléctricos internos, el medio de la fibra óptica es totalmente no conductivo. Este completo aislamiento eléctrico provee inmunidad para un mayor número de riesgos eléctricos, evitando el efecto llamado "lighting strikes", de los diferentes niveles de corriente de tierra eléctrica que pueden ser encontrados en la conexión de instalaciones separadas.

Las ventajas que también se presentan con 10BaseF es la enorme distancia a la que puede extenderse un segmento de fibra óptica (2000 metros), además de que soporta velocidades de transmisión mayores de 10Mbps, por lo que la actualización de todo el sistema de cableado para alcanzar velocidades de transmisión mayores, no es necesario cambiar el esquema de cableado del backbone de fibra óptica o el cableado basado en ésta.

Estándares 10BaseF y FOIRL

Un enlace entre segmentos comúnmente se hace con el medio de fibra óptica. Existen dos tipos de enlace entre segmentos con fibra óptica, el segmento original Fiber Optic Inter-Repeater Link (FOIRL) y el segmento 10BaseFL. La especificación original FOIRL establece un segmento de hasta un kilómetro de distancia entre dos repetidores únicamente.

El conjunto de estándares conocidos como 10BaseF, incluyen especificaciones para un segmento de enlace con fibra óptica que permite conectar directamente a estaciones. Este conjunto completo de especificaciones 10BaseF incluye tres tipos de segmentos:

- **10BaseFL.** Este estándar reemplaza las anteriores especificaciones FOIRL, y fue diseñado para inter operar con el equipo basado en FOIRL existente. 10BaseFL establece un segmento de enlace de fibra óptica de hasta dos kilómetros de longitud, previendo que

solamente equipo 10BaseFL sea utilizado en el segmento. Si se combinan 10BaseFL con equipo basado en FOIRL, entonces la longitud máxima disminuye a un kilómetro por segmento. Un segmento 10BaseFL puede ser conectado entre dos estaciones, dos repetidores o entre una estación y un puerto de repetidor.

- **10BaseFB.** Este estándar describe un segmento de cableado principal (backbone) de señal síncrona que permite que el límite de número de repetidores que pueden ser usados en un sistema Ethernet a 10Mbps pueda ser excedido. Típicamente los enlaces 10BaseFB realizan la conexión entre concentradores repetidores, y son usados para enlazar concentradores repetidores de señal síncrona 10BaseFB especiales, juntos en un sistema de cableado principal (backbone) repetido que puede expandirse hasta dos kilómetros de longitud.
- **10BaseFP¹².** El sistema de fibra pasiva establece un conjunto de especificaciones para un segmento combinado de fibra óptica que enlaza múltiples estaciones sobre un sistema de medio de fibra sin el uso de repetidores. Los segmentos 10BaseFP pueden alcanzar hasta 500 metros de longitud. El uso de un solo empalme en estrella pasiva de 10BaseFP puede enlazar hasta 33 estaciones.

Extensión de redes Ethernet con concentradores

Para lograr expandir una red Ethernet, los distribuidores de dispositivos de interconexión ofrecen los concentradores (hub) los cuales cuentan con múltiples puertos Ethernet. Un concentrador se establece como el elemento central en el sistema de cableado en bus de manera interna. Hay dos clases principales de concentradores: concentradores repetidores y concentradores conmutadores.

Cada puerto de un concentrador repetidor realiza una conexión individual de segmento de medio Ethernet, la estructura del concentrador une estos enlaces individuales para crear una gran red que opera como una sola red de área local Ethernet. Todos los segmentos y repetidores en la red LAN Ethernet deberán conocer las especificaciones del tiempo de viaje redondo de una señal (RTT). Los concentradores conmutadores establecen un esquema de conmutación de paquete típicamente basado en un esquema de puertos de puente.

Lo importante de cada puerto de un concentrador conmutador es que cada uno establece una conexión a un sistema de medio Ethernet que opera como una red Ethernet separada independiente de las otras (un dominio de colisión por cada puerto, es decir, cada puerto tiene un ancho de banda de 10Mbps). La diferencia con un concentrador repetidor es que este combina puertos individuales como segmentos, al combinar segmentos conjuntamente para crear una sola LAN extensa (todo el esquema del concentrador repetidor es un dominio de colisión, es decir, todo el esquema del concentrador repetidor con todos los segmentos que une y comparte el ancho de banda de 10Mbps.). Un concentrador conmutador hace posible la división de un conjunto de sistemas de cableado Ethernet dentro de múltiples LANs que son enlazadas por medio de los componentes electrónicos de conmutación de paquetes dentro del concentrador. Las reglas de tiempo de viaje redondo (RTT) para cada LAN llegan hasta el puerto del concentrador conmutador lo cual permite enlazar un gran número de redes LAN Ethernet individuales como una sola.

Mientras que una red LAN Ethernet individual puede generalmente soportar algunas docenas de estaciones, el sistema total de redes LAN Ethernet enlazado por medio del mecanismo de conmutación de paquetes puede soportar varios miles de cientos de estaciones.

IEEE 802.3u Ethernet Rápido (Fast Ethernet)

Este es un agregado del estándar 802.3, el concepto de Ethernet Rápido (Fast Ethernet) es el de mantener todos los formatos de paquetes, interfases y reglas de procedimiento de Ethernet, simplemente reducir el tiempo de bit de 100nseg a 10nseg, logrando con esto una velocidad de

¹² Este sistema no ha sido ampliamente adoptado desde su creación y el equipo no está disponible por distribuidores.

transmisión de 100Mbps. Se especifican tres tipos de medios para la transmisión de señales Fast Ethernet, los cuales se presentan en la siguiente tabla:

	100BaseT4	100BaseTX	100BaseF
Medio de Transmisión	Par trenzado (UTP) categoría 3,4 y 5	Par trenzado (UTP o STP) categoría 5	Fibra Óptica 2 fibras de 62.5/125 micrones multimodo
Tasa de transmisión de datos (Mbps)	100	100	100
Características principales	Para voz o grado de datos (Half dúplex)	Para datos (Half o Full dúplex)	Half o Full dúplex
Segmento máximo	100 m	100 m	2000 m
Ventajas	Usa UTP categoría 3	Dúplex Integral a 100Mbps	Dúplex integral a 100Mbps; soporta tramos grandes

Tabla 2.3 Medios de Transmisión para Fast Ethernet

El esquema UTP categoría 3, llamado 100BaseT4, usa una velocidad de señalización de 25Mhz, o 25% más rápida que los 20Mhz del estándar 802.3. La etiqueta 100 es por la velocidad de transmisión de 100Mbps. Base se entiende por una señal banda base y la tercera etiqueta es un identificador del tipo de segmento. El tipo de segmento "T4" es un par trenzado que utiliza cuatro pares trenzados, un par va al concentrador, uno más viene del concentrador y los otros dos son inmutables a la dirección actual de transmisión. Para la transmisión de datos no se utiliza codificación Manchester, se envían señales ternarias con tres pares trenzados en la dirección de transmisión, puede transmitirse cualquiera de 27 símbolos, posibilitando el envío de 4 bits con redundancia. La transmisión de 4 bits en cada uno de los 25 millones de ciclos de reloj por segundo da los 100Mbps necesarios; este esquema es conocido como 8B6T (mapa de 8 bits a 6 ternas).

En el esquema 100BaseTX, los alambres pueden manejar tasas de reloj de hasta 125Mhz o más. El tipo de segmento "TX" es un par trenzado que utiliza dos pares trenzados por estación, uno al concentrador y uno propio. Se utiliza un esquema de codificación llamado 4B5B a 125Mhz. Cada grupo de cinco periodos de reloj se usa para enviar 4 bits a fin de tener cierta redundancia, proporcionar suficientes transiciones para permitir una fácil sincronización de los relojes, crear patrones únicos para delimitar paquetes y ser compatible con la FDDI en la capa física. El sistema 100BaseTX es un sistema dúplex integral, las estaciones pueden transmitir a 100Mbps y recibir a 100Mbps al mismo tiempo. El esquema 100BaseF utiliza dos hilos de fibra óptica multimodo, uno para transmitir y otro para recibir, por lo que se considera también un sistema dúplex integral con 100Mbps en cada dirección.

IEEE 802.3z Gigabit Ethernet

Este es un agregado al estándar 802.3, donde se especifica la versión mas reciente de Ethernet, Gigabit Ethernet, la cual ofrece un ancho de banda real de 1000Mbps (1Gbps), que es cien veces más rápido que el Ethernet original. Gigabit Ethernet mantiene todos los formatos de paquetes, interfases y reglas de procedimiento de Ethernet.

La capa física de Gigabit Ethernet es una mezcla de tecnologías comprobadas para el Ethernet original (802.3) y el ANSI X3T11 Especificación de Canal de Fibra. Gigabit Ethernet soporta cuatro tipos de medios definidos en el estándar 802.3ab (1000Base-T) y el 802.3z (1000Base-X). El medio 1000BaseX esta basado en la Capa física del Canal de Fibra el cual es una tecnología de

interconexión en estaciones de trabajo, supercomputadoras, dispositivos de almacenamiento y periféricos. El Canal de Fibra tiene 4 capas de arquitectura. Las dos más bajas capas FC-0 (Interface y media) y FC-1 (Codificación/Decodificación) son usadas en Gigabit Ethernet. Los tres tipos de medio especificados en 1000BaseX son:

- 1000Base-SX 850nm láser en fibra multimodo.
- 1000Base-LX 1300nm láser en fibra modo simple y multimodo.
- 1000Base-CX Short haul copper "twinax" STP cable.

En la siguiente tabla se presentan las distancias que soportan los tipos de medio 1000BaseX:

Tipo de medio	Distancia
Fibra modo simple (9micron)	300m. Utilizando 1300nm láser (LX)
Fibra multimodo (62.5micron)	300m. Utilizando 850nm láser (SX) 550m. Utilizando 1300nm láser (LX)
Fibra multimodo (50micron)	550m. Utilizando 850nm láser (SX) 550m. Utilizando 1300nm láser (LX)
Short Haul Copper	25m.

Tabla 2.4 Tipos de medios para 1000BaseX y distancias

Para 1000BaseT el tipo de medio es par trenzado sin blindar (UTP) Long Haul Cooper (cuatro pares de UTP categoría 5) que soporta una distancia de 100 metros.

2.2.6 IEEE 802.4 Token Bus

El estándar 802.4 describe una red de área local llamada token bus (bus de ficha). El token bus es físicamente un cable lineal o en forma de árbol al que se conectan las estaciones. Las estaciones están organizadas lógicamente en forma de anillo, donde cada estación conoce la dirección de las estaciones en sus extremos de conexión. Cuando se inicializa el anillo lógico, una estación puede enviar el primer paquete. Al término de esto, pasa el permiso a su vecino inmediato enviándole un paquete de control especial llamado token (testigo). El testigo se propaga alrededor del anillo lógico, teniendo permiso de envío de paquetes aquel que tenga el testigo. Debido a que únicamente una estación puede enviar paquetes a la vez, no existen colisiones. Una característica importante de una red token bus es que no importa el orden físico en que están conectadas las estaciones en la red debido a que el cable es inherentemente un medio de difusión, todas las estaciones reciben todos los paquetes descartando aquellos que no sean dirigidos a ellas.

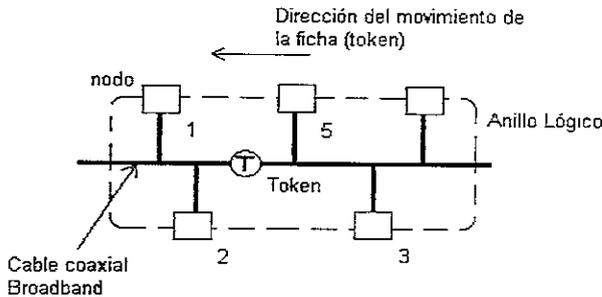


Figura 2.5 Token Bus

Normalmente en la implementación de una red token bus se utiliza cable coaxial de 75 Ohms como medio de transmisión el cual opera en modo broadband o un modo de baseband modificado conocido como carrierband¹³.

Al igual que el baseband el carrierband utiliza todo el ancho de banda del cable en una transmisión, la diferencia es que el modo carrierband modula los datos antes de ser transmitidos. En la capa física, el estándar Token Bus¹⁴ especifica tres opciones:

- Sistema Broadband. Este sistema soporta canales de datos a 1, 5 y 10Mbps con anchos de banda de 1.5, 6 y 12Mhz respectivamente. El estándar recomienda el uso de un sistema dividido de un solo cable con un traductor de frecuencia principal (la configuración de cable dual o doble también es permitida)
- Carrierband o broadband de un solo canal (single-channel broadband). El esquema carrierband especifica las tasas de transmisión de 1, 5 y 10Mbps.
- Fibra Óptica. En este sistema se especifican tres tasas de transmisión: 5, 10 y 20Mbps.

En la siguiente tabla se muestran las opciones para la capa física del estándar 802.4:

	Broadband			Carrierband de fase continua	Carrierband de fase coherente	Fibra Óptica
Tasa de transmisión (Mbps)	1	5	10	1	5	5, 10, 20
Ancho de Banda	1.5Mhz	6Mhz	N/A	N/A	N/A	270nm.
Centro de Frecuencia	15Mhz.	-	-	5Mhz.	7.5Mhz.	800-900nm
Modulación	Multinivel duobinary AM/PSK			Manchester/fase continua FSK	Fase Coherente FSK	On - Off
Topología	Bus direccional (árbol)			Bus (omnidireccional)	Bus (omnidireccional)	Estrella pasiva o activa
Medio de Transmisión	Cable coaxial 75 Ohms			Cable coaxial 75 Ohms	Cable coaxial 75 Ohms	Fibra Óptica

Tabla 2.5 Medios de transmisión para el 802.4

2.7 IEEE 802.5 Token Ring

Una característica principal de una red en anillo es que realmente no es un medio de difusión, sino un conjunto de enlaces punto a punto que llegan a formar un círculo. Una red en anillo también es competitiva y tiene un límite conocido como acceso al medio. IBM escogió el anillo como su LAN y el IEEE lo incluyó como el estándar token ring.

Las redes locales token ring son conexiones punto a punto donde cada estación actúa como un repetidor, regenerando la señal y corrigiendo errores en esta. Alrededor del anillo circula un patrón de bit especial, llamado token (testigo). En el momento en que una estación quiere transmitir paquetes de información, debe tomar el token y retirarlo del anillo antes de transmitir. Esta es la manera de resolver el control de acceso al medio al igual que lo resuelve token bus. En el momento

¹³Una señal carrierband significa que el espectro total del cable es dedicado a una sola dirección de transmisión en el caso de señales analógicas.

¹⁴Es importante mencionar que no es frecuente la implementación de redes LAN en token bus, su mayor aplicación es en industrias de manufactura, es decir, fábricas automatizadas y relacionadas con el control de procesos.

en que la estación transmisora ha terminado de enviar el último bit de su último paquete, debe regenerar el token para que esté disponible para otras estaciones en la red.

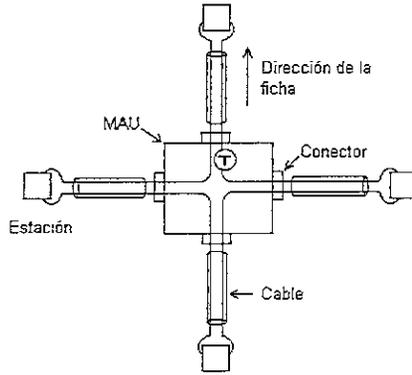


Figura 2.6 Token Ring

El uso de la tecnología ASIC es la que permite al switch dar un mayor desempeño que un bridge tradicional dando una alta cantidad de manejo de paquetes con un retard extremadamente pequeño. Esto permite al switch el manejo simultáneo de reenvío de paquetes través de todos los puertos a la velocidad de que el cable pueda brindar. Como se mencionó en el capítulo anterior acerca de las desventajas que presentan cada una de las topologías de red; en el caso del anillo, se inhabilita por completo la red cuando el canal de comunicación sufre un daño en cualquier parte. En una red local token ring puede solucionarse este problema cableando los nodos una unidad de acceso múltiple central (concentrador MAU) que repite las señales de una estación a la siguiente. Las unidades de acceso múltiple (MAU-Multistation Access Unit) se cablean conjuntamente para extender la red, lo cual implica el anillo lógico.

La tecnología de redes en anillo es casi completamente digital, en contraste con 802.3 que tiene una componente analógica considerable para la detección de colisiones (CSMA/CD). El tiempo de respuesta en redes en anillo es determinístico aún en condiciones de carga pesada en la red.

El tamaño mínimo de un anillo deberá ser de un kilómetro, este tamaño es muy extenso en el caso de que se quiera conectar pocas estaciones, por esta razón, se instala una estación especial designada como "monitor activo", el cual ocasionará un retraso de almacenamiento de 24 bits por el anillo. Este almacenamiento también compensa cualquier fase jitter acumulada sobre el anillo. El monitor activo no es una estación con dispositivos de red especial, cualquier estación sobre el anillo puede ser monitor activo y las demás estaciones designadas como pasivas. La selección de la estación activa se lleva a cabo en el procedimiento de inicio del anillo.

Los enlaces en una red token ring pueden ser cualquier tipo de medio, cable coaxial, par trenzado operando a 1, 4 y 16¹⁵ Mbps y fibra óptica (básicamente se utiliza para extender la red sobre grandes distancias). Las señales se codifican usando codificación Manchester diferencial, siendo las señales positivas y negativas de magnitudes absolutas de 3.0 a 4.5 Volts. La configuración de 1 Mbps utiliza cable par trenzado sin blindar (UTP), las configuraciones de 4 y 16 Mbps soportan cable par

¹⁵ La versión de 16 Mbps fue introducida posteriormente por IBM.

enzado blindado (STP) y par trenzado sin blindar. En la siguiente tabla se muestran las reglas de cableado para redes token ring:

Parámetros de token ring	Tipo 1 y Tipo 2	Tipo 3
Núm. Máximo de dispositivos por anillo	260	96
Núm. Mínimo de dispositivos por anillo	2	2
Tasa de transmisión	16 Mbps	4 Mbps
Estación a una sola MAU LAN	300 metros	100 metros
Estación a múltiples MAU LAN	100 metros	45 metros
Máximo número de MAUs por LAN	12	2
Distancias entre MAUs	200 metros	120 metros

Tabla 2.6 Reglas de cableado para redes token ring

En las especificaciones para el cable tipo 1 y tipo 2 se establece un máximo de 260 dispositivos por anillo aunque se recomienda un número alrededor de 100. El número mínimo de estaciones para tener un anillo utilizable es de dos.

La distancia máxima entre una estación y el MAU (Multistation Access Unit) es de 300 metros. Podemos mencionar que el estándar X3T9 referente a la Interfaz de Datos Distribuido por Fibra (FDDI – Fiber Distributed Data Interface) está basado en el estándar 802.5 Token Ring. X3T9 fue desarrollado por el comité de normas acreditadas (ASC – Accredited standards Committee). Esta tecnología la analizaremos en un capítulo posterior.

2.2.2.8 IEEE 802.6 Red de Área Metropolitana

Para redes que cubren toda una ciudad, redes de área metropolitana (MAN), el IEEE definió un protocolo de alta velocidad llamado bus doble de colas distribuidas (DQDB – Distributed Queue Dual Bus).

Las estaciones se enlazan compartiendo dos buses unidireccionales de fibra óptica que se extienden a través de toda una ciudad. Estos buses ofrecen tolerancia a fallos para mantener activas las conexiones en los casos en que se presente una ruptura o falla del bus. Cada bus tiene una cabeza terminal (head-end), el cual es un dispositivo que inicia la transmisión de datos. Cada cabeza terminal genera una cadena constante de células de 53 bytes, cada célula viaja corriente abajo del head-end y cuando llega al final, sale del bus. Cada célula tiene un campo de 44 bytes de carga, lo que la hace compatible con algunos modos de capa AAL¹⁶ (ATM Adaption Layer, capa de adaptación de ATM) en redes ATM (Asynchronous Transfer Mode). Cabe señalar que esta tecnología de red ATM, se abarcará en un capítulo posterior. Cada célula contiene también dos bits de protocolo ocupado, que se establece para indicar que la célula está ocupada, y solicitud, que puede establecerse cuando una estación quiere hacer una solicitud.

En la norma MAN, se designa para proporcionar servicios de datos, voz y video en un área metropolitana de aproximadamente 50 kilómetros, con una velocidad de transmisión de datos (células) de 1.5, 45 y 155 Mbps. Los servicios MAN son orientados a conexión y no orientados a conexión, y (o) isócronos (video en tiempo real). El bus tiene una serie de ranuras de longitud fija donde se sitúan los datos para su transmisión sobre el bus. Así, cualquier estación que necesite transmitir, únicamente sitúa los datos en una o más ranuras. Para situar datos isócronos sensibles al tiempo, se reservan unas ranuras a intervalos regulares para garantizar que los datos lleguen a tiempo y en secuencia.

¹⁶ La ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones) definió la capa AAL con el fin de proporcionar servicios útiles a programas de aplicación evitando el procedimiento de dividir datos en células en el origen y reorganizándolos en el destino.

2.2.9 IEEE 802.7 Grupo asesor para técnicas de banda ancha

El propósito de este subcomité es la de proporcionar soporte y consejos técnicos a otros subcomités en el área de conexiones de redes de banda ancha.

2.2.10 IEEE 802.8 Grupo asesor para técnicas de fibra óptica

Este subcomité ofrece soporte a otros subcomités para redes que utilizan fibra óptica como alternativa de medio de transmisión a las redes actuales basadas en cable de cobre.

2.2.11 IEEE 802.9 Redes integradas por voz y video

El subcomité 802.9 del IEEE se encarga de la integración de tráfico de datos, voz y video en redes de área local 802.x y en redes digitales de servicios integrados (ISDN, Integrated Services Digital Networks). En las especificaciones de este comité definen como nodos a computadoras, teléfonos, codificadores y decodificadores (codec) de video. Estas especificaciones son conocidas como IVD (Integrated Voice and Data). El servicio proporciona un flujo multiplexado que puede llevar señales de voz y datos por los canales que enlazan las dos estaciones sobre canales de par trenzado de cobre. Se definen varios tipos distintos de canales entre los que se incluyen los canales dúplex no conmutados a 64Kbps, de conmutación de circuitos o de conmutación de paquetes.

2.2.12 IEEE 802.10 Seguridad en red

Este subcomité del IEEE trabaja en la definición de un modelo de seguridad que opera sobre distintas redes incorporando métodos de autenticación y cifrado.

2.2.13 IEEE 802.11 Redes inalámbricas

El subcomité 802.11 del IEEE se encarga de establecer las normas a seguir para redes inalámbricas que se basan en medios como los rayos infrarrojos, transmisiones sobre líneas de potencia, radio de banda estrecha y la radio de espectro expandido. Otra área de trabajo de este subcomité es la normalización de interfaces inalámbricas para redes informáticas como lo son los sistemas formados por computadoras que se basan en lápices, asistentes digitales personales (PDS, Personal Digital Assistants) y otros dispositivos portátiles.

Para las redes inalámbricas se plantearon dos enfoques, el planteamiento distribuido y el planteamiento de punto de coordinación. El planteamiento de punto de coordinación está basado en el uso de un concentrador central, perteneciente a una red cableada, que controla las transmisiones de las estaciones inalámbricas. El planteamiento distribuido se basa en que cada estación controla su acceso a la red.

2.2.14 IEEE 802.12 LAN de acceso de prioridad por demanda – 100VG AnyLAN

Este subcomité define las normas de la primera red Ethernet que opera a 100 Mbps con el método de acceso de prioridad por demanda (Demand Priority Access Method) originalmente desarrollado por Hewlett Packard. 100VG (Voice Grade) AnyLAN es una tecnología de red que combina elementos de Ethernet y Token Ring. Las especificaciones del 802.12 son establecidas en base a la transmisión de paquetes Ethernet (802.3) y paquetes Token Ring (802.5). El medio de transmisión especificado es par trenzado categoría 3, 4 y 5, y fibra óptica además de soportar una topología de estrella en cascada.

El método de acceso de prioridad por demanda únicamente utiliza dos niveles de prioridad, alta o baja. Utiliza un concentrador central para controlar el acceso al canal de comunicación compartido. Las prioridades están disponibles para soportar la distribución de la información de

Aplicaciones que utilizan un gran ancho de banda en tiempo real, aplicaciones como video, CAM (computer aided manufacturing) y CAD (computer aided design).

2.15 IEEE 802.14 Cable de T.V.

Este subcomité tiene asignada la tarea de crear normas para el transporte de datos sobre el cable adicional cable TV en redes. La referencia de la arquitectura específica es una planta híbrida, de cable coaxial y fibra óptica (HFC, Hybrid Fiber Coax) con un radio de 80 kilómetros a partir de una cabeza terminal (head-end).

Las especificaciones del 802.14 establecen un protocolo de control de acceso al medio en el que se identifican tres características: sincronización, resolución a colisiones y una capa de intervalo de resolución de colisiones (CRI). Se trata de establecer que exista soporte para aplicaciones de multimedia sobre HFC y compatibilidad con diversas tecnologías como ATM, así se especifica el soporte para el tamaño de las células de una red ATM y para los diversos tamaños de paquetes de información en otras tecnologías de red; además de existir reservación de acceso al medio y acceso síncrono.

2.16 IEEE 802.15 Redes Inalámbricas de Área Personal

Este grupo de trabajo del IEEE 802.15 establece normas para redes inalámbricas de área personal (WPANs) las cuales se aplican en prácticas de telecomunicaciones, el intercambio de información entre redes locales y redes de área metropolitana, y redes inalámbricas de área personal que operan en una banda de frecuencia no autorizada.

Una red inalámbrica de área personal, o WPAN, es un esquema de red de trabajo de bajo costo que permite a dispositivos como computadoras personales, computadoras laptop, impresoras y asistentes personales digitales (PDAs, Personal Digital Assistants) comunicarse entre sí en distancias cortas, sin la existencia de cableado.

Un área de desarrollo del 802.15 llamada Práctica Recomendada (Recommended Practice) se encarga de normalizar la coexistencia de una WPAN con un sistema WLAN (Wireless Local Area Networks) 802.11 operando a una misma banda de frecuencia. Otra área de trabajo llamada Actividad Iniciada (Initiate Activity) se encargará de guiar al estándar 802.15 a un alto rango de transmisión de datos en una WPAN a bajo costo, los datos pueden ser transmitidos de manera organizada en rangos cortos por medios inalámbricos, particularmente para aplicaciones multimedia. Además del IEEE, Motorola, Eastman Kodak y Cisco trabajan en este proyecto.

3 ESTÁNDARES DE CABLEADO ESTRUCTURADO

Antes de 1984 se hablaba poco de los sistemas de cableado para comunicaciones. Las grandes preferencias al tomar decisiones importantes no tomaban en cuenta los cableados que iban a estar detrás de sus paredes. La compañía de teléfonos movía, agregaba y cambiaba los equipos y cobraba una tarifa por instalar cada artículo. Cuando el procesamiento de datos se descentralizó y se instaló en las oficinas, el cableado lo realizaban los fabricantes de los equipos, entonces se agregó al costo del equipo la conexión de este.

Originalmente, la libertad de elección de un medio de telecomunicación causó confusión y debido a esta, algunas organizaciones como TIA (Telecommunication Institute American) se vieron obligados a ponerse al día con respecto a sus normas. Surgieron dudas de la capacidad de desempeño de los diversos materiales de comunicación, los límites de las longitudes, la topología más

apropiada y si se cumplirían los requisitos de los sistemas una vez que se combinaran los componentes individuales. A medida que los usuarios y los grupos de usuarios se esforzaban en responder a las preguntas que se hacían, se hizo evidente que había que desarrollar un método estándar para la instalación del cableado de comunicaciones, método que se designó como cableado estructurado.

El sistema de cableado soportará un ambiente multiproductos y multiproveedor. Esto implica que debe ser lo más general posible. Es decir, no se trata de diseñar un cableado teniendo en cuenta la utilización que se le dará en el corto plazo, sino tratando en lo posible de que sea independiente de los productos que lo utilizarán y de la disposición y uso de las oficinas. Un sistema de cableado estructurado debe caracterizarse por ser:

- **Fiable**, en el sentido de no tener interrupciones o caídas continuas de la red que este conectada por él, además de no tener problemas como atenuaciones de la señal, diafonías, etc.
- **Flexible**, permitiendo el fácil cambio de los servicios y de los mismos usuarios, así como la implementación de diversos servicios de voz, datos y vídeo.
- **Modular**, que pueda ser fácilmente configurable según las necesidades cambiantes de la empresa.
- **Integrador de servicios**, ya que en un mismo cableado se puede tener diversos servicios.
- **Sencillo de administrar** por medio de un software comercial de gestión de redes.

Estos requerimientos permiten tener beneficios, ya que un cableado estructurado cumple con estándares fijados por la industria, tiene una aplicación independiente del tipo de servicio a usar por el sistema, abre la conectividad de distintos equipos, soporta la alta velocidad de las nuevas tecnologías de las redes, y todo esto a un costo relativamente bajo a lo obtenido. El cableado estructurado brinda la facilidad de usar un solo tipo de cable para todos los servicios de comunicaciones, lo que resulta en un abaratamiento y una total estandarización de la red.

Al usarse un solo tipo de cable, un usuario se desplaza a cualquier lugar del edificio ya que la conexión necesaria se realizará en unos cuantos minutos. Cuando se planea conectar o instalar nuevos equipos, no se tendrá necesidad de tener nuevos cables con un sistema estructurado, esto ya estarán tendidos y funcionaran con cualquier sistema estructurado.

Por estas razones, el sistema debe ser diseñado e instalado de tal forma que permita las modificaciones y ampliaciones necesarias para soportar cualquier tipo de comunicación (actual o futura) además de ser lo suficientemente flexible para acomodarse a las novedades tecnológicas todo esto sin nuevas tiradas de cable. El periodo de vida útil a considerar es de doce a quince años como mínimo.

Esta filosofía de diseño se aplica principalmente en las instalaciones donde los usuarios y la densidad de comunicación por planta son lo suficientemente elevadas como para requerir el movimiento de personal o equipo de comunicaciones de forma más o menos continua o la adaptación de nuevos equipos. Aplicada así, se permite la fácil reubicación de los usuarios o el equipo a un costo mínimo, con la consiguiente facilidad de administración y mantenimiento de la red. Dentro de la instalación se tiene en cuenta las recomendaciones internacionales:

- ANSI/TIA/EIA-568-A Commercial Building Telecommunications Wiring Standard.
- ANSI/TIA/EIA-569-A Commercial Building Standard for Telecommunications Pathways and Spaces.
- ANSI/TIA/EIA-606 The Administration Standard for the Telecommunications Infrastructure of Commercial Buildings.
- ANSI/TIA/EIA-607 Commercial Building Grounding and Bonding Requirements for Telecommunications.

que hacen referencia a:

- Características de los materiales empleados (especificaciones de los cables, conectores, cajas de conexión, etc.)
- Control de calidad de la instalación (métodos utilizados, separación de diferentes servicios, aislamiento a interferencias electromagnéticas, tomas de tierra, etc)
- Diseño y administración de la red (topologías soportadas, distancias críticas del cableado, códigos de color de los cables, etiquetado, documentación final, etc.)

ANSI/TIA/EIA 568-A Estándar de Cableado para Telecomunicaciones en Edificios Comerciales

Este estándar especifica un sistema de cableado de telecomunicaciones genérico para edificios comerciales que pueda soportar múltiples ambientes de productos y fabricantes. El propósito de este estándar es establecer la planeación e instalación de un sistema de cableado en edificios comerciales. Este estándar establece criterios técnicos para distintas configuraciones de sistemas de cableado, para sus interfaces y la conectividad entre sus respectivos elementos.

La figura 2.7 muestra un sistema típico de cableado para telecomunicaciones, así como los elementos funcionales que lo comprenden y su relación e interfaces correspondientes, aunque no necesariamente debe seguirse esta estructura como se plantea debe considerarse como un ejemplo.

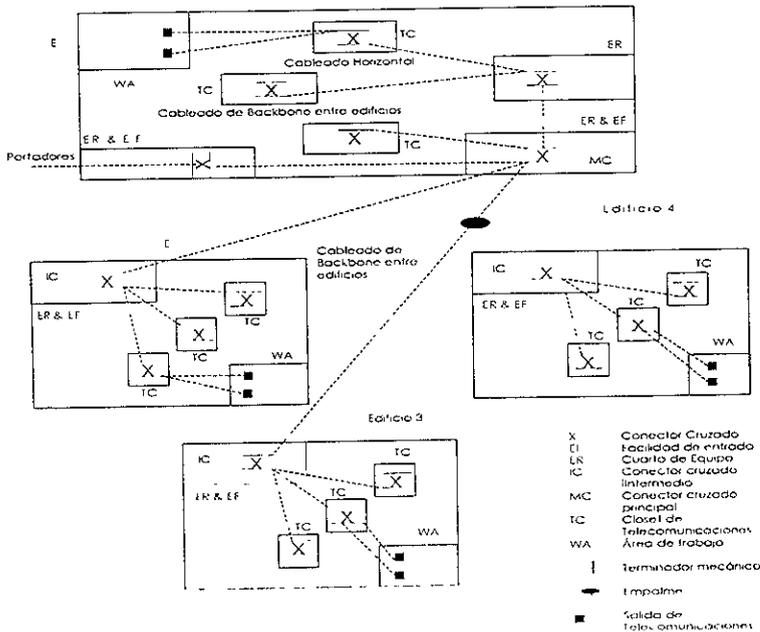


Figura 2.7 Sistema típico de cableado para telecomunicaciones

Los elementos que componen un sistema de cableado para telecomunicaciones son:

- **Cableado horizontal**

El cableado horizontal es la porción del sistema de cableado para telecomunicaciones que extiende desde los conectores para salida de telecomunicaciones (outlet/conector) ubicados en el área de trabajo hasta los conectores-cruzados (cross-connected) que permiten la terminación del cable para su interconexión con el hardware de conexión (patch panel) en los closets de telecomunicaciones. El cableado horizontal incluye entonces: los cables horizontales, los conectores de salida para telecomunicaciones (outlet/conector) ubicados en el área de trabajo, las terminaciones mecánicas y el hardware de conexión (patch cords o jumpers), localizados en los closets de telecomunicaciones. El cableado horizontal debe estar conectado en topología tipo estrella. Cada salida de telecomunicaciones en el área de trabajo debe de ir conectada a una terminación de cableado ubicada en el closet de telecomunicaciones, conocido como conector-cruzado horizontal (cross-connect). Una sola área de trabajo debe ser servida por un closet de telecomunicaciones, ubicados ambos en el mismo piso. La figura 2.8 muestra la topología típica para un cableado horizontal.

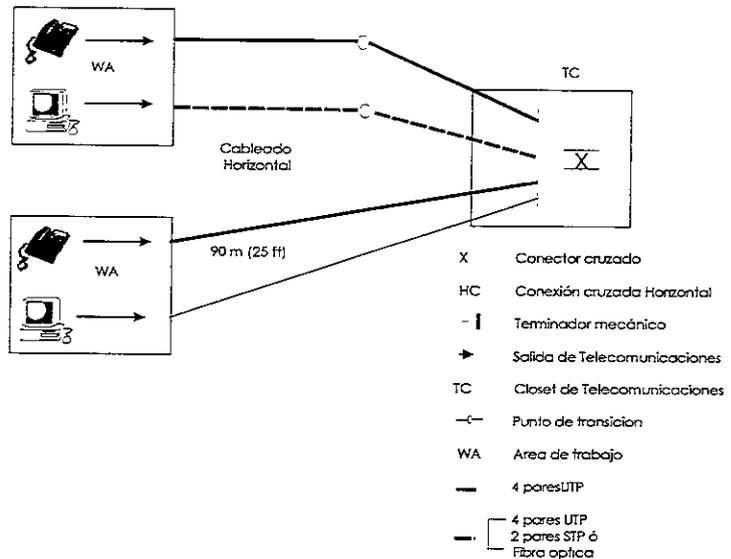


Figura 2.8 Topología típica del cableado horizontal

La distancia horizontal máxima debe ser de 90 m independiente del tipo de medio utilizado. Las limitaciones de distancia para los jumpers y patch cords dentro de las facilidades de los cross connect, incluyendo los cross-connect horizontales, jumpers y patch cords que conectan el cableado horizontal con el equipo o al cableado de backbone, no debe exceder 6 m de longitud. Son tres tipos de cables los reconocidos para el sistema de cableado horizontal:

- o Par trenzado sin blindar de cuatro pares 100 Ω
- o Par trenzado blindado de dos pares 150 Ω
- o Fibra óptica de dos fibras, 62.5/125 μm

En ciertas ocasiones, el cable coaxial de 50 Ω es reconocido para emplearlo en el cableado horizontal, sin embargo, este no es recomendado para un sistema de cableado nuevo hasta futuras revisiones de este estándar.

• **Cableado de Backbone**

La función del cableado de backbone es proveer interconexiones entre los closets de telecomunicaciones, cuartos de equipo y facilidades de entrada en la estructura del sistema de cableado de telecomunicaciones. El cableado de backbone está formado por los cables de backbone, las terminaciones del cable principal e intermedio (cross-connect), terminadores mecánicos y patch cords o jumpers usados para el esquema de conexión de backbone a backbone (cross-connection principal). El cableado de backbone también incluye el cableado entre edificios.

El cableado de backbone debe usar la topología convencional de estrella jerárquica como se ilustra en la figura 2.9, donde cada cross-connect horizontal en un closet de telecomunicaciones es cableado hacia el cross-connect principal o el cross-connect intermedio. No debe haber más de dos niveles jerárquicos en el cableado de backbone, es decir, desde el cross-connect horizontal hacia el cross-connect principal no debe existir más de un cross-connect intermedio; solamente un cross-connect debe pasar a lo largo del cross-connect principal.

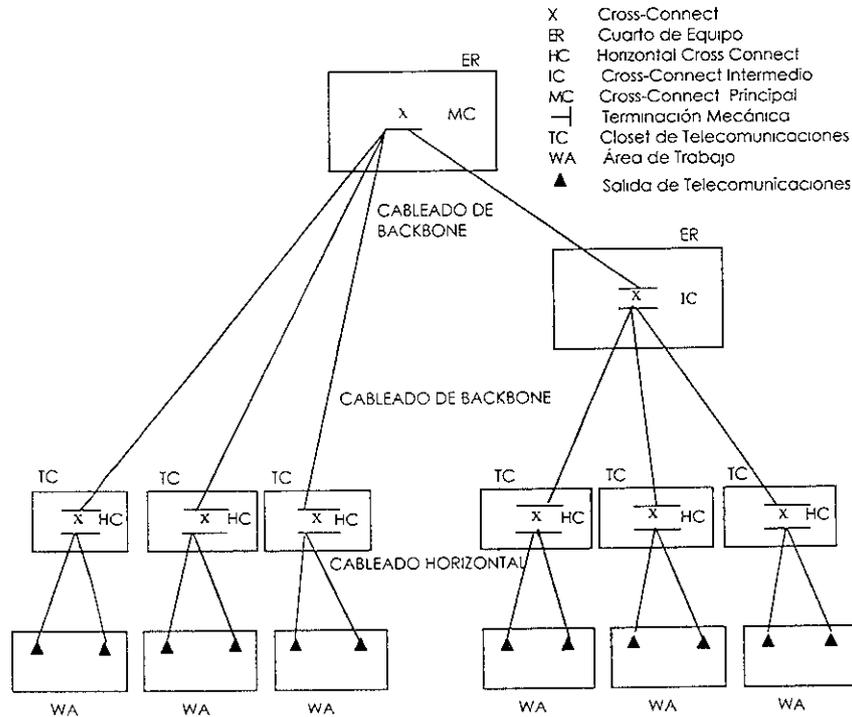


Figura 2.9 Topología en estrella jerárquica de cableado de backbone

El cross-connect del cableado de backbone puede estar localizado en los closets de telecomunicaciones, cuartos de equipo o facilidades de entrada (acometida del cableado al edificio).

Los sistemas que están diseñados para una topología distinta a estrella como son topologías anillo, bus o árbol, pueden ser distribuidas como la topología mostrada anteriormente mediante el uso apropiado de interconexiones electrónicas o adaptadores en el closet de telecomunicaciones. Si los requerimientos para las configuraciones de bus o anillo son anticipados, el cableado directamente entre los closets de telecomunicaciones es permitido. Debido al amplio rango de servicios y tamaños de sitios para los cuales el backbone puede ser utilizado, más de un medio de transmisión es reconocido para este. Estos medios pueden ser usados individualmente o en combinación de los mismos. Los medios reconocidos son:

- o Cable UTP de 100 Ω
- o Cable STP-A de 150 Ω
- o Fibra óptica de 62.5/125 μm
- o Fibra óptica mono modo (single-mode)

En ciertas ocasiones, el cable coaxial de 50 Ω es reconocido para emplearlo en el cableado horizontal, sin embargo, este no es recomendado para un sistema de cableado nuevo hasta futuras revisiones de este estándar.

El cableado de backbone debe ser aplicable a un rango amplio de requerimientos de usuario, por lo cual, dependiendo de las características de los servicios a proporcionar por el sistema de telecomunicaciones deberá realizarse la elección del medio para este cableado. Cada cable reconocido tiene características individuales que los hacen muy útiles en situaciones variadas, por lo cual un sólo tipo de cable puede no satisfacer todos los requerimientos de usuario, entonces será necesario el uso de más de un medio en el cableado de backbone. En este caso, el medio distinto deberá usar la misma facilidad de arquitectura con la misma localización de cross-connect, terminaciones mecánicas, facilidades de entradas entre edificios, etc.

Las distancias máximas en el cableado de backbone dependen de la aplicación, para minimizar distancias se localizará el cross-connect principal cerca del centro del lugar. Instalaciones que excedan el límite de distancia pueden ser divididas en áreas, cada una de las cuales pueden ser soportadas por el cableado de backbone dentro de los alcances del estándar, esto se puede complementar usando tecnologías y equipo normalmente usado en aplicaciones de área amplia.

Tipo de Medio	A	B	C
UTP	800m (max)	500 m (max)	300 m
STP-A			
Fibra óptica	2000 m (max)	500 m (max)	1500 m (max)
Fibra óptica mono modo	3000 m (max)	500 m (max)	2500 m (max)

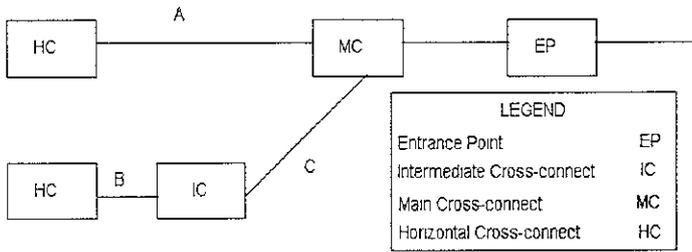


Figura 2.10 Distancias de cableado del Backbone

• **Área de trabajo**

Los componentes del área de trabajo se extienden desde el terminador de salida de telecomunicaciones del sistema de cableado horizontal hasta la estación de equipamiento, y están fuera de los alcances de este estándar. La estación de equipamiento puede ser cualquier número de dispositivos incluyendo pero no limitando teléfonos, terminales de datos y computadoras. El cableado en el área de trabajo es crítico para un buen desempeño de la distribución de sistemas.

La longitud máxima de cable horizontal se especificó ya anteriormente en las distancias del cableado horizontal con la consideración de que la longitud máxima de 3 m del patch cord ha sido usada en el área de trabajo.

Los puntos importantes a considerar para el área de trabajo son detallados en el estándar ANSI/TIA/EIA-569, el cual será tratado más adelante.

• **Closet de telecomunicaciones**

El closet de telecomunicaciones provee diferentes funciones para el sistema de cableado y son tratadas como distintos subsistemas dentro del sistema de cableado jerárquico descrito en el cableado horizontal y en el cableado de backbone

El closet de telecomunicaciones deber ser diseñado y acondicionado de acuerdo a los requerimientos en el ANSI/EIA/TIA-569. La función primaria de un closet de telecomunicaciones es la terminación de la distribución del cableado horizontal. Todos los cables reconocidos para el cableado horizontal están terminados en el closet de telecomunicaciones en hardware de conexión compatible. Similarmente, los cables reconocidos de backbone están también terminados en el closet de telecomunicaciones en hardware de conexión compatible. El esquema de conexión (cross-connection) del cable horizontal y de backbone usan jumpers o patch cords que permiten la conectividad flexible cuando se extienden varios servicios hacia la salida de telecomunicaciones en el área de trabajo. El hardware de conexión, jumpers, y patch cords usados para este propósito son colectivamente referidos al cross-connect horizontal. Un closet de telecomunicaciones puede también contener el cross-connect intermedios o bien el cross-connect principal para diferentes porciones del sistema de cableado de backbone. Un closet de telecomunicaciones también provee un ambiente controlado para el equipo de telecomunicaciones, hardware de conexión y terminadores de empalme que sirven a una porción del edificio. En algunos casos, el punto de demarcación y la protección asociada a algunos equipos puede estar localizada en el closet de telecomunicaciones.

- **Cuartos de equipo.**

Los cuartos de equipo son considerados distintos de los closets de telecomunicaciones debido a la naturaleza o complejidad del equipo que en ellos se encuentre localizado. La mayoría de todas las funciones del un closet de telecomunicaciones pueden ser alternadamente previstas por un cuarto de equipo.

Los cuartos de equipo deben ser diseñados y acondicionados de acuerdo a los requerimientos del ANSI/TIA/EIA-569. Un cuarto de equipo provee un ambiente controlado a un equipo de telecomunicaciones, hardware de conexión, terminadores de empalme, facilidades de unión de puesta a tierra y aparatos de protección donde sea aplicable. Desde la perspectiva de cableado, un cuarto de equipo contiene el cross-connect principal o bien el cross-connect intermedio usado en el cableado jerárquico del backbone. Un cuarto de equipo puede también albergar hardware de conexión (y pueden contener terminaciones horizontales para un porción del edificio). En muchos casos, el cuarto de equipo contiene la línea principal de terminadores o terminadores auxiliares que están bajo el control de las proposiciones de cableado del administrador.

- **Facilidades de entrada**

Las facilidades de entrada consisten de los cables, hardware de conexión, dispositivos de protección, y otros equipos necesarios para conectar las instalaciones externas necesarias de cableado. Esos componentes pueden ser usados por servicios de redes públicas, servicios de clientes de redes privadas o ambos. El punto de demarcación entre los proveedores de servicio y las premisas de cableado del cliente pueden ser parte de las facilidades de entrada. El proveedor debe ser contactado para determinar las políticas urgentes de localización en el área.

Las rutas y espacios de las facilidades de entrada deben ser diseñadas e instaladas de acuerdo con los requerimientos del ANSI/EIA/TIA-569. La protección eléctrica es gobernada por los códigos aplicables de electricidad. Los cables de backbone entre edificios y antenas pueden requerir dispositivos de protección. Las facilidades de entrada incluyen conexiones entre cableados usando el ambiente exterior y el cableado autorizado para la distribución en el edificio. Los requerimientos de unión puesta a tierra están dados en el ANSI/TIA/EIA-607 que será visto más adelante.

Las especificaciones de este estándar para la construcción del cableado para telecomunicaciones son con el fin de soportar un rango de diferentes edificios comerciales y servicios (voz, videos, datos, texto e imagen). Típicamente, este incluye sitios con una extensión geográfica arriba de 3,000 m, arriba de 1,000,000 m² de espacio en oficinas y con una población superior a 50,000 personas.

2.3.2 ANSI/TIA/EIA-569-A

Estándar de Rutas y Espacios de Telecomunicaciones para Edificios Comerciales.

Este estándar reconoce tres conceptos fundamentales relacionados a edificios telecomunicaciones:

1. Las construcciones son dinámicas, es decir, que la remodelación en una construcción es más una regla que una excepción.
2. Los sistemas y el medio de telecomunicaciones en una construcción son dinámicos, es decir, que estos componentes pueden cambiar drásticamente, y
3. Las telecomunicaciones son más que datos y voz.

El propósito de este estándar se enfoca a la estandarización de un diseño específico y construcciones prácticas dentro y entre edificios. Es decir, la flexibilidad que proporcionan los espacios y rutas a través de los cuales el medio y equipo de telecomunicaciones es instalado. El alcance de este estándar está limitado al aspecto de telecomunicaciones, de diseño y construcción de edificios comerciales, en conjunto de las consideraciones de telecomunicaciones entre ambos y entre los edificios. Este estándar no estandariza el medio o equipamiento, sólo estandariza las rutas y espacios dentro y entre construcciones en los cuales el medio y equipo de telecomunicaciones está instalado. Las telecomunicaciones tienen un gran impacto en la mayoría de las áreas internas y externas de construcciones comerciales. Por esto y otros factores adicionales la vida útil de una construcción debe ser de un lapso de varias décadas, es muy importante que el diseño y construcción de edificios nuevos o remodelados sean hechos evitando la obsolescencia. La figura 1 ilustra las relaciones entre el backbone de telecomunicaciones y el espacio de elementos dentro una construcción.

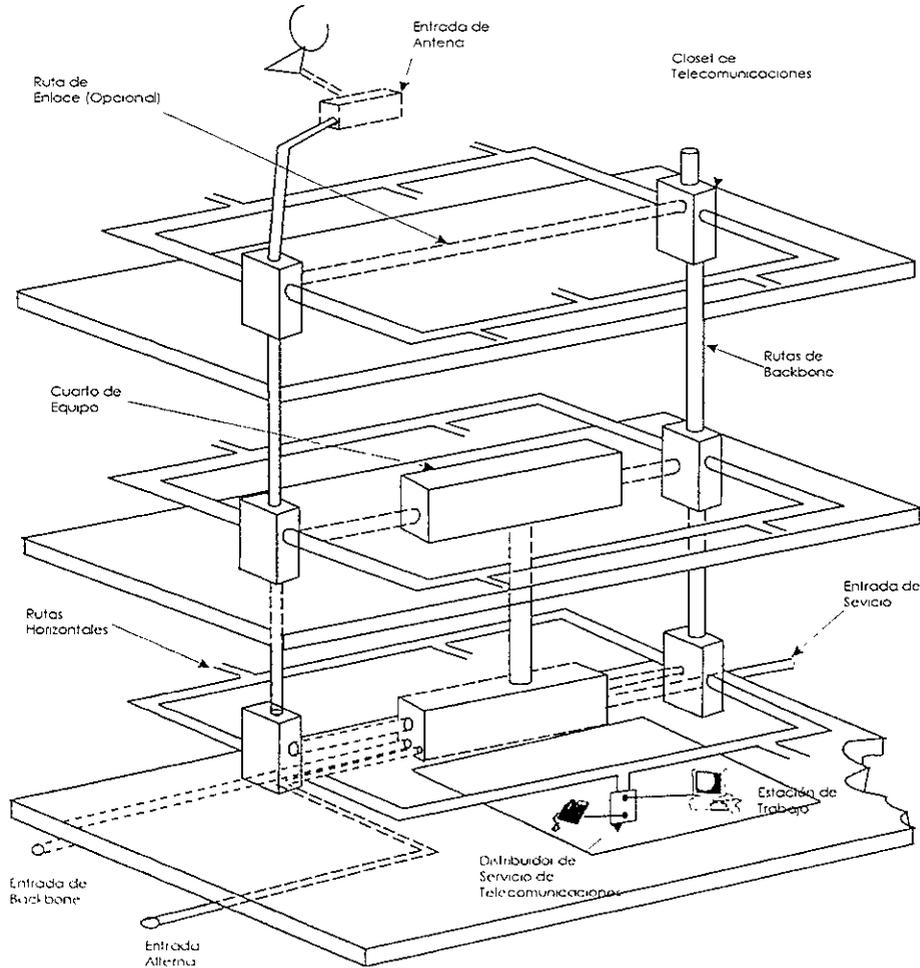


Figura 2.11 Elementos internos de un edificio

A continuación se describen las características globales de los elementos básicos en un edificio.

- **Rutas horizontales (Horizontal pathways)**

Estas "facilidades" proveen rutas para la instalación del medio desde el closet de telecomunicaciones hacia el conector de salida para el área de trabajo. Una "facilidad" de ruta horizontal puede estar formada de varios componentes incluyendo la charola del cable, conductores, piso falso, piso de acceso, techo, y perímetros de sistemas.

Las facilidades de rutas, como mínimo, deben diseñarse tomando en cuenta todos los medio reconocidos en el ANSI/TIA/EIA-568-A, se deben determinar el tamaño y la cantidad de las rutas, el tamaño de los cables y los requerimientos del radio de curvatura, permitiendo un crecimiento futuro. Las rutas horizontales no debe estar localizadas en los ejes de los elevadores, y se deben acomodar de acuerdo a los requerimientos de zonas sísmicas.

Las rutas horizontales entre edificios deben ser instaladas en lugares secos para proteger los cables de niveles de humedad que entorpezcan los rangos de operación de las premisas del cable.

Dentro de las rutas bajo el piso se encuentran los ductos de diferentes niveles, esto considerando que los ductos de distribución del cableado se localizan en el mismo o en diversos planos, estos ductos van acomodados o insertados en el concreto de la losa y como están formados por diversos conductos son altamente resistentes a interferencias propiciadas por los servicios que por ellos mismos se distribuyen. Generalmente estos ductos son de acero de alta resistencia y la profundidad en el concreto, a la que son localizados varía de 25 mm a 1 cm.

El piso de acceso esta formado por paneles de piso modular soportados por pedestales con o sin seguros o encadenamientos laterales. Este es usado tanto en los cuartos de computadoras y de equipo, así como en el área general de oficinas. Donde el piso de acceso sea usado en áreas de oficina general, la altura mínima con respecto a la terminación de suelo debe ser 150 mm, cuando es usado en los cuartos de equipo de telecomunicaciones esta altura mínima debe ser de 300 mm y no menos de 150 mm, para los closets de telecomunicaciones se emplea la misma altura que en las áreas de oficinas generales. El planteamiento para el piso de acceso debe ser determinado antes de la instalación de cualquier cableado o equipo de telecomunicaciones. Los closets de telecomunicaciones y el área de servicio de piso de acceso deben estar localizadas en forma adyacente una de la otra, conectadas mediante filamentos enchufados o conductos. El tamaño de las rutas de interconexión deben estar basadas en un criterio de diseño para un tipo ruta específico.

Los tipo de conductores incluyen: tubo eléctrico metálico y no metálico, conducto flexible no metálico y tubo flexible no metálico, conducto metálico rígido, conducto no metálico rígido y otros tipos. Los conductos deben ser de un tipo permitido por los propios códigos eléctricos. Si el conducto de metal flexible es usado, la longitud debe ser menor de 3 m por cada corrida y el conductor seleccionado debe minimizar la abrasión del cable durante la instalación. Ninguna sección de conductos debe ser mayor de 30 m ni contener más de dos curvaturas de 90° o equivalentes entre los puntos de enchufe.

Las cajas de salida no deben ser más pequeñas que 50 mm de ancho, 75 mm de altura y 64 mm de profundidad. Las cajas de enchufe deben ser usadas para los siguientes propósitos: fijar una corrida de conductor, la instalación de cadenas o cable.

Las charolas y wireways son estructuras rígidas prefabricadas para la protección y alojamiento de cables o conductores que son colocados después de que un sistema completo de rutas ha sido instalado. Las siguientes son ejemplos típicos de charolas y wireway para cables:

- Charola de canal para cable: estructura con una pieza ventilada o canal sólido cuya sección no excede 150 mm de ancho.
- Charola de escalera para cable: estructura consistente de dos lados de rieles conectados individualmente en forma transversal.
- Charola sólida para cable: estructura consistente de una base sólida con rieles longitudinales.
- Charola ventilada para cable: estructura mayor a 100 mm de ancho consistente de una parte ventilada con rieles de dos lados.
- Wireway: charola con bisagras o cubiertas removibles.

Las charolas o wireways deben estar divididas con separadores para la separación física de diferentes tipos de servicios como sea requerido. Deben estar localizadas abajo o arriba del techo o dentro del piso de acceso.

- **Rutas del backbone interno y espacios relacionados (Intrabuilding backbone pathways and related spaces)**

Uno o más servicios de backbone pueden existir dentro de una construcción. Un servicio de backbone está generalmente formado por el "apilamiento" vertical de closets de telecomunicaciones con pisos "abiertos" entre ellos. La unión de rutas también pueden existir para instalar el medio del backbone entre closets de telecomunicaciones en el mismo piso.

Las rutas de backbone pueden ser cualquier ruta de backbone interna horizontal o vertical extendida entre edificios. Las rutas de backbone interno están contenidas dentro de la construcción.

Las rutas de backbone interno típicamente consisten de rutas en techos, conductores, ranuras o cubiertas y charolas. Ellos proveen el significado de la localización de los cables de backbone entre el espacio o los cuartos de entrada, closets de telecomunicaciones, cuartos de equipo, o el espacio terminal principal. La rutas verticales de backbone generalmente van desde el espacio principal terminal hacia la pila vertical de closets de telecomunicaciones localizados en cada piso.

Estas rutas deben ser localizadas considerando los requerimientos de zonas sísmicas. Cuando se está considerando la instalación de rutas en zonas húmedas, las precauciones necesarias deben ser consideradas para que el agua no penetre en el sistema de ruteo.

- **Area de trabajo (Work area)**

Un área de trabajo es un espacio en la construcción donde los ocupantes normalmente interactúan con el equipo de telecomunicaciones. Los conectores de salida de telecomunicaciones en el área de trabajo son el punto en el cual el equipo de usuario final se conecta a la utilidad de telecomunicaciones de la construcción formada por la "ruta de espacio", y el sistema de cableado de la construcción.

Una salida de telecomunicaciones (caja o conector) es la localización del punto entre los cables horizontales y los cables de conexión de los dispositivos en el área de trabajo. Los dispositivos conectados son teléfonos, computadoras personales, y terminales de video y gráficas, cada una de las cuales requiere acceso al cableado de distribución horizontal mediante el conector de salida de telecomunicaciones.

Por lo menos una localización para la salida de telecomunicaciones debe ser instalado por área de trabajo. Para propósitos de planeación, el espacio permitido por área de trabajo es aproximadamente 10 m².

La localización de las salidas de telecomunicaciones debe estar coordinado con la distribución del mobiliario. Una salida de potencia debe estar instalada cerca de cada caja de salida de telecomunicaciones. La localización de las salidas de telecomunicaciones es típicamente a la misma altura de la salida de potencia.

- **Closet de telecomunicaciones (Telecomunicatios closet)**

Un closet de telecomunicaciones es la facilidad de piso de servicio para el alojamiento del equipo de telecomunicaciones, terminadores de cable y lo relacionado con "cross-connections". El closet de telecomunicaciones es el punto de transición reconocido entre el backbone y las facilidades de rutas horizontales.

El closet de telecomunicaciones en cada piso es la localización reconocida de el punto de acceso para el backbone y las rutas horizontales. El closet de telecomunicaciones debe ser capaz de contener equipo de telecomunicaciones, terminaciones de cable y cable o cableado asociado al cross-connect. El closet de telecomunicaciones debe estar localizado en el centro del área a servir. Las rutas horizontales deben terminar en el closet de telecomunicaciones localizado en el mismo piso así como las áreas a ser servidas. Las consideraciones de diseño a tomar en cuenta son:

- El espacio del closet de telecomunicaciones debe ser dedicado a las funciones de telecomunicaciones y soporte de las facilidades relacionadas. El espacio del closet de telecomunicaciones no debe ser compartido con instalaciones eléctricas u otras que no sean instalaciones de telecomunicaciones. Equipo no relacionado al soporte de telecomunicaciones (tuberías neumáticas, ductos hidráulicos, etc) no deben ser instalados en el paso, dentro o a través del closet de telecomunicaciones.
- Debe haber como mínimo un closet de telecomunicaciones por piso. Closets adicionales se deben considerar si:
 - el área del piso a servir excede los 1000m²
- la distancia de distribución horizontal hacia el área de trabajo es mayor a 90 m.
- Varios closets en un mismo nivel deberán ser interconectados mediante un conducto que tenga un diámetro de 7.8 mm o una ruta equivalente.
- Los closets de telecomunicaciones deben dimensionarse de acuerdo a la tabla siguiente, en la cual se proporcionan las dimensiones mínimas aceptables de un closet de telecomunicaciones basadas en áreas de servicio no mayor a 1000m²

Area de Servicio	Tamaño del closet
1000m ²	3 x 3.4 m
800m ²	3 x 2.8m
500m ²	3 x 2.2m

Tabla 2.7 Tamaño del closet de telecomunicaciones

- Los closets de telecomunicaciones deben estar localizados en áreas de piso diseñadas con una carga de piso mínima de 2.4 Kpa. Debe ser verificado que las concentraciones de equipo propuesto no excedan el límite de carga en el piso. estas especificaciones deben ser incrementadas para el caso de emplear equipo con mayor peso.

- Deben existir en el closet de telecomunicaciones un mínimo de dos paredes con una cubierta rígida de A-C contraparchado de ¾ de pulgada y con una altura de 2.44 mm.
- La iluminación debe ser de 500 lx medidos a un metro arriba del piso, montados a 2.6 m mínimo sobre el piso raso.
- Para mayor flexibilidad, los techos falsos no deben considerarse para la construcción de closets de telecomunicaciones.
- Las puertas deben tener un mínimo de 91 cm de ancho y 2 m de altura, debe abrir hacia fuera, ser removible o abrir de lado y debe tener cerradura.
- Las paredes pisos y techos deben ser tratadas para eliminar el polvo.
- Un mínimo de dos receptáculos de salida eléctrica ac duplex dedicadas de 120 V nominales, no conmutables, en cada circuito de branch separada, deben ser provistas para el equipo de potencia. Esos receptáculos deben estar en el rango de 2 A y ser conectadas hacia un circuito branch de 20 A. En suma, salidas duplex identificadas y marcadas convenientemente deben estar localizadas en intervalos de 1.8 m alrededor del perímetro de las paredes, con una altura de 150 mm arriba del suelo.
- El cuarto de telecomunicaciones debe situarse en un lugar de fácil acceso, considerando que no por esto se obstruirán sitios de tránsito normal, como podrían ser vestíbulos. Además sólo personal autorizado podrá acceder a los mismos.
- La protección contra incendios es requerida y debe ser prevista ya que es un código aplicable.
- Un sistema HVAC debe estar incluido en el cuarto de telecomunicaciones para mantener la misma temperatura en el área adyacente. Una presión positiva debe ser mantenida como mínimo de un cambio de aire por hora, o como sea requerido mediante un código aplicable. Cuando estén presentes dispositivos activos, un número suficiente de cambios de aire deben ser previstos para disipar el calor. Si está disponible una fuente de poder redundante en el edificio, el sistema HVAC que sirve al closet de telecomunicaciones, debe estar conectada a esta.

• **Cuarto de equipo (equipment room)**

Un cuarto de equipo sirve a el espacio necesitado para el equipo de telecomunicaciones más grande. Este es muchas veces un cuarto de propósito especial. Los cuartos de equipo están conectados a la facilidad de backbone. Este cuarto alberga solamente equipo relacionado directamente al sistema de telecomunicaciones y al sistema de soporte ambiental.

Los puntos a considerar para el diseño del closet de telecomunicaciones son

- Se debe considerar la localización y distribución del closet de telecomunicaciones de acuerdo a los requerimientos de zonas sísmicas.
- Cuando se selecciona el sitio para el cuarto de equipo, evite localizaciones restringidas por componentes de la construcción que limiten la expansión como elevadores, fuera de las paredes, u otras paredes fijas construidas. El acceso a esta área debe ser restringido. Es deseable localizar el cuarto de equipo cerca de la senda del backbone
- La capacidad del piso en el cuarto de equipo será suficiente para llevar la carga del equipo distribuido y el instalado. El cuarto de equipo se diseñará para una carga distribuida mínima de 4.8 kPa y un mínimo de carga de por lo menos 8.8 kN. Si extraordinariamente el peso del equipo es mayor estas característica técnicas tienen ser incrementadas.
- El cuarto de equipo no se localizará debajo del nivel de agua a menos que las medidas preventivas contra la infiltración de agua hayan sido empleadas. El

cuarto estará libre de agua o el desagüe que se conduce por tuberías no deberá estar localizado dentro del cuarto equipo directamente.

- El cuarto de equipo se localizará con acceso listo al HVAC de entrega principal del sistema.
 - El cuarto se localizará lejos de fuentes de interferencia electromagnética. Se prestará especial atención a los transformadores de suministro eléctrico, motores, generadores, equipo de la radiografía, radio o transmisores de radar y dispositivos de inducción.
 - La vibración mecánica acoplada al equipo o a la infraestructura de cableado puede provocar fallas con el tiempo. Un ejemplo común de este tipo de fallas es la pérdida de conexiones.
 - El tamaño del cuarto de equipo será determinado mediante el conocimiento de los requerimientos del equipo específico; esta información puede obtenerse del proveedor de equipo. Tomando en cuenta también proyectos futuros en los requerimientos presentes.
 - Equipo del control ambiental, como distribuidores de potencia o sistemas de Acondicionadores, y UPS Arriba de 100 KVA se permitirán ser instalado en el cuarto de equipo. UPS más grandes de 100 KVA que deben localizarse en un cuarto separado.
 - Se verificarán esquemas con proveedores de equipo para el peso y limitaciones de distancia entre los armarios. Deben evitarse puertas que proporcionan acceso a otras áreas del edificio a través del cuarto de equipo para sólo limitar acceso al cuarto de equipo al personal autorizado.
 - La altura mínima del cuarto será 2440 mm (8 ft) sin obstrucciones.
 - El cuarto de equipo se conectará a la senda del backbone para el cableado hacia el espacio terminal principal y los closets de telecomunicaciones.
 - Un HVAC deberá ser previsto las 24 horas del día, y los 365 días del año. Si el sistema del edificio no puede asegurar un funcionamiento continuo para aplicaciones de equipo grandes, una unidad independiente se mantendrá en el cuarto de equipo. Si una fuente de poder de reserva está disponible en el edificio debe considerarse para ser conectada al sistema de HVAC para servir al cuarto de equipo de telecomunicaciones como suministro de reserva.
 - Se sellarán suelo, paredes y techo para reducir el polvo. Los acabados serán de colores claros para reforzar la iluminación del cuarto. Se seleccionarán materiales que tengan propiedades antiestáticas.
 - La iluminación debe ser de 500 lx medidos a un metro sobre el nivel del piso en medio de todos los pasillos entre los armarios. La iluminación será controlada por uno o más interruptores localizados cerca de la puerta de entrada al cuarto.
 - Una fuente de suministro por separado que sirva a el cuarto de equipo si proporcionará y terminará en su propio tablero eléctrico.
 - Si una fuente de poder de reserva está disponible en el edificio, los equipos alojados el tablero deben conectarse al suministro de reserva.
 - La puerta será de un mínimo de 910 mm de ancho y 2000 mm de alto con cerradura. Si se anticipa que se entregarán equipos grandes al cuarto de equipo una puerta doble (1820 mm en ancho y de 2280 mm 90 de altura y el poste de centro se recomienda. Equipo que genere ruido debe ser localizado fuera del cuarto de equipo.
- **Facilidades de Entrada (Entrance facilities)**
Las facilidades de entrada consisten del servicio de entrada a la construcción, incluyendo la entrada a través de la pared del edificio, y continua hasta la entrada del cuarto espacio de telecomunicaciones.

Las facilidades de entrada pueden contener las rutas del backbone que conectan el espacio terminal principal hacia otros edificios en situación de campo. Las especificaciones para las facilidades mencionadas deben cumplir con los requerimientos de zonas sísmicas. La localización de otras instalaciones como las eléctricas, agua y gas deben considerarse en la selección del lugar para localización de las facilidades de entrada de telecomunicaciones. Una facilidad de entrada alternativa debe ser prevista para prevenir necesidades especiales como seguridad, servicio continuo, etc. Equipo no relacionado al soporte de las facilidades de entrada no debe ser instalado en el sitio ocupado por las facilidades de entrada. Las rutas que proveerán las facilidades de entrada pueden ser aéreas, "enterradas", bajo tierra y en túneles.

Los siguientes elementos se consideran como parte de las facilidades de entrada:

- **Backbone entre edificios (Interbuilding backbone)**
Facilidad de ruta hacia el cuarto de entrada o espacio provisto para la interconexión con otros edificios, como en un ambiente de campo.
- **Ruta de servicio de entrada (Service entrance pathway)**
Facilidad de ruta hacia el cuarto de entrada o espacio provisto como la facilidad de entrada por el proveedor de servicios.
- **Punto de entrada (Entrance point)**
Punto de emergencia del cableado de telecomunicaciones hacia el espacio en construcción.
- **Cuarto o espacio de entrada (Entrance room or space)**
Este espacio, preferentemente un cuarto, es la facilidad de servicio de la construcción en el cual la unión de las facilidades externas e internas toman lugar. El cuarto de servicio de entrada puede servir también para cualquier función de telecomunicaciones para el equipo electrónico.
- **Entrada alterna (Alternate entrance)**
Es una ruta para la duplicación o diversificación de los servicios de entrada y rutas entre construcciones
- **Antena de entrada (Antenna entrance)**
Es una ruta hacia el cuarto de entrada asociado

3.3 ANSI/TIA/EIA-606

Estándar para la Administración de la Infraestructura de Telecomunicaciones en Edificios Comerciales

Las construcciones modernas requieren de una infraestructura de telecomunicaciones efectiva para portar la amplia variedad de sistemas en los que confían la transportación electrónica de su información. Esta infraestructura abarca los espacios de equipos de telecomunicaciones, rutas de cableado, instalaciones de cableado de telecomunicaciones y hardware de terminación, aterrizaje de telecomunicaciones, y otros dispositivos. La administración de la infraestructura de telecomunicaciones incluye la documentación (etiquetas, esquemas, reportes, ordenes de trabajo, etc.) de cableado, terminación de hardware, hardware de conexión, conductores, otras rutas de cableado, closets de telecomunicaciones y otros espacios de telecomunicaciones. La recolección y periodo de actualización de la información es crítica para un proceso administrativo exitoso.

El propósito e intento de este estándar es proveer un esquema de administración uniforme que independiente de las aplicaciones, pueda cambiar varias veces a través de la vida del edificio. Dentro del control de los componentes de la infraestructura de telecomunicaciones se deberá asignar a cada componente un identificador único, para así tener identificadores para cada ruta, espacio, cable, hardware y terminación, posición de terminación, empalme y componente de

puesta a tierra (TMGB, TGB's, conductores de unión, etc.). No sólo se deben asignar identificadores, sino que también se deben etiquetar los componentes de acuerdo a las siguientes reglas:

- Las rutas de cableado se deben etiquetar en cada terminación localizada en los closets de telecomunicaciones, cuartos de equipo o facilidades de entrada. Se recomienda si es posible etiquetar en localizaciones intermedias o en un espacio regular a lo largo de la ruta.
- Todos los espacios deben estar etiquetados. Se recomienda que las etiquetas se fijen en las entradas de los espacios.
- Los sub-sistemas de cableado horizontal y de backbone deben ser etiquetados en cada extremo. Se recomienda que se fijen etiquetas en cada extremo más que marcar el cable. Una etiqueta adicional al cable debe estar localizada en una posición intermedia como son los extremos de conductos o empalmes, bocas de acceso y pull boxes.
- Se debe marcar un identificador en cada hardware de terminación.
- Un identificador debe ser marcado en cada etiqueta de posición de terminación. Cada posición de terminación debe ser marcada con el identificador de posición de terminación excepto en casos donde la alta densidad de terminaciones haga impráctica el proceso de etiquetado. Un identificador debe ser marcado en cada empalme o en su etiqueta.
- El busbar principal de unión de telecomunicaciones (TMGB) debe ser etiquetado con la marca "TMGB".
- Cada conductor del backbone y de unión de telecomunicaciones (TBB) conectado al TMGB debe ser marcado o etiquetado. Las etiquetas o marcas deben ser localizadas en los conductores y tan cerca como sea posible de la TMGB. Las etiquetas o marcas también serán colocadas en el otro extremo de este conductor de backbone de unión donde se enlazarán a los busbar de puesta a tierra de telecomunicaciones (TGB's).
- Cada TGB deberá ser marcado o etiquetado.
- Es recomendable que todos los conductores de unión extendidos a los equipos desde cualquier TGB en el edificio sean etiquetados. Las etiquetas deben ser colocadas en los conductores tan cerca como sea práctico para el TGB.

Por concepto de administración, también se deben incluir registros de los componentes de acuerdo a las siguientes reglas:

- En los registros de ruta se debe incluir los identificadores de ruta, los tipos de ruta, el porcentaje de saturación de la ruta y la carga en la ruta. Adicionalmente, se deben mantener los enlaces a los registros de cables, registros de espacios (terminación 1), registro de espacios (terminación 2), registro de espacio (acceso), otros registros de ruta y registro de puesta a tierra.
- En cada registro de espacio se debe incluir el identificador de espacio y el tipo de espacio. Además de mantener los enlaces hacia registros de rutas, registros de cables y registros de puesta a tierra.
- Se debe registrar para cada cable: identificador de cable, tipo de cable, y los cables o conductores no terminados, dañados y disponibles. Además, debe contener enlaces a los registros de posición de terminación, registros de empalmes, registros de rutas y registros de puesta a tierra. El registro de cable debe documentar todo conductor en el cable. El campo de tipo de cable incluirá el fabricante y la descripción del fabricante. También será deseable el mes y año de la instalación o aceptación lo que será registrado en información opcional.
- Para cada elemento de hardware de terminación se debe de registrar su identificador de hardware de terminación, su tipo y posición. Además, se deben

registrar enlaces a los registros de posición de terminación, registros de espacios y registros de puesta a tierra.

- Se debe registrar de la posición de terminación su identificado, tipo, código de usuario y el número de pares/conductores. Además de contener enlaces a registros de cables, registros de posición de terminación, registros de hardware de terminación y registros de espacios.
- Para los empalmes se debe registrar el identificador de empalme y su tipo. Además debe contener los enlaces a registros de cables y registros de espacios.
- Para el TMGB se debe registrar el identificador "TMGB", el tipo de busbar, el identificador del conductor de puesta a tierra, la resistencia a tierra y la fecha que indica cuando fue tomada. Además debe contener ligas al registro de conductor de unión y al registro de espacio. Puesto que el edificio tiene solo un TMGB, un simple registro mantendrá toda la información relacionada al TMGB y al conductor de puesta a tierra del edificio.
- Para el backbone de unión se debe registrar en cada cable el identificador de conductor de unión, tipo de conductor e identificador de busbar (ya sea al TMGB o a algún TGB). Además se deben mantener ligas a registro de busbar y rutas.
- Para los TGBs, el registro debe contener identificador de busbar y tipo de busbar. Además de ligas hacia registros de conductor de unión y registros de espacios.

También se deben incluir dibujos con las siguientes especificaciones:

- Se debe mantener un dibujo de los elementos de la infraestructura del sistema de cableado. Este dibujo mostrará la localización de todas las terminaciones de cableado y de los cables de backbone. También se mostrará una ruta de todos los cables. El identificador de cada terminación y cable representado aparecerá en el dibujo.
- El dibujo del backbone mostrará vistas de planta y elevación de todos los cables de backbone que sean instalados y encaminados a través de las rutas de telecomunicaciones, closets, cuartos de equipo y facilidades de entrada.
- La localización de todos los empalmes será indicada.
- Se deben mantener dibujos que registren los elementos de la infraestructura de puesta a tierra. Estos dibujos mostrarán la localización del electrodo de puesta a tierra del edificio, la ruta del conductor del electrodo de puesta a tierra desde el electrodo de puesta a tierra al TMGB y todos los busbar de puesta a tierra conectados al backbone. Los dibujos también mostrarán la ruta de todos los conductores de puesta a tierra.

Las etiquetas a utilizar en los equipos, deben cumplir con los siguientes puntos:

- Las etiquetas de terminación que identifiquen el mismo cable deben ser del mismo color.
- Los cross-connection son generalmente implementados entre campos de terminación de dos diferentes colores.
- El color naranja (pantone 150C) identificará el punto de demarcación (terminación de la oficina central)
- El color verde (pantone 353C) debe ser utilizado para identificar la terminación de conexiones de red en el lado de servicio a usuarios del punto de demarcación
- El color púrpura (pantone 264C) se usará para identificar la terminación de cables originarios de un equipo común (computadoras, PBX's, multiplexores, etc).
- El color blanco será empleado para identificar el medio del primer nivel del backbone de telecomunicaciones en el edificio que contenga el cross-connect principal.

- El color gris (pantone 422C) debe ser utilizado para identificar el medio del segundo nivel del backbone de telecomunicaciones en el edificio que contenga el cross-connect principal.
- El color azul (pantone 291C) se usará para identificar la terminación del medio de la estación de telecomunicaciones y es requerido sólo en el extremo del closet de telecomunicaciones (TC) y en el extremo de las facilidades de entrada (ER) del cable y no en el outlet connection de telecomunicaciones.
- El color café (pantone 465C) se utilizará para la identificación de las terminaciones del backbone entre edificios.
- El color amarillo (pantone 101C) se empleará para identificar la terminación de circuitos auxiliares (alarmas, mantenimientos, etc).
- El color rojo (pantone 184C) será empleado para identificar las terminaciones de sistemas telefónicos.
- En edificios que no contengan el cross-connect principal, el color blanco se utilizará para identificar las terminaciones del segundo nivel del backbone.

2.3.4 ANSI/TIA/EIA-607

Requerimientos de Unión Puesta a Tierra (aterizaje) para Telecomunicaciones en Edificios Comerciales

Las telecomunicaciones modernas requieren de una infraestructura efectiva dentro de su construcción para soportar la amplia variedad de sistemas en los que confían la transportación electrónica de su información. Esta infraestructura abarca los espacios de equipos de telecomunicaciones, rutas de cableado, instalaciones de cableado de telecomunicaciones y hardware de terminación, aterizaje de telecomunicaciones, y otros dispositivos. La infraestructura provee el soporte básico de la distribución de toda la información dentro del edificio. La unión de puesta a tierra recomendados en este estándar están propuestos para trabajar con la topología de cableado especificada en el ANSI/EIA/TIA-568-A (estándar de cableado de telecomunicaciones) e instalados de acuerdo con el ANSI/EIA/TIA-569-A (estándar de rutas y espacios de telecomunicaciones).

El propósito de este estándar es hacer posible la planeación, diseño e instalación de sistemas de puesta a tierra de telecomunicaciones teniendo o no conocimiento previo de los sistemas de telecomunicaciones que subsecuentemente serán instalados. Esta infraestructura de telecomunicaciones de unión de puesta a tierra deberá soportar ambientes multiproductos y multiprovedores. En este estándar se especifican:

- Los requerimientos de unión de puesta a tierra de telecomunicaciones para una infraestructura uniforme que deberá ser seguida dentro de los edificios comerciales donde se intenta instalar los equipos de telecomunicaciones.
- La interconexión hacia otros sistemas de aterizaje, soporte de sistemas y equipos de telecomunicaciones.
- El armazón o cuadro de unión puesta a tierra de telecomunicaciones. La figura 4 muestra el sistema de unión de puesta a tierra de un construcción grande con múltiples backbones de telecomunicaciones.
- Una referencia de puesta a tierra de sistemas de telecomunicaciones dentro de las facilidades de entradas de telecomunicaciones, los closets de telecomunicaciones y cuarto de equipo.
- La unión y rutas de conexión, protección de cables, conductores y hardware de closet de telecomunicaciones, cuartos de equipo y facilidades de entrada.

La infraestructura de unión de puesta a tierra de telecomunicaciones se origina con una conexión hacia tierra de los equipos de servicio (potencia) y se extiende a través de la construcción. Se conforma por 5 componentes principales:

- **Conductor de unión para telecomunicaciones**

El conductor de unión para telecomunicaciones debe unir al Busbar principal de puesta a tierra de telecomunicaciones (TMGB) hacia la puesta a tierra del equipo de servicio. La figura siguiente esquematiza esta conexión.

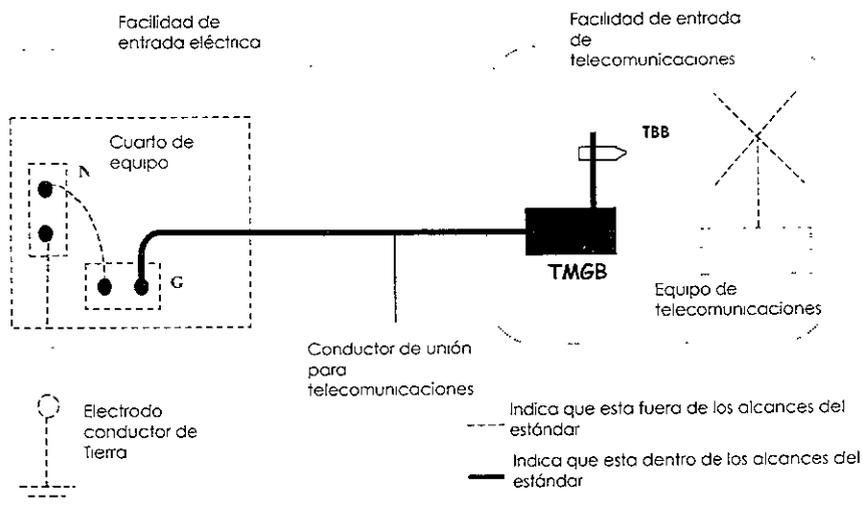


Figura 2 12 Esquema de conectividad hacia la tierra del equipo de servicio

El conductor de unión para telecomunicaciones debe ser como mínimo del mismo tamaño que el TBB, es decir, deber ser de 6 AWG.

- **Busbar (barra guía) principal de puesta a tierra de telecomunicaciones (TMGB)**

Se localizará en el cuarto de facilidades de entrada de telecomunicaciones del edificio y debe cumplir con:

- Ser una barra de cobre pre-perforado provisto con orificios para tornillos que cumplan con el estándar NEMA de tamaño y espaciado para el tipo de conectores que se empleen.
- Tener dimensiones mínimas de 6mm de grosor x 50 mm de ancho y variable en longitud para mantener los requerimientos de futuros aterrizajes.
- Ser galvanizado para reducir la resistencia por contacto.

Este TMGB se unirá al electrodo de tierra de las instalaciones de entrada eléctrica del edificio, y por otro lado se unirá al backbone de unión para telecomunicaciones (TBB)

- **Backbone de unión de telecomunicaciones (TBB)**

Un TBB es un conductor que interconecta todos los busbar de puesta a tierra de telecomunicaciones (TGB's) con el TMGB. La función básica de los TBB's es reducir o igualar las diferencias de potencial entre los sistemas de telecomunicaciones unidos a este. Un TBB se origina en el TMGB, se extiende a través de la construcción usando las rutas del backbone de

telecomunicaciones, y se conecta hacia todos los TGB's en todos los closets y cuartos de equipos de telecomunicaciones.

El TBB debe ser diseñado tomando en cuenta el tipo de construcción, tamaño del edificio requerimientos de telecomunicaciones y la configuración de las rutas y espacios de telecomunicaciones. El TBB debe ser un conductor de cable aislado y su tamaño mínimo deber ser de 6 AWG.

- **Busbar (barra guía) de puesta a tierra de telecomunicaciones (TGB)**

El busbar de puesta a tierra de telecomunicaciones es el punto central común de conexión para sistemas de telecomunicaciones y equipo localizado en el área de servicio mediante el closet de telecomunicaciones o cuarto de equipo. El TGB cumple con los puntos especificados anteriormente para el TMGB. El TGB deberá estar aislado de su soporte por una separación mínima de 50 mm y su localización ideal es al lado del panel de telecomunicaciones en caso de que exista en el closet o en el cuarto de equipo de telecomunicaciones.

- **Interconexión de unión del backbone de telecomunicaciones con el conductor de unión de puesta a tierra (TBBIBC)**

Estos componentes en conjunto con las rutas y espacios (ANSI/EIA/TIA-569) y el cableado de telecomunicaciones (ANSI/EIA/TIA-568), comprenden totalmente el soporte básico de una estructura de telecomunicaciones.

2.3.5 Estándares de Redes Inalámbricas

Las transmisiones inalámbricas constituyen una potente herramienta de transferencia de información que permiten resolver varias de las restricciones derivadas de utilizar un punto de contacto en las redes locales convencionales. Se emplean para comunicar estaciones de trabajo a través de ondas de radio, permitiendo la movilidad y flexibilidad del sistema en general. Durante los primeros años de su existencia, estas redes estuvieron rodeadas por una serie de juicios, algunos ciertos y otros no, que contribuyeron, al menos parcialmente, a la lenta aceptación que han tenido.

La norma que rige las comunicaciones inalámbricas es la 802.11 Redes Inalámbricas (Wireless LANs), que se convirtió en una norma aprobada por la IEEE en el año de 1996, aunque han sido utilizadas tanto en la industria, en la oficina como en centros de investigación desde hace más de 15 años. Son una herramienta de transferencia de información con una cobertura geográfica limitada, relativamente alta velocidad de transmisión, baja tasa de errores, administrada de forma privada y que utiliza el espectro radioeléctrico como canal de comunicación. Se emplean para comunicar estaciones de trabajo, permitiendo acceder a beneficios tales como:

- Flexibilidad, ya que los cables sirven para unir las redes pero también pueden representar serias limitaciones cuando se requiere integrar o reubicar equipos para reorganizar oficinas, etc.
- Ahorro de cableado, al utilizar ondas de radio para su conexión, no es necesario el tener que invertir altas sumas de dinero en productos, instalación de cableado, racks y organizadores, conexiones, etc.
- Movilidad, las redes inalámbricas le permiten al usuario mantener la conexión hacia la red mientras deambulan por un edificio o algún campus con una computadora portátil.

Las redes inalámbricas sirven para evitar el uso de cables dentro de tuberías que no tienen espacio para un cable más, continuos experimentos para instalar, mover o mudar equipos en la oficina, desplazarse por la empresa sin perder el contacto con la red local, interconectar dispositivos a la intemperie, establecer reuniones "ad hoc" y grupos de trabajo de corto plazo, interconectar dispositivos en ambientes industriales con severas condiciones ambientales, interconectar redes

cales entre dos edificios y como respaldo para reactivar partes críticas de una red en contingencias siniestros. La figura 2.13 ejemplifica una configuración de una red inalámbrica.

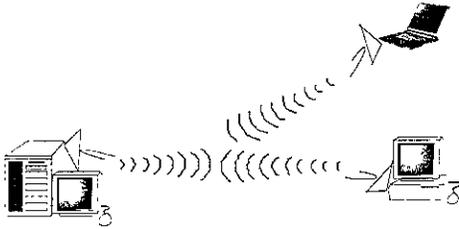


Figura 2.13 Redes Inalámbricas

Especificación 802.11

El subcomité 802.11 ha sido el desarrollador de las especificaciones para redes inalámbricas que soportan enlaces punto a punto y la infraestructura de redes inalámbricas locales vía punto de acceso a una red existente con sistema de cableado. Los protocolos desarrollados permiten al usuario móvil desplazarse con toda libertad por toda una área manteniendo la misma conexión, así como el poder de conversación. Además están disponibles dentro de pequeños dispositivos de computadoras portátiles para comunicarse por largos periodos de tiempo con una sola carga de batería. A continuación se describen los puntos más importantes dentro del estándar 802.11 de Redes Inalámbricas.

Nivel Físico

En el nivel físico el subcomité 802.11 menciona dos tipos de medios que se emplean con las LAN inalámbricas, las ondas de radiofrecuencia (R-F) y las señales ópticas de infrarrojo, siendo más utilizada la de radio por su mayor alcance aún entre objetos, pudiendo penetrar en paredes, pisos y vidrio, lo que las hacen un medio más útil que los rayos infrarrojos en un entorno estructural más complejo, aunque los elementos infrarrojos tienen un precios más bajos que los de R-F y pueden transmitir a la misma velocidad que un enlace con cableado.

La Tecnología de Espectro Disperso fue desarrollada para evitar que las transmisiones de información militar y de inteligencia fueran interferidas y descifradas. Está diseñada para dar confiabilidad, integridad y seguridad, no importando tanto el desempeño o velocidad de transmisión. El espectro disperso difiere de otras tecnologías de radio en que dispersa la señal transmitida sobre una amplia gama de frecuencias, utilizando un ancho de banda mucho mayor que el necesario por la velocidad de transmisión utilizada. Para ello mezcla la información transmitida con un patrón de dispersión que puede modificar la frecuencia o la fase (o ambas) de la información original, haciendo que esa sea extremadamente difícil de detectar por cualquier sistema que no tenga el mismo código de dispersión utilizado por el transmisor. Por otra parte, al distribuir la señal en una gama de frecuencias, se está también dispersando la potencia promedio transmitida, lo que es visto por otros dispositivos no acoplados con el transmisor, como una pequeña interferencia que pueden descartar, permitiendo así que varios sistemas coexistan compartiendo las misma frecuencia. Existen dos tipos o técnicas de modulación en espectro disperso operando en la banda de 2400-2483 MHz:

- **Salto de Frecuencia (FHSS : Frequency Hopping Spread Spectrum)**

Esta técnica de modulación divide la banda en muchos subcanales. La señal salta de subcanal a subcanal transmitiendo pequeñas ráfagas de datos en un canal por un período fijo de tiempo, llamado "dwell time". La secuencia de saltos debe estar sincronizada entre el transmisor y el receptor o la información se pierde. Comúnmente la banda se subdivide en

75 subcanales y el "dwell time" no debe exceder 400ms. El salto en frecuencia es menos susceptible a interferencia porque la frecuencia cambia constantemente, además de ser más difícil de interceptar. Esto le da a esta modulación una ventaja en el aspecto de seguridad de los datos. Para poder interceptar un sistema de este tipo es necesario "interceptar toda la banda".

- **Secuencia Directa (DSSS : Direct Sequence Spread Spectrum)**

La secuencia directa, o pseudo ruido, es la técnica más empleada en los sistemas de redes inalámbricas. La modulación de secuencia directa ofrece un medio que garantiza la integridad y la seguridad de los datos. Los mensajes se rellenan con información de redundancia y corrección de errores. También es posible usar encriptación. Con la técnica de secuencia directa, los mensajes se codifican digitalizando cada bit, con un patrón multibit llamado "chip". Unos y ceros son representados por chips que son inversores uno de otro. Cada bit cuando es transmitido, es propagado sobre un espectro de frecuencia amplia. El receptor colapsa cada chip transmitido dentro de un sólo bit. Todas las señales que no son iguales son eliminadas, dando como resultado una señal libre de interferencias. Las transmisiones con secuencia directa tienen una relación señal a ruido mejorada con respecto a las transmisiones de banda estrecha y se prestan mucho mejor para compartir el ancho de banda.

Los sistemas infrarrojo de corta apertura funcionan de manera similar a los controles remotos de los televisores: el emisor debe orientarse hacia el receptor antes de transferir información, lo que limita un tanto la funcionalidad. Los sistemas de gran apertura permiten la información en un ángulo mucho más amplio por lo que el transmisor no tiene que estar alineado con el receptor.

La tecnología infrarroja cuenta con muchas características sumamente atractivas para utilizarse en la WLAN's: el infrarrojo tiene una longitud de onda muy cercana a la de la luz y se comporta como esta (no puede atravesar objetos sólidos); debido a su alta frecuencia, presenta una fuerte resistencia a las interferencias electromagnéticas artificiales radiadas por dispositivos hechos por el hombre; en línea de vista se pueden alcanzar grandes velocidades de transmisión, de hecho se han desarrollado sistemas que operan a 100Mbps. La transmisión infrarroja con láser o con diodo no requiere autorización especial en ningún país, utiliza componentes muy económicos y de bajo consumo de potencia, esencial para los dispositivos móviles (portátiles).

Entre las limitaciones principales que se encuentran en esta tecnología se pueden señalar las siguientes: es sumamente sensible a objetos móviles que interfieren y perturban la comunicación entre el emisor y el receptor, ya que requieren de una línea de vista limpia para la señal; las restricciones de la potencia de transmisión limitan la cobertura a redes a unas cuantas decenas de metros (aprox. 100 pies), la luz solar directa, las lámparas incandescentes y otras fuentes de luz brillante pueden interferir seriamente la señal.

A principios de 1994 la Asociación de datos por infrarrojo (Infrared Data Association) introdujo un estándar de codificación y decodificación por medio de rayos infrarrojos. Este conjunto de especificaciones aseguraba que en 1995 existiría interoperabilidad entre productos basados en infrarrojos desarrollados para computadoras móviles. La tecnología de rayos infrarrojos se divide de la siguiente forma:

- **Línea de vista (Line of sight)**

La gran variedad de tecnología de infrarrojos con línea de vista está limitada a lugares como oficinas, donde no existan obstrucciones físicas para la señal entre las estaciones de usuarios. Aunque su naturaleza punto a punto restringe la distancia alrededor de 100 pies, la velocidad de transmisión puede igualarse a las redes basadas en el sistema de cableado que se encuentre en dicha instalación.

- **Infrarrojos por diseminación (Scatter infrared)**

La tecnología de redes locales por infrarrojos por diseminación rebota las señales en las paredes y techos para iluminar una área de aproximadamente 100 pies cuadrados. Esta característica produce una señal con una velocidad relativamente baja.

- **Rayos infrarrojos reflejados (Reflective infrared)**

En sistemas reflejados, los dispositivos de acoplamiento óptico (transceivers) son montados cerca de las estaciones o PC's y son dirigidos hacia un punto común sobre el techo de la oficina, esta propuesta trabaja bien en un ambiente con techos lisos.

Nivel de Enlace

Primero es necesario considerar los dos tipos de arquitecturas de redes que especifica la norma:

- **Topología Ad-Hoc**

Las estaciones se comunican directamente entre si. No se requiere instalar infraestructura, estas redes son fáciles de operar pero su desventaja es un área de cobertura limitada. Estas estaciones forman un BSS (Basic Service Set, conjunto de servicio básico). La figura 2.14 muestra la configuración de la topología Ad-Hoc.

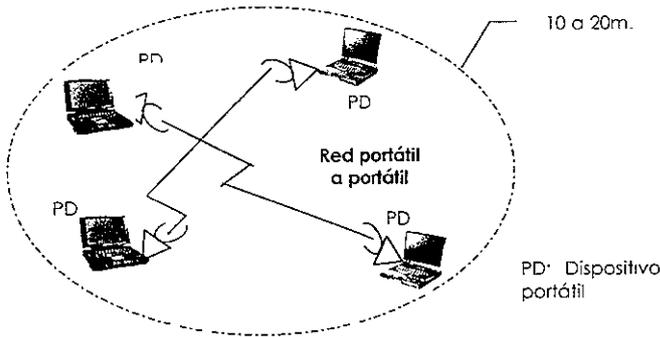


Figura 2.14 Topología Ad-Hoc

- **Topología de Infraestructura**

Las estaciones se comunican a puntos de acceso (AP, Acces Point) que son parte del sistema de distribución. Un punto de acceso sirve a las estaciones en un conjunto de servicio básico o BSS. Todo el conjunto de BSS se llaman ESS (Extended Service Set, conjunto extendido de servicio). La norma sólo especifica la interfase inalámbrica, es decir, entre estaciones y, entre estaciones y puntos de acceso. Con un sistema de distribución, el área de cobertura se puede extender tanto como lo permitan las características del sistema. En la figura 2.15 se ejemplifica la topología de infraestructura.

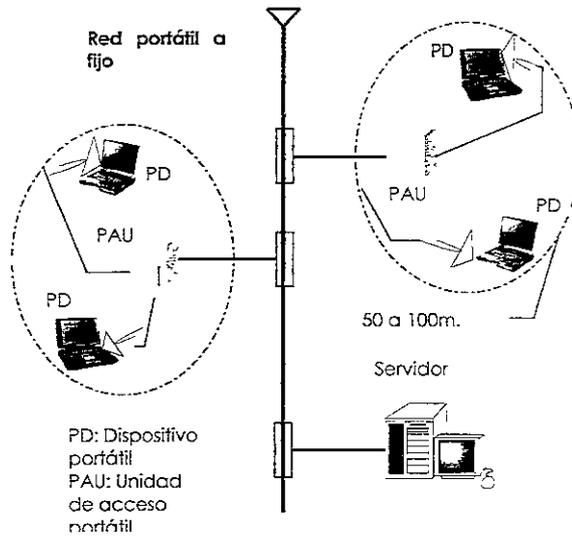


Figura 2.15 Topología de infraestructura

Como protocolo de acceso al medio, se sugiere que las redes inalámbricas empleen CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance). Este algoritmo evita colisiones, mientras que 802.3 sólo las detecta. El protocolo trabaja así: la estación "escucha" antes de transmitir. Si alguien está transmitiendo, espera un tiempo aleatorio, entonces vuelve e intenta. Si nadie está transmitiendo, entonces manda un mensaje corto, este mensaje se llama RTS (Ready to Send, listo para enviar), este mensaje contiene la dirección destino y el tiempo de duración de la transmisión, por lo tanto, las otras estaciones ya saben cuanto tiempo va a estar ocupado el canal. El destino envía un mensaje corto llamado CTS (Clear to Send, libre para enviar), este mensaje le dice al destino que puede enviar información sin peligro de que existan colisiones. Cada paquete de datos requiere una confirmación (ACK, acknowledge) de parte de la estación destino, si el origen no recibe una confirmación a algún paquete, este lo reenvía. Esta secuencia es llamada "4-Way Handshake" y la siguiente gráfica muestra su funcionamiento (figura 2.16).

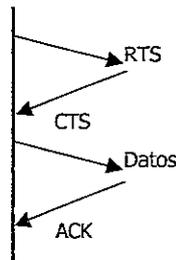


Figura 2.16 Secuencia "4 - Way Handshake"

Enrutamiento 802.11 (Empaquetamiento)

El encabezado de la trama (frame) 802.11 consta de 7 campos con 30 bytes de largo. El campo de datos que puede ir de 0 hasta 2312 bytes y el campo de chequeo que es de 4 bytes.

Trama 802.11 con longitud en bytes

Frame control	Duration ID	Address 1	Address 2	Address 3	Sequence control	Address 4	Frame body	FCS
2	2	6	6	6	2	6	0-2312	4

Trama 802.11 con longitud en bits

Protocol version	Type	Subtype	To DS	From DS	More frag	Retry	Pwr Mgt	WEP	Order
2	2	4	1	1	1	1	1	1	1

INTRODUCCIÓN

Las redes locales son muy flexibles en su instalación, tiene una gran capacidad de expansión ya que hacen posible el crecimiento, se controlan de manera local y su mantenimiento es relativamente sencillo. Dada su gran capacidad de transmisión y que pueden organizarse de manera departamental podemos decir que su coste de adquisición, mantenimiento y funcionalidad está en un punto medio bajo. El problema viene cuando distintos departamentos o distintas redes locales con objetivos independientes desean interactuar, como se presenta el caso de la red local de la Torre de Ingeniería. La distancia geográfica puede hacer que la red de la Torre se quede en pequeños puntos aislados dentro del edificio, y de manera global de la Universidad, de la ciudad, del país y del mundo.

Las ventajas de segmentar una red en varias LAN's pueden ser: dividir la carga, que la información se transmita sin problemas (sin colisiones) y más rápidamente. Además, si por lo que ocurriera (un fallo de tensión, conflictos de configuración, etc.) una estación dejase de trabajar, segmentando la red en pequeñas redes evitaríamos que el sistema se bloqueara por completo. Otro punto a considerar es la seguridad ya que podemos limitar el acceso entre dos segmentos estableciendo una LAN de acceso restringido a una LAN de acceso general. Si a todo esto le añadimos que actualmente hay un gran impacto tecnológico de estándares, que la competencia entre fabricantes es cada vez mayor, que en el mercado hay muchas redes heterogéneas y la necesidad de comunicación está alcanzando niveles insospechados, nos encontramos con el siguiente problema: interconectar los segmentos que se puedan definir en la red de la Torre, y esta misma con otras redes. Por lo anterior, en este capítulo se analizarán los dispositivos más importantes de interconexión de redes.

Se puede establecer como objetivo primordial para la red de la Torre de Ingeniería el que cumpla con los servicios que de esta sean demandados por los usuarios. El desarrollo de nuevas aplicaciones que demandan más capacidad de ancho de banda y el cuidado en los requerimientos de transmisión (latencia, calidad de servicio, la no-pérdida de paquetes, etc.) hacen que se presente la necesidad de diseñar a la red de la Torre con la característica de que se implante con una tecnología de red de alta velocidad. Existen muchas opciones tecnologías de red y el problema inmediato es la decisión sobre cual tecnología es la que satisface mejor las necesidades para el diseño de este proyecto y finalmente como poder migrar la red sin un cambio drástico en su arquitectura. Por tal motivo, en este capítulo también se analizarán las tecnologías de red que en este momento tienen mayor auge en las redes de área local y de área amplia.

1 DISPOSITIVOS DE INTERCONEXIÓN DE REDES

La interconexión de redes puede entenderse como la posibilidad de compartir recursos globales a la vez que se mantiene y reserva la independencia y la autonomía de los elementos que se conectan. Las situaciones más típicas pueden ser: la ampliación física de una LAN más allá de su capacidad de base, la interconexión de una LAN a una red WAN, o para tener mayor control o administración. A continuación se describirán las principales características de los dispositivos más importantes para la interconexión de redes.

1.1 REPETIDORES

Un repetidor representa el tipo más simple de dispositivo desde el punto de vista de diseño, operación y funcionalidad. Estos dispositivos operan en el nivel de la capa física del modelo OSI, ya que interconectan redes del mismo tipo. Su utilización sirve para extender la distancia máxima de una LAN para unir o interconectar distintos soportes de comunicación, aunque también puede servir para unir varios segmentos o varios anillos constituyendo una LAN física y lógica única.

Un repetidor no analiza la información que recibe, hace una transmisión transparente de todas las tramas de un segmento de LAN a otro (en ambos sentidos). Regenera las señales recibidas de un segmento de la red y retransmite la señal a otro segmento. También corrige la frecuencia y la amplitud. Ofrece la conversión de señales y de interfaz para acoplar distintos soportes de comunicación manteniendo a nivel lógico una sola LAN.

3.1.1.1 Tipos de repetidores

Hay dos tipos básicos de repetidores. Un repetidor eléctrico simplemente recibe una señal eléctrica y entonces regenera la señal. Para transmitir una nueva señal, el repetidor quita cualquier atenuación o distorsión previa, permitiendo una excepción en la distancia permisible de transmisión. Durante el proceso de regeneración de una señal, una nueva señal es formada con las mismas características originales de la señal recibida. Aunque varios segmentos de la red pueden ser interconectados con el uso de repetidores para extender la cobertura de la red, hay limitaciones para la regeneración de la señal de una LAN. Por ejemplo, en una red Ethernet con cable coaxial de 50 Ohms soporta una distancia máxima de 2.8 Km y esta distancia no puede ser extendida más allá por medio del uso de repetidores.

El segundo tipo de repetidor es comúnmente usado en dispositivos eléctrico-ópticos. Este tipo de repetidor convierte una señal eléctrica en una señal óptica para transmitirse y desempeña la función contraria cuando recibe una señal de luz. Al igual que un repetidor eléctrico, el repetidor eléctrico-óptico extiende la distancia que una señal puede llevarse sobre una red.

3.1.2 PUENTE (BRIDGE)

El puente es un dispositivo de interconexión de red que posee cierta inteligencia en comparación con los repetidores, ya que debe almacenar y reexpedir las tramas que le llegan por sus puertos en función del contenido de las mismas. Los bridges son dispositivos inteligentes que pueden conectar tipos de redes similares o distintas ya que operan a nivel de la capa de enlace de datos del modelo de referencia OSI (figura 3.1).

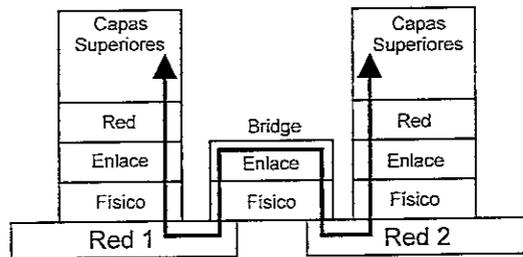


Figura 3.1 Esquema de operación de un bridge en base al modelo OSI

La instalación de un puente en una red de área local es justificable cuando han de conectarse distintas redes que se caracterizan por su función o por su propietario, también si se desea conectar redes entre distintos edificios en la misma organización sin perder ninguna funcionalidad entre ellas, o cuando se desea aislar el tráfico en cada segmento de red que conecta el puente, etc.

La función de los puentes es la de conectar dos redes separadas (segmentos de red) para formar una sola red lógica de composición más compleja. Las redes originalmente llegan a ser entonces segmentos de red que dan como resultado una red más compleja, la cual funciona como si fuese un solo cable o un dominio de broadcast. Cuando un puente debe pasar una trama de un segmento a otro de la red, normalmente ejecuta las siguientes fases:

- Almacena en memoria la trama recibida por cualquier puerto para su análisis posterior.
- Comprueba el campo de control de errores de la trama con el fin de asegurarse de la integridad de la misma. Si encontrara un error, eliminaría la trama de la red, con lo que tramas incompletas o erróneas no traspasarán la frontera del segmento de red donde se produjo el fallo.
- Algunos puentes son capaces de retocar de modo sencillo el formato de la trama (añadir o eliminar campos), con el fin de adecuarla al formato del segmento destinatario de la misma.

El puente reexpide la trama si determina que el destinatario se encuentra en un segmento de red accesible por alguno de sus puertos. El uso de bridges resuelve algunas limitaciones que tienen las arquitecturas de los estándares IEEE para redes locales, como: número limitado de estaciones que una sola red local conecta, el tamaño del área geográfica que abarca y la cantidad de tráfico que soporta (los cuales causan cuellos de botella).

Puesto que los puentes operan en el nivel 2, no pueden tomar decisiones de enrutamiento que afecten a los protocolos o sistemas de direccionamiento del nivel 3, sólo pueden operar con direcciones de nivel 2 (direcciones MAC). De esta manera aíslan el mecanismo de control de acceso al medio de los segmentos que el puente conecta. Con esto puede decir que las colisiones de un segmento Ethernet con CSMA/CD no se propagan más allá del puente hacia otro segmento de red y en el caso de un segmento Token Ring conectado por un puente, la señal token no cruza hacia el otro lado del puente.

Con un puente solo los paquetes que tienen la dirección destino a un servidor sobre un segmento diferente serían redireccionados o retransmitidos a través del puente (tráfico remoto). Los paquetes que tienen como dirección destino un servidor que se encuentra en el mismo segmento de red no son retransmitidos o redireccionados hacia otro segmento de la red. De esta manera el tráfico local no sobre carga otros segmentos de la red lógica.

Para llevar a cabo la selección, los puentes examinan las direcciones MAC origen y destino del encabezado de control de acceso al medio (MAC) dentro del paquete de datos transmitidos. Todos los paquetes recibidos desde un segmento y que deberán ser redireccionados son almacenados y verificados de error antes de que sean repetidos hacia el otro segmento (reapeted/forwarded). El almacenamiento de paquetes tiene ventajas y desventajas relativas a los repetidores.

3.1.2.1 Tipos de puentes

Los tres tipos de puentes más utilizados son: los puentes transparentes también conocidos como puentes de árbol expandido (por el algoritmo Spanning Tree) el cual enlaza segmentos del tipo bus solamente, los puentes de enrutamiento fuente (por el algoritmo source routing) que enlaza segmentos del tipo anillo, y los puentes transparentes de enrutamiento fuente, que enlazan tanto segmentos tipo bus como anillo.

3.1.2.1.1 Puentes transparentes

Un puente transparente actúa de manera que acepta y almacena todos los paquetes transmitidos a todos los segmentos de red a los cuales está conectado (modo promiscuo). Cuando llega un paquete al puente, este debe decidir si lo desecha o lo redirige, debiendo saber hacia que segmento redirigirá el paquete. Esta decisión se toma a partir de la búsqueda de la dirección destino dentro de una tabla de direcciones que contiene el puente.

Cuando se conecta un bridge a una red por primera vez, todas sus tablas se encuentran vacías, por lo que el bridge utiliza el algoritmo de inundación (flooding) y el algoritmo de aprendizaje hacia atrás, es decir, como se mencionó anteriormente los bridges funcionan de manera promiscua.

por lo que examinan todos los paquetes que se transmiten por los segmentos que conectan. Al verificar la dirección de la estación origen y por que segmento entró el paquete, de esta forma se actualiza su tabla de direcciones escribiendo que estación es accesible a través de que segmento. Para la dirección de la estación destino cada paquete de entrada se retransmite a todos los segmentos que conecta el bridge con excepción del segmento origen.

El proceso de enrutamiento para un paquete de entrada en un bridge depende del segmento donde se encuentren las estaciones transmisora y receptora, y se realiza de la siguiente manera:

- Si las direcciones de las estaciones origen y destino pertenecen al mismo segmento, el paquete es desechado por el bridge.
- Si las direcciones de las estaciones origen y destino son de diferente segmento, retransmite el paquete hacia el segmento indicado por sus tablas.
- Si desconoce el segmento de salida, utiliza el método de inundación.

3.1.2.1.2 Puentes de enrutamiento fuente

El algoritmo de enrutamiento fuente (source routing) en su forma elemental, supone que cada estación emisora de un paquete conoce si la estación receptora del paquete se encuentra localizada en el mismo segmento o en otro segmento de la red LAN. Cuando la estación destino se encuentra en otro segmento, la estación emisora incluye en la cabecera del paquete la información de la ruta de enrutamiento que el paquete deberá seguir para llegar a la estación receptora.

Cada paquete que se transmita a otro segmento de la red incluye un campo de información de ruta (R: Route Information), este campo está presente siempre y cuando el bit I/G de la dirección fuente tenga el valor de 1 (lo que indica a los puentes que se debe desarrollar un enrutamiento adicional). Los bridges de enrutamiento fuente solamente se interesan en aquellos paquetes que tienen el bit RII con valor de 1. Cada uno de estos paquetes es examinado por los bridges buscando en él, el número de segmento de la red por el que llegó y si este número de segmento es seguido por su número de identificación de bridge entonces retransmite el paquete por el segmento de red cuyo número es el siguiente la información de enrutamiento.

En el diseño del algoritmo de enrutamiento fuente está explícito el hecho de que cada estación que conforma la red lógica conoce la ruta exacta de cada una de las otras estaciones que están conectadas. La manera en que cada máquina conoce estos destinos es: si una máquina desconoce la ruta del extremo receptor, esta estación fuente emite un paquete de broadcast preguntando donde se encuentra el receptor. Todos los bridges copian este paquete de descubrimiento de tal manera que este paquete llega a todos los segmentos de la red lógica. Cuando regresa la respuesta, los bridges registran su identidad en el paquete, de tal manera que el emisor original puede verificar con exactitud la ruta tomada y finalmente tomar la mejor opción.

3.1.2.1.3 Puentes transparentes de enrutamiento fuente (SRT) o traductor

La técnica de operación de estos bridges se basa en el estándar que fue desarrollado por el comité 802.5, referido así como una técnica de puenteo transparente de enrutamiento fuente (SRT: source routing transparent).

El principio de operación de un bridge SRT es basado en el valor del bit RII en el campo de dirección fuente del encabezado MAC. Los valores de este bit indican si se desea llevar a cabo un enrutamiento por parte del bridge o no. Cuando un bridge transmisor fija el valor de 1 en el bit RII indica que se desea que se realice un enrutamiento. Si el bit RII es igual a 0 indica que no se debe realizar enrutamiento alguno. Esta característica del bit RII es debido a que este no es utilizado por

aciones que son soportadas por bridges transparentes. Como su nombre implica, la entrada del dge transparente, el manejo de enrutamiento es de manera transparente a la estación terminal. esta manera el bit RII es siempre fijado en un valor de cero por una estación que no participa en el utamiento fuente.

Todos los paquetes que son transmitidos son examinados por el bridge SRT. De esta manera, si bit RII tiene el valor de 1, entonces el paquete es manejado por medio de la lógica de utamiento fuente; si el bit RII tiene un valor de 0, entonces el paquete es manejado por la lógica bridge transparente.

2.1.4 Puentes locales y remotos

la cuarta clasificación para los bridges atiende a si las dos redes que se van a conectar están oximas o no. Según esto los puentes pueden ser:

- **Locales.** Un puente local conecta los segmentos de red (figura 3.2).
- **Remotos.** Un puente remoto está dividido en dos partes. Cada una de ellas conecta un segmento de red y las dos partes están normalmente interconectadas a través de la línea de una red WAN; por ejemplo, una línea de teléfono o RDSI (figura 3.2).

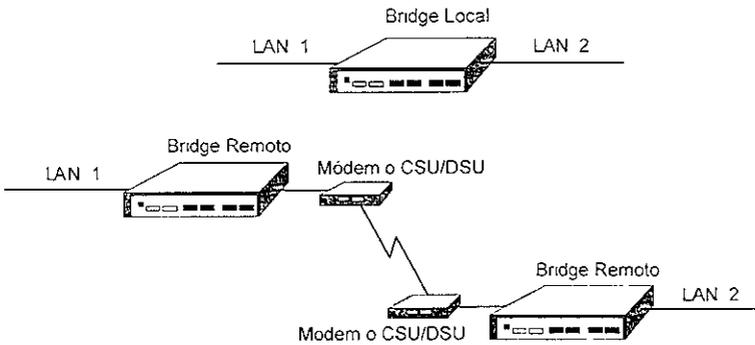


Figura 3.2 Esquema de conexión de dos redes de área local con un puente local o un puente remoto

2.2 Ventajas y desventajas de los puentes

ra llevar a cabo la selección de bridges como dispositivos de interconexión en una red LAN, se pueden considerar las ventajas y desventajas de estos dispositivos que a continuación se describen

ventajas

- 1 La separación de cualquier restricción asociada con la función de interconexión significa que el número total de estaciones conectadas y el número de segmentos realizados en una red LAN pueden ser fácilmente incrementados.
- 2 Dos segmentos de red con diferentes protocolos de control de acceso al medio pueden operar si son interconectados con un bridge
- 3 La funciones de retransmisión (relaying) basadas solamente sobre direcciones MAC dentro de un paquete con el efecto de que estos sean transparentes a los protocolos utilizados por las

capas superiores de la pila de protocolos. Esto significa que los bridges pueden ser utilizados con redes LAN que soportan diferentes pilas de protocolos en capas superiores (TCP/IP, IPX/SPX, NetBEUI, etc.).

4. Los bridges permiten tener mejor y sencillo manejo de administración de redes LAN grandes, además de que pueden ser monitoreados por medio de la red misma. La configuración operacional de la red puede ser modificada dinámicamente por medio de control de estado a través del manejo individual de los puertos del puente.
5. Los bridges participan en una red LAN dentro de pequeños segmentos que mejoran la eficiencia de toda la red total.

Desventajas

1. Desde que un bridge recibe y almacena todos los paquetes completamente antes de desarrollar la función de retransmisión, esto introduce un retraso de tiempo correspondiente a almacenamiento y retransmisión comparado con los repetidores y switches.
2. No existe la realización de control de flujo en el nivel de la subcapa MAC y de aquí que los bridges puedan llegar a sobrecargarse durante períodos de mayor tráfico, esto es, un bridge puede necesitar almacenar mas paquetes que pueden sobrepasar el espacio de memoria disponible.
3. Llevar a cabo la operación de conexión de segmentos con diferentes protocolos de subcapa MAC, significa que los contenidos de los paquetes recibidos deberán ser previamente modificados por el bridge hacia los diferentes formatos de paquetes antes de ser retransmitidos, además de tener la necesidad de llevar a cabo una nueva verificación de secuencia generada por cada paquete.

3.1.3 CONMUTADOR (SWITCH)

El switch es un dispositivo de interconexión de red que realiza la tecnología de multi segmentación de redes locales. Esta tecnología opera a nivel de la capa de enlace de datos del modelo de referencia OSI (figura 3.3).

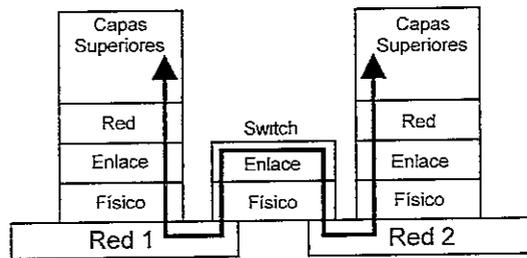


Figura 3.3 La tecnología de conmutación opera en la capa 2 del modelo de referencia OSI.

Una red local puede ser dividida en dos segmentos, con lo que se reduce la carga de tráfico de cada segmento a la mitad. Esta técnica asume que pueden mantenerse a todos los usuarios que habitualmente se comunican dentro del mismo segmento, reduciéndose de este modo la cantidad de tráfico. Si el tráfico de red continúa siendo excesivo, se puede dividir la red en cuatro o seis segmentos y así sucesivamente. Un switch realiza este tipo de segmentación, disponiendo de un cierto número de puertos. Si una estación situada en un segmento necesita comunicarse con otra estación de otro segmento, el switch actúa como puente y establece un circuito temporal entre los segmentos. Esta función de conmutación es superior a la efectuada por un bridge normal, puesto que el retardo en el almacenamiento y reenvío se eliminan gracias al circuito directo entre los dispositivos.

Un switch tiene un esquema de reenvío de paquetes basado en hardware, opuesto al mecanismo de software usado en un bridge o un router típicos, los switches interconectan un gran número de puertos moviendo datos entre estos enteramente por lógica electrónica (microprocesadores y software no participan básicamente en el reenvío de paquetes). Los procedimientos de conmutación pueden ser encapsulados enteramente dentro de circuitos integrados de aplicaciones específicas (ASICs), lo que permite una velocidad extremadamente alta de procesos de paquetes.

3.1.3.1 Tipos de conmutadores

Existen dos tipos de switches, los switches estáticos y dinámicos. Los switches estáticos no son más que un grupo de puertos conectados que conforman un mismo segmento (o grupo). Todo el tráfico de cada uno de los puertos del grupo va a todos los demás puertos que conforman el grupo y no a los otros puertos de otros grupos. El mismo efecto puede ser llevado a cabo simplemente al conectar todos los miembros de un grupo a un simple concentrador.

Los switches dinámicos llevan a cabo una operación de aprendizaje donde este aprende sobre cual puerto una estación es conectada cada vez que la estación transmite, entonces cada paquete recibido para esta estación es reenviado solo al puerto correcto, eliminando así el tráfico innecesario en el ancho de banda de otros puertos. Desde que la dirección de una estación es asimilada cada vez que la estación transmite, si las estaciones son cambiadas de localidad, el switch reconfigurará su tabla de reenvío inmediatamente. Con esto se preserva la completa conectividad.

3.1.3.2 Métodos de conmutación

Los switches pueden operar con alguno o ambos métodos de conmutación, los cuales son: Método Cut-Through y Método de Almacenamiento y Reenvío.

Método Cut-Through

Un switch Cut-Through empieza el reenvío de un paquete a su destino antes de recibir el final del paquete, este procede a transmitir el paquete hacia el puerto de salida destino después de que este ha recibido la dirección destino en el encabezado MAC del paquete. La desventaja es que puede propagar errores desde un segmento de red a otro, ya que los errores solo pueden ser detectados al final de cada paquete (debido a que el campo de verificación CRC se encuentra al final del paquete). La propagación de errores es particularmente concerniente con redes Ethernet, desde que la correcta operación del protocolo CSMA/CD genera paquetes corruptos y truncados (runts) a partir de las colisiones ocurridas durante la contención por el canal de transmisión.

En un switch Cut-Through propiamente diseñado, cuando un paquete esta siendo recibido es puesto en almacenamiento para transmisión. Tan pronto como sea eliminada la posibilidad de que el paquete se encuentre truncado, el paquete está listo para la transmisión. Como cualquier dispositivo Ethernet, el switch esperará hasta que el segmento de salida este libre antes de que la transmisión tome lugar, si una colisión llegara a ocurrir el switch se mantendría en estado de espera y retransmitiría el paquete.

Método del almacenamiento y reenvío (store and forward)

Un switch de almacenamiento y reenvío tiene que recibir un paquete completamente antes de enviarlo al puerto destino. Este método impone una sanción de latencia pero puede verificar que el paquete este correctamente disponible antes de su transmisión, evitando distribuir paquetes corrompidos o truncados. Tan pronto como el paquete es recibido y el CRC es verificado, este es enviado directamente a su destino.

Un procedimiento de almacenamiento y reenvío es necesario cuando un paquete debe ser transmitido desde un segmento de red de baja velocidad hacia un segmento de red de alta velocidad. Esto para asegurar la no existencia de huecos en el paquete.

Un switch de almacenamiento y reenvío puede aminorar teóricamente el retraso posible del procedimiento de almacenamiento y reenvío si lleva a cabo la tarea de identificar por donde va a reenviar el paquete al mismo tiempo que lo está recibiendo, es decir, sobre poner o realizar de manera simultánea la recepción del paquete y el proceso de identificación de direccionamiento, lo que significa que el switch estará listo para empezar la transmisión de un paquete inmediatamente después de que el último bit del paquete sea recibido. Cuando el tráfico de red se incrementa, los beneficios del modo de conmutación Cut-Through disminuyen. En un switch con modo Cut-Through cuando existe una carga de tráfico alta en la red, los paquetes necesitarán ser almacenados.

3.1.3.3 Arquitecturas de los conmutadores

Los switches pueden estar basados en circuitos integrados de aplicación específica (ASIC: Application Specific Integrated Circuit) o basados en procesador¹⁷. Los switches basados en procesador están contruidos con microprocesadores de estándares existentes realizando la conmutación por medio de software. Los switches basados en ASIC son mas de una combinación de hardware y firmware con procedimientos de conmutación enteramente encapsulado dentro del ASIC. Los avances en la tecnología ASIC ha hecho de los switches de redes locales sean una alternativa para los enrutadores y eventualmente para los concentradores.

Los circuitos ASIC básicamente caen dentro de dos clases: ASICs largos, los cuales llevan el manejo de un gran número de puertos; o un arreglo de pequeños circuitos ASICs que manejan un número pequeño de puertos. Idealmente, los switches deberían implantar una arquitectura de matriz de puntos cruzados pura. Una matriz es básicamente un solo ASIC que lleva a cabo una malta con múltiples rutas de comunicación con cada puerto, teniendo una ruta dedicada para cada uno de los demás puertos del switch. La arquitectura de matriz pura no se presta para la expansión, flexibilidad o conmutación de tecnología cruzada (auto negociación).

Existen tres arquitecturas de switches comunes para redes locales: switch de barra cruzada con encolado de entrada, switch de enrutamiento propio con memoria compartida y switch de bus de alta velocidad referidos también como plano posterior compartido (shared Backplane).

Switch cross-bar

Los switches cross bar son diseñados para optimizar conexiones punto a punto de enlaces seriales. En tráfico bajo, los datos no se necesitan almacenar en memoria antes de ser reenviados (cut through). Sin embargo, los switches cross bar requieren memoria de almacenamiento (buffers) de entrada en cada puerto para almacenar datos si la intersección esta ocupada (blocking). Los switches cross bar son también simples y efectivos para el traslado de interfaces de baja velocidad (Ethernet y Token Ring) a interfaces de alta velocidad (ATM, Fast y Gigabit Ethernet, y FDDI).

¹⁷ Los switches que proveen servicios de capa de red generalmente son basados en procesadores RISC para manejar los servicios de software intensivo que requiere el enrutamiento.

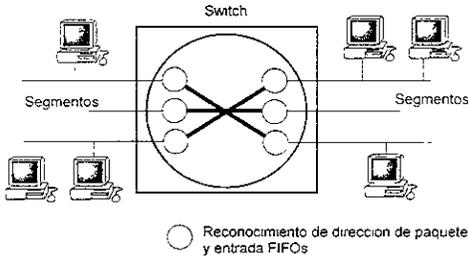


Figura 3.4 Switch con arquitectura cross bar

Switches de memoria compartida

Los switches de memoria compartida consolidan el almacenamiento de entrada dentro de una memoria global para uso común, el cual actúa como el plano posterior (Backplane) del switch. Sin embargo, una arquitectura de memoria compartida no requiere de un plano posterior para llevar los datos desde un puerto a otro, lo cual hace que el switch de memoria compartida sea menos caro que los switches de bus de alta velocidad. El almacenamiento de datos en memoria antes de que el switch pueda reenviarlos es llamado almacenamiento y reenvío e introduce un retraso.

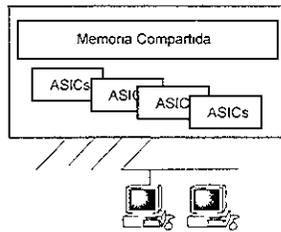


Figura 3.5 Switch con arquitectura de memoria compartida

Switches de bus de alta velocidad

Este tipo de switches conectan circuitos ASICs a un bus de datos de alta velocidad el cual sirve para conectar los puertos. Una vez que el dato es traducido a un formato común apropiado para la transmisión sobre el bus, el dato es llevado en el bus a su puerto destino. Desde que el bus puede manejar transmisiones completas desde cada puerto de manera simultánea, hace que el switch de bus de alta velocidad sea frecuentemente considerado como un switch sin bloqueo (non blocking) a partir de que el bus introduce rutas de datos sin problemas de cuello de botella.

El uso de la tecnología ASIC es la que permite al switch dar un mayor desempeño que un switch tradicional dando una alta cantidad de manejo de paquetes con un retardo extremadamente pequeño. Esto permite al switch el manejo simultáneo de reenvío de paquetes a través de todos los puertos a la velocidad de que el cable pueda brindar.

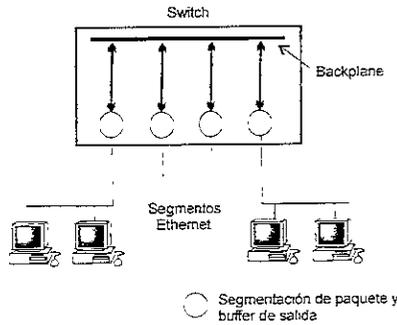


Figura 3.6 Switch con arquitectura de bus de alta velocidad

3.1.4 ENRUTADOR (ROUTER)

Los routers operan a nivel de la capa de red del modelo de referencia OSI (figura 3.7). El enrutamiento envuelve dos actividades básicas: determinación de los caminos de enrutamiento y la transportación de paquetes de información a través de una interconexión de redes. Los routers se usan tanto en redes locales como en redes de área amplia, y cuando existen más de una ruta entre dos puntos finales de la red (rutas redundantes), además de proporcionar control de tráfico y filtrado de paquetes.

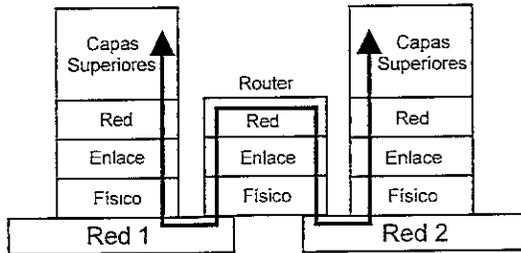


Figura 3.7 Un enrutador opera a nivel de la capa 3 del modelo de referencia OSI

Los routers proveen a los usuarios la unión de comunicación entre redes separadas físicamente y diferentes tecnologías de red. A diferencia de los bridges, los routers mantienen las identidades lógicas de cada uno de los segmentos de la red. De esta manera, una interconexión de redes basada en routers consiste de varios y diferentes subredes lógicas donde cada una de ellas es potencialmente un dominio administrativo independiente. Cada segmento¹⁸ tiene una dirección de red local específica y por lo tanto se direcciona por separado, así los segmentos son más fáciles de manejar.

Los enrutadores toman decisiones más complejas que las realizadas por un bridge o un switch. Para hacer esta toma de decisiones, los routers necesitan más información como datos sobre el costo de transmisión del paquete sobre ciertas rutas particulares. Esta información está contenida en una tabla de información conocida como tabla de enrutamiento. La tabla de enrutamiento a diferencia de la tabla de los bridges es que incluye información sobre la ruta o rutas que cualquier paquete puede tomar a través de la red para llegar a su destino.

¹⁸ Los routers permiten segmentar redes, cada segmento con diferentes dominios de difusión (broadcast).

3.1.4.1 Funciones básicas de los routers

Los routers examinan la información de dirección de los paquetes y los envía hacia su destino a través de una ruta predeterminada. Los routers mantienen tablas con información acerca de los enrutadores adyacentes y de las redes de área local que hay dentro de la red. Cuando un router recibe un paquete, consulta dichas tablas para verificar si puede enviarlo directamente a su destino. En caso contrario, determina la posición de otro router que puede hacerlo avanzar hacia su destino final.

Las tablas de enrutamiento pueden ser creadas por enrutamiento estático o dinámico. El enrutamiento estático consiste en que algún administrador de la red es el responsable de programar las rutas manualmente para cada uno de los segmentos de cada una de las rutas posibles de la red. En el enrutamiento dinámico las tablas de enrutamiento son construidas automáticamente por el router. En este caso, los routers envían y recogen información usando paquetes especiales que contienen información orientada a las rutas. La información que reciben puede ser el número de saltos, los costos asociados a las rutas hacia el destino en la red o actualizaciones cuando un router detecta un cambio en la red.

Para mantener las tablas de enrutamiento, un router difunde información cuando este detecta un cambio en la red. Esta información puede especificar la existencia de una nueva ruta a través de la red o que una ruta de servicio ha sido removida. La información difundida puede entrar en el rango de solo actualizar las tablas de enrutamiento hasta impactar completamente toda la información de la tabla de enrutamiento. El proceso de avance requiere la realización de un cierto mecanismo. Cuando el router ha recibido la totalidad de un paquete, consulta la información de dirección en el encabezado del nivel de red del paquete y a continuación lo reenvía. Como consecuencia, el rendimiento se verá influenciado por las diferencias en los componentes del router y en la arquitectura de este.

Los routers pueden trabajar con un protocolo solamente, o bien con múltiples protocolos simultáneamente (como IP o el IPX). El término router usualmente significa router multiprotocolo. Un router deberá tener el software apropiado para cada uno de los protocolos que este soporte. Esto significa que pueden tomar varias decisiones para cada paquete. Por esta razón, los routers a diferencia de los bridges, necesitan saber mas acerca de los protocolos.

3.1.4.2 Procesamiento de paquetes

Cuando un router recibe un paquete, inicia un procedimiento que lo desempaqueta y determina a donde se debe enviar. Estos procedimientos se pueden describir de la siguiente manera:

- 1 Se comprueba si el paquete tiene algún error verificando el valor de código de paridad contenido en el paquete
- 2 Se descarta la parte de la información del paquete que le añadieron los protocolos de nivel físico y de enlace de datos, como se muestra en la figura 3.8.
- 3 Se evalúa la información que añadieron la estación destino y el protocolo de la capa de red.

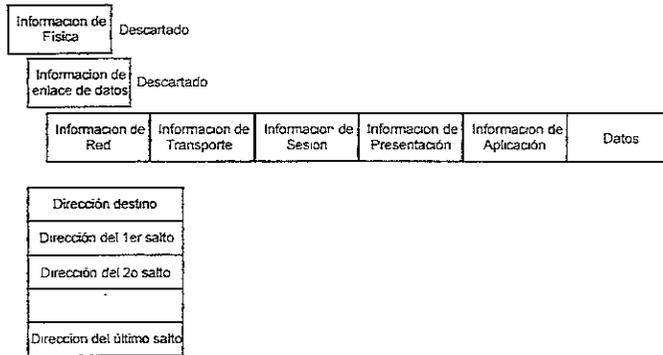


Figura 3.8 Procesamiento de paquetes realizado por un router

La información del protocolo de nivel de red contiene la dirección destino del paquete, y en el caso de redes TCP/IP que utilizan algún algoritmo de enrutamiento fuente deben llevar una lista con la información de los saltos router a router que define la mejor ruta previamente determinada. El router puede realizar una de las siguientes opciones:

- El paquete podría estar dirigido al router mismo, así que el router evalúa cuál es la información en el paquete.
- Si un paquete tiene como destino la misma red origen, el router simplemente lo envía de regreso.
- Si una lista de filtros está disponible, el router compara la dirección del paquete con los valores de la lista y lo descarta si es necesario. Esto hace que un paquete pueda entrar o salir de la red. Esto se realiza en base a razones de seguridad como los llamados firewalls.
- Si el paquete contiene información procedente del router fuente, en la que se contenga el nombre del próximo router que está en la ruta hacia su destino, simplemente dirige el paquete hacia él.
- Si un router no conoce la ruta, o no puede encontrar la dirección de destino del paquete en su tabla de enrutamiento, descarta el paquete y puede devolver un mensaje de error a la fuente.
- Algunos paquetes del tipo TCP/IP contienen información acerca del número de saltos que han hecho en la red. Si un paquete sobrepasa un cierto número, el router lo descarta ya que asume que está en un ciclo. Si es así, el router podría devolver un mensaje de error a la fuente.

Los protocolos de enrutamiento eligen el mejor camino a través de una red en base a criterios tales como el número de saltos entre los routers de la red que tendría que hacer el paquete hasta alcanzar su destino. A los paquetes se les asignan prioridades, es decir, los paquetes con prioridad alta se enviarán a través de enlaces de comunicación digital de alta velocidad, y los de prioridad baja, se enviarán a través de enlaces de telecomunicación de menor velocidad. El administrador de la red puede decidir cuáles son las mejores rutas de la red, y en algunos casos, los routers eligen el mejor camino.

3.1.4.3 Algoritmos de enrutamiento

Cuando un paquete de datos viaja a través de la red y llega a un router, este consulta en el paquete recibido la dirección destino del encabezado de nivel de red, enviándolo posteriormente a través de la ruta más adecuada. Esta ruta depende del protocolo de enrutamiento que se use.

El trabajo de los protocolos de la capa de red, es la de proporcionar la información que necesitan los routers para crear las rutas óptimas a través de la malla de redes. En función de esta información cada uno de los routers toman las decisiones necesarias de enrutamiento para determinar la mejor ruta. Esta determinación depende de varios factores, incluyendo: la medida de distancia o métrica de enrutamiento en uso, el núcleo del algoritmo implantado por el protocolo de enrutamiento de nivel que está siendo utilizado, y la arquitectura de la red enrutada.

4.3.1 Métrica de enrutamiento para algoritmos

Dependiendo de la métrica de enrutamiento utilizada se determina como una ruta es preferible a otras. Varias métricas han sido utilizadas en los algoritmos de enrutamiento. Algunos algoritmos seleccionados de enrutamiento pueden basar la selección de la ruta sobre múltiples métricas, combinándolas de tal manera que resulten en una sola métrica. Las siguientes métricas han sido utilizadas: eficacia, retraso, ancho de banda, carga, MTU y costo de comunicación.

Eficacia, en el contexto de algoritmos de enrutamiento, se refiere a la eficacia de cada uno de los enlaces. Algunos enlaces de red pueden fallar más frecuentemente que otros. Una vez que comienzan a fallar, algunos enlaces de red pueden ser reparados más fácil y rápidamente que otros.

Retraso de enrutamiento se refiere al tiempo requerido para mover un paquete desde su origen hasta su destino a través de la red. El retraso depende de varios factores, incluyendo el ancho de banda de los enlaces intermedios, el encolamiento en los puertos de cada router a lo largo de la ruta, congestión de la red sobre los enlaces intermedios y la distancia.

Ancho de banda se refiere a la capacidad de tráfico manejable disponible de un enlace. Aunque el ancho de banda es una tasa de máximo rendimiento alcanzable sobre un enlace, las rutas que consisten de enlaces con gran ancho de banda no necesariamente proveen las mejores rutas que las que consisten de enlaces más lentos. Si, por ejemplo, un enlace rápido es mucho más ocupado, el tiempo total requerido para enviar un paquete hacia su destino puede ser más grande a través del enlace que tiene un mayor ancho de banda.

La Carga se refiere al grado para el cual un recurso de la red está ocupado (un router por ejemplo). La carga puede ser calculada de diferentes maneras incluyendo el CPU y paquetes procesados por segundo (pps).

MTU (Unidad de Transferencia Máxima) se refiere al tamaño de paquete máximo que puede pasar por un enlace de red particular. Por ejemplo, un enlace de red Ethernet puede manejar paquetes tan largos como 1.5KB, mientras que FDDI puede manejar paquetes de hasta 4KB. El Costo de comunicación es el precio por enviar paquetes a través de líneas públicas o privadas.

4.3.2 Tipos de algoritmos de enrutamiento

Los routers confeccionan una tabla de enrutamiento en la que registran qué nodos y redes son alcanzables por cada uno de sus puertos de salida, es decir, la tabla describe la topología de la red. La primera clasificación de los algoritmos utilizados por los routers para realizar su función sería la siguiente:

Algoritmos de enrutamiento estático: Requieren que la tabla de enrutamiento sea programada por el administrador de red. Carece de inteligencia para aprender la topología de la red por sí mismo. Por lo tanto no serán contempladas modificaciones dinámicas de la red por los routers que siguen estos algoritmos.

Algoritmos de enrutamiento adaptivo: Son capaces de aprender por sí mismos la topología de la red. Por ello, son mucho más flexibles que los anteriores, aunque su rendimiento es menor.

Los algoritmos y técnicas de enrutamiento adaptivo, suelen dar problemas de configuración, los principales algoritmos son:

- **Algoritmo de camino más corto.** Este algoritmo calcula y registra en la tabla de enrutamiento un valor para cada conexión entre el router y cualquier nodo que pueda ser alcanzado por él. Este valor se calcula como el resultado de aplicar una métrica; por ejemplo, el número de saltos de la red para que un paquete alcance su destino, un valor que identifique el ancho de banda de la línea utilizada, el coste económico en la transmisión de cada paquete, la distancia geográfica, etc. El router dirigirá los paquetes de acuerdo con los resultados de esta métrica para cada camino posible, eligiendo los valores óptimos.
- **Enrutamiento de camino múltiple.** Algunos routers son capaces de gestionar varias rutas con la misma conexión. De este modo, son capaces de sumar el ancho de banda de cada una de las rutas (normalmente, asociadas a líneas de transmisión), como si se tratara de un único enlace.
- **Enrutamiento por gestión centralizada.** En este caso, cada nodo de red informa periódicamente a un router central, tanto sobre la topología que observan como sobre los parámetros fundamentales de red: tráfico, congestión, etc. Con este algoritmo, el router central conoce perfectamente cómo es la red. Sin embargo, presenta un problema que se hace más agudo en grandes redes: El tráfico en los enlaces próximos al router central se satura con facilidad con la información de gestión de la propia red.
- **Enrutamiento aislado.** Renuncia a la gestión centralizada en beneficio de una flexibilidad total en cuanto a la topología y al tráfico generado en la red.
- **Algoritmo de "patata caliente" o *hot potato*.** Cuando un router recibe un paquete, lo reexpide cuanto antes por la línea que tenga menor carga, confiando en que sea apropiada. Es un algoritmo muy ineficaz para la transmisión, sin embargo, el router puede utilizarlo como técnica de aprendizaje cuando sus tablas todavía están vacías.
- **Algoritmo de retro aprendizaje o *backward learning*.** Este algoritmo tiene como objetivo el aprendizaje de la topología de la red observando los paquetes que van llegando al router. Este algoritmo suele ser muy utilizado por los bridges para la construcción de sus tablas de direcciones MAC. Los routers realizan las mismas tablas, pero con direcciones de capa 3.
- **Algoritmo de inundación.** Cuando un router no conoce el camino de acceso al nodo especificado en el paquete que le llega, reexpide el paquete por todos los caminos posibles. De este modo se asegura que el paquete llegará a su destino. Esto genera un intenso tráfico de red, que además se multiplicará en cada salto de red. Para evitar una congestión exponencial de la red, los routers eliminan los paquetes que hayan sobrepasado un número de saltos en la red.
- **Técnica de enrutamiento jerárquico.** Cuando las redes son muy grandes, es difícil que un sólo router contenga toda la información de enrutamiento de la red. Además, los cambios que se producen en la red son constantes, con lo que nunca se tendría una información fiel del estado de ésta en cada momento. Para ello, se realiza un enrutamiento jerárquico, en el que cada router pertenece a un nivel de jerarquía, reexpidiendo los paquetes a los routers de una jerarquía inmediatamente superior o inferior. El proceso se repite hasta llegar al nivel de las estaciones.

3.1.4.4 Entornos autónomos

Tanto el enrutamiento referente a OSI como el de TCP/IP se usa el concepto de Sistema Autónomo (AS: Autonomous System) ó Dominios Administrativos (AD: Administrative Domain) que normalmente se conocen como dominios. Un dominio es una colección de estaciones y routers que usan el mismo protocolo de enrutamiento y que son administrados por una autoridad solamente. Por ejemplo, Internet es un conjunto de sistemas autónomos enlazados basados en TCP/IP.

TCP/IP tiene protocolos de enrutamiento interior y protocolos de enrutamiento exterior. Los protocolos OSI también usan el concepto de sistemas autónomos, pero el enrutamiento dentro del mismo dominio se llama enrutamiento intra dominio.

3.1.4.4.1 Enrutamiento respecto a TCP/IP

La arquitectura de enrutamiento de Internet (TCP/IP) es similar a la arquitectura de interconexión de Sistema Abiertos (OSI). Existe una jerarquía de sistemas formada por subredes a las que se conectan las estaciones. Estas subredes se acoplan a los routers, que son los que las conectan a las otras subredes dentro del sistema autónomo. Un sistema autónomo es una colección de subredes y routers que generalmente usan los mismos protocolos de enrutamiento y están bajo el mismo control administrativo.

3.1.4.4.1.1 Protocolos de compuerta interior

Los protocolos de compuerta interior se utilizan para intercambiar información de enrutamiento dentro de un dominio. Los mas habituales son:

- a. Protocolo de resolución de dirección (ARP: Address Resolution Protocol). Es el protocolo de descubrimiento de vecinos en el esquema de redes TCP/IP. Un enrutador emite paquetes que contienen una dirección IP, la estación o dispositivo conectado a la red que posea esa dirección devuelve su dirección MAC. La información recolectada por el router se sitúa en las tablas de enrutamiento para usos futuros y de esta manera mantener las tablas. Un protocolo similar, llamado ARP Inverso (RARP: Reverse Address Resolution Protocol) realiza la tarea opuesta, obtiene la dirección IP a partir de una dirección MAC dada.
- b. Protocolo de información de enrutamiento (RIP: Routing Information Protocol). Este protocolo es basado en algoritmos de vector distancia (DVA) para el cálculo de los caminos de enrutamiento intra-dominio. Se produce un intercambio de tablas de enrutamiento RIP aproximadamente cada 30 segundos, y los routers reconstruyen sus tablas basándose en esa nueva información. El protocolo RIP fue diseñado para redes razonablemente homogéneas pequeños o moderadas de tamaño. El intercambio de la tabla de enrutamiento puede añadir mucha sobrecarga de red.
- c. Primera ruta mas corta en abrir (OSPF: Open Shortest Path First). OSPF es un algoritmo de enrutamiento basado en algoritmos de estado de enlace para enrutamiento intra-dominio. Las tablas de enrutamiento OSPF sólo se actualizan cuando es necesario y sólo con la información significativa. Características adicionales del OSPF incluyen costos iguales de enrutamiento basado en peticiones de tipo de servicio (TOS) de capas superiores. Soporta enrutamiento basado en TOS para aquellos protocolos de capas superiores que pueden especificar tipos particulares de servicio. Por ejemplo, una aplicación puede especificar que ciertos datos tienen la prioridad de urgentes, si OSPF tiene enlaces de alta prioridad disponibles, estos pueden ser usados para transportar los datagramas urgentes.

3.1.4.4.1.2 Protocolo de compuerta exterior (EGP: Exterior Gateway Protocol)

El protocolo de compuerta exterior fue el primer protocolo inter-dominio usado por Internet, utilizado para la comunicación entre los routers principales. Es decir, proporciona una ruta para que los routers próximos situados en los límites de sus respectivos dominios, intercambien mensajes e información. Así, los routers intercambian información acerca de sí mismos. Cada dominio tiene al menos un router susceptible de convertirse en un router EGP. Estos routers principales de Internet forman el backbone de enrutamiento.

Cada EGP intercambia información de enrutamiento con los routers interiores de su dominio mediante un protocolo de compuerta interior (IGP), de tal modo que se conoce la dirección de los sistemas terminales de este dominio local. Los routers EGPs se conectan con los routers EGPs de otros dominios e intercambian información acerca de los sistemas terminales de sus respectivos dominios. Con esta información, los routers pueden determinar el mejor camino para enviar la información a otros sistemas exteriores a su dominio. Entonces, las principales funciones de los routers EGP son las siguientes:

- Realizar el procedimiento de conexión entre vecinos, para lo cual se conectan los routers exteriores y deciden intercambiar información.
- Verificar periódicamente a los routers vecinos mediante el envío de un mensaje y la espera de la respuesta. Este proceso se realiza para cerciorarse de que todavía esta disponible el router exterior.
- Intercambiar periódicamente información de enrutamiento.

Las rutinas del protocolo EGP de un router pueden realizar un escrutinio entre los routers vecinos para obtener información actualizada. Habitualmente se mantienen dos tablas, una con las rutas interiores realizada a partir de los protocolos interiores o intra dominio del tipo RIP u OSPF, y otra con los caminos exteriores obtenida con un EGP. Sin embargo, EGP tiene problemas que el protocolo de compuerta de frontera (BGP: Border Gateway Protocol) trata de resolver. Esto es a consecuencia de que el protocolo EGP se diseño cuando TCP/IP constaba de un solo sistema de cableado principal, es decir, un esquema en plano, y por tanto es ineficiente para la red con múltiples redes interconectadas.

El protocolo BGP fue diseñado para detectar enrutamientos cíclicos y para utilizar una métrica de tal manera que un enrutamiento mas inteligente pueda ser realizado. Aunque BGP es un protocolo inter-dominio, puede ser utilizado dentro y entre dominios. Dos vecinos de comunicación BGP entre dominios deberá residir sobre la misma red física. Los mensajes de actualización de BGP son enviados sobre el mecanismo de transición confiable TCP. La métrica de BGP es un número de unidad arbitraria especificando el grado de preferencia de una ruta particular. Estas métricas son generalmente asignadas por el administrador de la red a través de archivos de configuración.

Finalmente, los routers BGP tienen prefijadas unas tablas estáticas de enrutamiento, que definen explícitamente cuáles de los routers se pueden conectar. Esto evita bucles y proporciona seguridad, pero hace mas difícil modificar el tamaño de la red.

3.1.5 COMPUERTA (GATEWAY)

Un gateway es un dispositivo que desempeña la conversión de protocolos a través de las siete capas del modelo de referencia OSI (figura 3.9). Así, un gateway desempeña todas las tareas de un router así como también la conversión de protocolos.

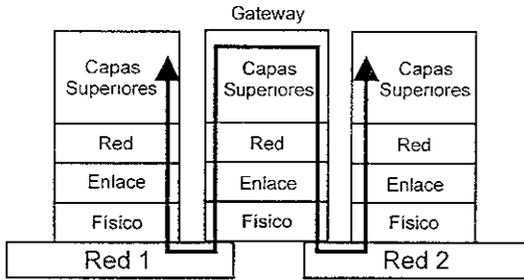


Figura 3.9 Operación de un gateway con respecto al modelo de referencia OSI

Los gateways son protocolos específicos para su función, generalmente usados para proveer acceso a mainframes. Algunos vendedores fabrican gateways multiprotocolos. Estos productos se fabrican normalmente como tarjetas adaptadoras que contienen procesadores separados que se instalan en alguna unidad de una estación o dispositivo especialmente diseñado por el fabricante. Cuando se usa con el software apropiado del vendedor, este tipo de gateway es realmente una puerta N en 1, donde N se refiere al número de conversión de protocolos y conexiones soportadas que puede manejar el gateway.

Los gateways se diseñan para ser usados principalmente para conectar redes LAN a WAN y no para la comunicación entre redes locales únicamente. Debido a las sofisticadas funciones que realiza un gateway este es más lento que un router. A consecuencia del gran número de opciones para los protocolos que pueden ser considerados cuando se configura un gateway, su instalación es considerablemente más difícil que la instalación de un router. En cualquier caso, los gateways más comunes son:

- a. Gateways de gestión de enlace con una red ajena. Sirven para generar un acceso a una red desde una estación que esté conectada en otra red. Por tanto, conectan redes de distintos protocolos (figura 3.9).
- b. Gateways de conversión de protocolos. Realizan una conversión entre los protocolos de capas superiores entre las redes que conecta.

6.6 CONCENTRADOR (HUB)

Estos dispositivos se basan en el principio de interconexión más básico. Podemos entenderlos como un punto de conexiones donde se centralizan todas las conexiones de una red, o sea un dispositivo con muchas entradas y salidas, que no hace nada más que centralizar conexiones. Suelen utilizarse para implementar topologías físicas en estrella, pero funcionando como un anillo o un bus lógico.

Al utilizar un concentrador, las estaciones de trabajo son conectadas a un punto único, la administración de redes basada en este modo es usualmente simple y de menor precio, permitiendo desde un punto central realizar la configuración y reconfiguración, y monitoreo de la red.

6.1 Tipos de concentradores

Existen varios tipos de concentradores, pero estos se caracterizan principalmente por ser del tipo pasivo o del tipo activo.

Los concentradores pasivos son armarios de conexiones o centros de cableado con pocos puertos para la conexión de estaciones en una configuración tipo estrella, no llevan a cabo ninguna amplificación de señal. Es un panel de distribución que no requiere una conexión eléctrica alguna.

Los concentradores activos generalmente contienen un mayor número de puertos que los concentradores pasivos, además de que regeneran la señal y requieren de una conexión eléctrica. Estos se utilizan como repetidores. La detección de colisiones se maneja por las tarjetas de interfaz de red de cada uno de los sistemas terminales.

Los concentradores se conectan con otros generalmente en forma jerárquica, comúnmente referida como en cascada. Este tipo de configuraciones se utilizan en sistemas de cableado estructurado (EIA/TIA 568), donde generalmente se utiliza cable par trenzado. Los concentradores hacen posible la existencia del cableado estructurado y proporcionan de esta manera los siguientes beneficios:

- Los cambios en una red serán fáciles de realizar si se cuenta con un sistema de cableado estructurado construido a partir de concentradores.
- Se podrá expandir la red en forma ordenada y sencilla.
- Los concentradores se pueden utilizar con varias tecnologías como: Ethernet, FDDI, Token Ring, y tener conexiones a redes WAN.
- Los concentradores tienen utilidades para la tolerancia a fallos.

3.1.6.2 Evolución de los concentradores

Los concentradores han evolucionado a través de varias generaciones, actualmente son los principales componentes de los sistemas de cableado estructurado. Un concentrador puede actuar como el centro de backbone principal. Los concentradores se conocen a menudo como dispositivos de soporte colapsado.

Los concentradores de la primera generación consistían en simples repetidores que daban soporte a un medio único de transmisión. La configuración de cableado que se utilizaba era apropiado para una red local o para un grupo de trabajo de alrededor de 20 usuarios. No había soporte para protocolos de administración como SNMP.

Los concentradores de la segunda generación se definen como inteligentes (smart hub) ya que incorporan utilidades de administración, añaden la capacidad a soporte de distintos tipos de medios y pueden realizar acciones de puenteo entre éstos. Cada uno de los puertos del concentrador puede configurarse, supervisarse, habilitarse, o desactivarse por un operador de la red, desde una consola de administración del concentrador. La administración del concentrador puede incluir también recolección de información sobre una variedad de parámetros de la red, como los números de paquetes que atraviesan el concentrador, tipos de paquetes, si los paquetes contienen errores, y cuántas colisiones han ocurrido. Cada vendedor de concentradores tiene algún software de administración que vende con sus productos. Estas aplicaciones varían de acuerdo a la información que ellos pueden recoger, qué órdenes pueden emitir, y cómo la información se presenta al operador de la red.

Otra característica de los concentradores de la segunda generación es el plano posterior (Backplane) con diferentes buses que dan soporte a diferentes tipos de arquitecturas, como Ethernet, Anillo, etc. Otra utilidad que aparece es la capacidad de creación de segmentos lógicos de la red local dentro de un concentrador. Esta utilidad permite a los administradores, situados en una consola de administración remota, dividir una red local en segmentos mas pequeños, por motivos de organización y rendimiento.

Los concentradores de la tercera generación consisten en concentradores corporativos que dan soporte a todas las necesidades de cableado e interconexión. Disponen de utilidades inteligentes, planos posteriores de alta velocidad y son altamente modulares aceptando un número de módulos interconectables entre sí, además de la inclusión de conexiones de área extensa y gestión avanzada.

Los concentradores modulares son populares en redes, porque ellos se extienden fácilmente y siempre tiene una opción de Administración. Un concentrador modular empieza con un chasis, o caja y una tarjeta principal, con múltiples ranuras en ella, cada una de las cuales aceptan una tarjeta de comunicaciones o módulo. A cada ranura del módulo se le ajusta un concentrador standalone; cuando los módulos de comunicaciones se ponen en las ranuras de la tarjeta en el chasis, ellos conectan a un Backplane de comunicaciones que se los unen para que una estación se conecte a un puerto en un módulo y pueda comunicarse fácilmente con una estación en otro módulo. Los concentradores modulares proporcionan un punto central donde los concentradores múltiples se localizan en armarios diferentes y pueden unirse en una sola Red. El concentrador modular puede equiparse con una variedad de conectividad y módulos de administración de red diseñado para mantener una solución personalizada en la creación de LANs y WANs.

En un concentrador modular los módulos son unidos por el Backplane de gran velocidad que también puede conectar los módulos de comunicaciones a un módulo de administración de todas las tarjetas en el chasis. Además de usar un módulo de administración para un número grande de puertos, todos tienen un módulo de suministro de poder común. Otra ventaja de algunos concentradores modulares es que pueden ponerse Ethernet, Token Ring, y módulos de comunicación FDDI en el mismo chasis y pueden usarse los mismos suministros de poder comunes.

Todos los concentradores de la última generación tienen una serie de características para proporcionar redes de alta disponibilidad y tolerantes a fallos. Éstas son, principalmente.

- **Fuentes de alimentación redundantes.** Pueden incorporar una segunda fuente de alimentación de respaldo, que entra en funcionamiento en caso de que la principal se dañe. Se puede reemplazar la fuente principal mientras sigue funcionando la de respaldo, sin que se tenga que apagar el equipo.
- **Módulos de control redundantes.** De la misma forma podemos instalar un módulo de control redundante, que sustituirá al principal en caso de avería de éste.
- **Enlaces redundantes.** Las fallas en los cables suelen ser problemas comunes en una red. Si se usan enlaces redundantes en las conexiones (suelen estar disponibles para módulos de fibra), se evitan las consecuencias de estos problemas. Si el puerto de un enlace falla o el cable se rompe, el puerto redundante entra en funcionamiento entre 100msg y 1.1sg después, dependiendo del tipo de problema. Para tener un enlace redundante se necesita una nueva conexión física.
- **Port Switching.** Esta característica permite que los puertos de un módulo puedan ser asignados dinámicamente a cualquiera de los tres canales disponibles en el Backplane. Sólo está disponible para módulos de Ethernet. De esta manera, en un mismo módulo podemos tener sus puertos asignados a tres redes Ethernet diferentes, pudiendo realizar reasignaciones a una u otra con la simple ejecución de un comando, sin necesidad de tocar el cableado. También tienen la función de conmutación de módulos, permitiendo asignar dinámicamente un módulo al canal que se desee.
- **Concentradores redundantes.** Si se instalan concentradores redundantes, se puede asegurar la partes críticas de la red (aquellas que siempre deben funcionar) contra el fallo de los

concentradores que se encuentran instalados en esas partes (como podría ser el caso de los concentradores del Centro de Cálculo). Para llevar a cabo esto se debe usar la redundancia de enlaces.

- **Inserción de módulos en caliente.** Permiten añadir o quitar módulos sin necesidad de apagar el concentrador. Sólo existe una excepción cuando se quita el módulo de control del concentrador.
- **Gestión SNMP.** Está integrada en el módulo de gestión del concentrador.

3.1.7 SEGMENTACIÓN CON CONMUTADORES Y ENRUTADORES

Partiendo de que los switches y routers operan en diferentes niveles del modelo OSI, cada dispositivo puede desarrollar un tipo de segmentación único diseñado para beneficiar a diferentes necesidades de aplicación.

Un switch es un dispositivo de propósito especial llevando a cabo la segmentación de una red local con el objetivo de proveer ancho de banda adicional. Un router es un dispositivo de propósito general diseñado para segmentar una red con los objetivos de limitar el tráfico de broadcast y proveer seguridad, control y redundancia entre dominios de broadcast individuales.

Para propósitos de este análisis, una red local es definida como un repetidor de dominio de colisión (figura 3.10). Un switch es diseñado para segmentar el dominio de colisión de una red local dentro de varios dominios de colisión mas pequeños. Esto puede resultar como en mejorar el desempeño de la red por lo que la segmentación en el nivel de la capa 2 reduce el número de estaciones compitiendo por el acceso al medio.

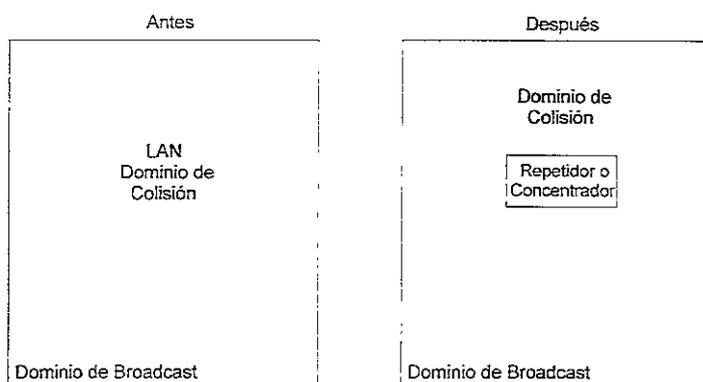


Figura 3.10 Grupo de trabajo con un repetidor como dispositivo de interconexión

La figura 3.11 ilustra como un switch segmenta un gran dominio de colisión dentro de pequeños dominios de colisión. Cada dominio de colisión representa un ancho de banda de 10Mbps. Antes de instalar el switch todas las estaciones en el dominio de colisión de red local compartían 10Mbps de ancho de banda. La instalación del switch incrementa el desempeño al proveer a los usuarios con un ancho de banda agregado de 60Mbps. Es importante considerar que los dominios de colisión individuales son aún miembros del mismo dominio de broadcast. Esto significa que el tráfico

broadcast generado en un dominio de colisión es aún enviado a todos los otros dominios de colisión, asegurando que todas las estaciones en la red puedan aún comunicarse unas con otras.

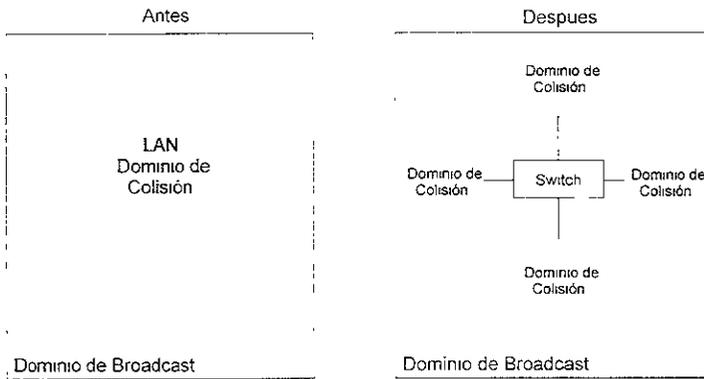


Figura 3.11 Segmentación de un grupo de trabajo por medio de un switch

Si una subred es un dominio de broadcast, puenteado o conmutado, compuesto de dominios de colisión individuales, un router es diseñado para interconectar y definir los niveles de los dominios de broadcast (broadcast domains). La figura 3.11 muestra un gran dominio de broadcast que ha sido segmentado por un switch dentro de pequeños dominios de colisión. En este ambiente conmutado, el tráfico de broadcast originado en un dominio de colisión es enviado a todos los demás dominios de colisión.

En la figura 3.12 se muestra la misma red después de que ha sido segmentada por un router dentro de dos diferentes dominios de colisión. En un ambiente enrutado, el tráfico de broadcast generado dentro de cada dominio de broadcast no fluye cruzando el router dentro de otro dominio de broadcast. Como resultado, la cantidad de tráfico experimentado por una interred como un todo es reducido.

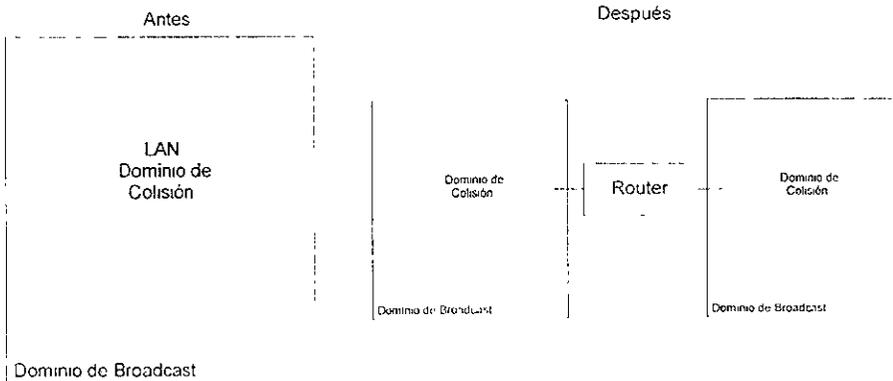


Figura 3.12 Grupo de trabajo segmentado por un router

Un router opera a nivel de la capa de red del modelo de referencia OSI, pero también puede desarrollar funciones de nivel de la capa 2 como un switch. La segmentación de capa 3 no solo crea

dominios de broadcast separados, también crea dominios individuales de colisión para cada una de las interfaces del router. Esto significa que un switch o un router pueden ser empleados para segmentar una red local y proveer ancho de banda adicional. A partir de esta observación, queda saber cual es la mejor elección para el diseño actual de las redes.

Si las aplicaciones requieren soporte de rutas redundantes, envío inteligente de paquetes o acceso a redes de área amplia, un router deberá ser seleccionado. Si la aplicación requiere solamente de incremento de ancho de banda para facilitar el tráfico y evitar cuellos de botella, un switch es probablemente la mejor elección. El costo para un nivel de desempeño dado es la mejor diferencia en la decisión para instalar un router o un switch en un ambiente de grupo. Los diseñadores de redes deben determinar la existencia de otros requerimientos, tales como redundancia, seguridad o la necesidad de limitar el tráfico de broadcast, las cuales son las justificaciones para hacer un gasto extra y utilizar un router dentro de un ambiente de grupos de trabajo.

La tendencia actual es conjuntar el empleo de switches y routers y entender como llevar a cabo la combinación de estas tecnologías y construir una red de alto desempeño y escalable. Por lo anterior, se puede definir que la conmutación y el enrutamiento son tecnologías complementarias que permiten a las redes escalar a tamaños mas allá que los que se pueden desarrollar usando solamente una tecnología. Aunque la tecnología de conmutación es hoy en día el punto principal en el diseño de redes, el enrutamiento continua siendo una tecnología importante tanto como las aplicaciones de escritorio se encuentren basadas en protocolos de red local que permitan direccionamiento, tales como IP e IPX.

3.2 TECNOLOGÍAS DE CONMUTACIÓN DE REDES

Fundamentalmente las redes Ethernet y Token Ring están basadas en el concepto de ancho de banda compartido entre los usuarios conectados a la red. Este esquema de ancho de banda compartido fue muy efectivo cuando las redes locales consistían de un pequeño número de dispositivos que solo necesitaban transferir sus archivos e imprimir sus documentos. La conmutación de redes locales es una tecnología de interconexión que le da un respiro a las redes locales con ancho de banda compartido. Esto se lleva a cabo al poder dividir toda la red compartida, en pequeños segmentos de red con un ancho de banda compartido dedicado a cada segmento.

Para comprender las tecnologías de conmutación de redes es indispensable entender la relación entre los puentes y los switches. El término puenteo se refiere a una tecnología en la cuál un dispositivo (referido como puente) conecta dos o más segmentos de red LAN. La función característica de un puente es transmitir datagramas de un segmento a su destino en otro segmento. Cuando un puente es conectado por primera vez en una red, éste empieza a operar examinando la dirección MAC (dirección de Control de Acceso al Medio) del datagrama que fluye a través de él, y de ésta manera construye una tabla de destinos conocidos. Si el puente conoce que la dirección destino de ese datagrama se encuentra en el mismo segmento del que provino, lo desecha por que no tiene la necesidad de retransmitirlo. Si el puente conoce que la dirección destino se encuentra en otro segmento, retransmite el datagrama sobre ese segmento solamente. Si el puente no conoce el segmento destino del datagrama, retransmite el datagrama sobre todos los segmentos excepto el segmento origen, esto se lleva a cabo, por medio del envío de mensajes broadcast. Por lo tanto, se puede decir que el principal beneficio del puenteo, es que limita el tráfico a ciertos segmentos de la red.

De manera similar a los bridges, los switches conectan varios segmentos de redes LAN utilizando una tabla de direcciones MAC para determinar el segmento destino de un datagrama y así reducir el tráfico en los demás segmentos, esto a velocidades mucho mayores, debido a que mueven los datos principalmente por medio de hardware (circuitos ASICs) en lugar de software (procesadores).

(ISC). De esta manera, son mucho más rápidos y proveen un mayor rendimiento a un menor costo. La mayoría de los switches, soportan tanto tecnologías de velocidades bajas como tecnologías de alto rendimiento y es por esta habilidad de los switches que inmediatamente incrementa el rendimiento de la red sin la necesidad de una actualización masiva de infraestructura de red, además de que algunos switches pueden soportar nuevas funcionalidades, como las redes virtuales (VLANs) que brindan una configuración flexible al administrador de red, por permitirle distribuir los grupos de trabajo de una manera lógica y no estar sujeto a la localización física.

Por tales motivos, se dice que la conmutación es una tecnología que ayuda a aliviar los problemas de congestión en redes al reducir el tráfico e incrementar el ancho de banda. Estos switches, están diseñados para trabajar con infraestructura de cable existente y frecuentemente se emplazan a los concentradores compartidos. Este tipo de tecnología de conmutación de redes actualmente lo podemos localizar en las redes Token Ring y Ethernet.

Como ya se ha mencionado, la transmisión en las redes Token Ring está basada en una señal referida como señal token, la cuál es pasada alrededor de las computadoras conectadas al anillo. Aunque las redes pequeñas (anillos con un menor número de usuarios) tienen menores retrasos en el paso de la señal token, grandes redes, aún garantizan que cada computadora eventualmente, tendrá acceso a la señal token en una modalidad Round Robin. La segmentación de un gran anillo por medio de un switch reduce el número de usuarios por anillo, con lo que la congestión y el retraso entre oportunidades de las computadoras de tener la señal token también disminuye. Además, los switches de redes Token Ring brindan una mejor tolerancia a fallas en la red.

Las redes Ethernet tienen un máximo de ancho de banda de 10 Mbps y es una tecnología half dúplex. Cada dispositivo Ethernet verifica la red para ver si no existe transmisión de datos sobre el medio y pueda empezar a transmitir sus datos, o en caso contrario, esperar un tiempo para volver a verificar y poder transmitirlos. En el caso de que dos computadoras comiencen su transmisión al mismo tiempo, se origina una colisión y entonces, los dispositivos entran en un estado pasivo durante un tiempo aleatorio para realizar un nuevo intento posteriormente.

Como cada vez más anfitriones son conectados a estas redes compartidas, deberán esperar con más frecuencia para poder empezar a transmitir, igualmente, ocurrirán más colisiones (ya que más anfitriones tratarán de transmitir al mismo tiempo). Es por esto que un switch de red LAN Ethernet brinda un mayor ancho de banda, al separar la red en varios dominios de colisión con un menor número de estaciones y reenviar el tráfico de una manera selectiva hacia el segmento apropiado ya que cada segmento de red Ethernet es conectado a un puerto del switch LAN. Al hacer esta división se puede reducir el número de colisiones en cada segmento y por tanto, el desempeño aumenta. De esta manera, en lugar de compartir el limitado ancho de banda de Ethernet entre muchas computadoras, cada estación o cada pequeño grupo de estaciones, puede tener un segmento de 10 Mbps dedicados. Otra ventaja es que su desempeño no requiere de grandes cambios al sistema de cableado, adaptadores de red ni reconfiguración de software en las estaciones.

Dado que es importante balancear el número de usuarios por segmento, ya que se tienen diferentes necesidades por usuario o por grupo de usuarios, existen dos opciones de incrementar el desempeño del grupo de trabajo en Ethernet, dependiendo del tipo de segmento Ethernet conmutado, éstos pueden ser:

- **Ethernet conmutado compartido (múltiples estaciones)**

En un grupo de trabajo todos los usuarios y servidores locales en el grupo, compiten por 10 Mbps de ancho de banda. Al adicionar un switch Ethernet y conectar el repetidor(es) de 10 Mbps a los puertos del switch, cada segmento (cada puerto del switch) tiene 10 Mbps. La figura 3.13 presenta un esquema ilustrativo

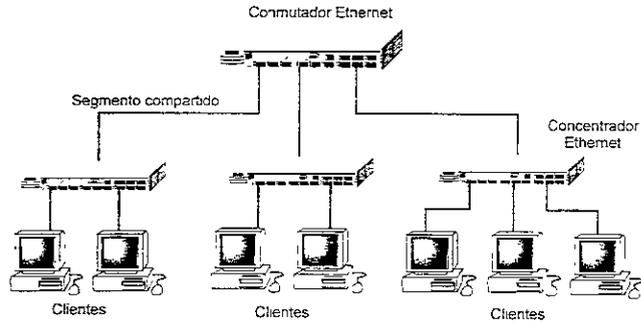


Figura 3.13 Ethernet conmutado compartido

- **Ethernet conmutado dedicado (una sola estación)**

En este esquema de la figura 3.14, se conecta cada dispositivo final a un puerto del switch, de esta manera se dedican IO Mbps de ancho de banda a cada dispositivo final. Esta solución es especialmente deseable para los diferentes servidores de la red o para clientes que requieran altos anchos de banda para sus necesidades.

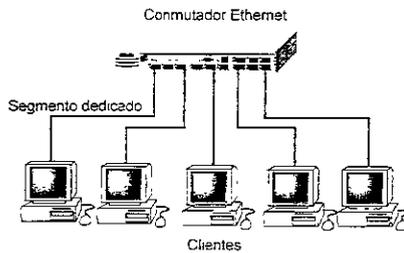


Figura 3.14 Ethernet conmutado dedicado

Las redes virtuales referidas como VLANs (Virtual LAN), son grupos de usuarios que son definidos basándose en su función lógica en lugar de su localización física. De esta manera, ayudan al desempeño y facilitan la administración de las redes en ambientes grandes de redes conmutadas. Por lo tanto, se puede decir, que una red LAN virtual (VLAN) es un grupo de anfitriones o dispositivos de red que forman un solo dominio de puenteo.

En conclusión, los switches son ideales para ayudar al desempeño de las redes al poder expandir las capacidades del ancho de banda existente. Además de que preservan la protección de inversión al no requerir de grandes cambios en las redes actuales. Además, cabe mencionar que los switches de redes LAN son tecnologías propietarias que trabajan por igual.

3.3 INTERFAZ DE DATOS DISTRIBUIDOS POR FIBRA (FDDI)

FDDI (Fiber Distributed Data Interface) fue diseñado por la ANSI como respuesta a la necesidad de una red LAN troncal de alta velocidad para permitir mayor interoperabilidad con las redes locales existentes (Ethernet y Token Ring), el comité X3T9 de la ANSI siguió el estándar definido por los comités 802 de la IEEE.

En 1982 el estándar propuesto comenzó inicialmente como una Interfaz de Datos Distribuidos localmente (LDDI: Locally Distributed Data Interface), pensada en un principio como un sistema de banda ancha (broadband) con un alcance de un kilómetro y siete nodos conectados. En 1986, ANSI publicó una propuesta que finalmente sería el FDDI como se conoce actualmente.

La arquitectura FDDI constituyó un excelente medio para construir redes de campus o backbone. Esta arquitectura beneficia principalmente a redes extensas, que poseen numerosos segmentos LAN, generadoras de una cantidad importante de tráfico.

1 Topología

La arquitectura FDDI especifica una topología que tiene dos anillos de fibra óptica independientes y en sentido inverso, que proporciona una velocidad global de 200 Mbps, es decir, 100 Mbps para cada uno de los canales.

El anillo, que en realidad son dos anillos paralelos; primario (A) y secundario (B) pueden utilizarse para enviar datos por cada uno de ellos (usualmente solo se utiliza el primario), pero se puede utilizar para formar un solo anillo en caso de que haya una interrupción en la continuidad del medio físico (el anillo B es una ruta de respaldo y solo es usada cuando hay problemas en la ruta A).

Su topología incluye árboles, cada árbol se inicia de un concentrador conectado al doble anillo al cual se le pueden conectar estaciones y tantos niveles de concentradores como sea necesario.

Algunas estaciones, las denominadas estaciones de acoplamiento doble (DAS: Dual Attached Station) se conectan a los dos anillos. De otro modo, las estaciones de acoplamiento único (SAS: Single Attached Station) se conectan a través de un concentrador el cual, proporciona las conexiones oportunas a muchas SASs. Una de las ventajas de esta configuración es que si una estación SAS falla no puede interrumpir el funcionamiento del anillo.

Es importante mencionar que FDDI fue la primera red local diseñada para trabajar a 100 Mbps y se tomó como medio físico cables de fibra óptica multimodo 62.5/125. Posteriormente se definió la operación con fibra óptica unimodo 9/125, con otros tipos de fibra óptica (50/125, 85/125, 100/140 y 125/230) y con cable par trenzado UTP categoría 5 y STP IBM tipo 1. FDDI no exige necesariamente que todos los canales sean de fibra óptica, el concentrador que permite conectar estaciones y configurar el sistema así como de aislar los nodos problemáticos mediante el punto de concentración puede incluir una interfaz en el que el usuario instalará fibra óptica para una parte de la red, y par trenzado o coaxial para otra parte de la red.

El mejor código que puede emplearse en una red es aquel que proporciona cambios de señal frecuentemente. Estas variaciones permiten ajustar constantemente el receptor con los datos recibidos, garantizando de esta forma una perfecta sincronización entre el nodo emisor y el receptor. Debido a esto, ANSI ideó el código llamado 4bits/5bits, en el que se usa un código de cuatro bits para enviar otro de cinco bits. La tabla 3.1 muestra el tipo de codificación empleado por FDDI.

Esto es, por cada cuatro bits que envía el transmisor, FDDI crea cinco. Estos cinco bits proporcionan la autosincronización buscada. De este modo, FDDI solo exige un ancho de banda de 5 MHz.

La ventaja de esta configuración es que ahorra ancho de banda, pero su desventaja es la pérdida de la autosincronización. Para compensar esta pérdida, se utiliza un largo preámbulo con el objeto de sincronizar el receptor con el reloj del transmisor.

El método de acceso de las redes FDDI es análogo al método de Token Ring denominado Token Passing con Liberación Temprana de Token (Token Passing with Early Token Release). La red FDDI emplea un método de temporización de la trama (o testigo). Donde cada nodo mide el tiempo que tarda el testigo en regresar a él (TRT), y lo compara con el Tiempo Previsto de Llegada (PTT). Si la trama regresa antes de lo estimado según el PTT, ello indica, casi con seguridad, que la red no está congestionada y que el nodo puede enviar todo el flujo de datos que requiera, siempre que no supere el tiempo marcado por PTT. Si, por el contrario, la trama llega después del plazo PTT, lo más probable es que la red esté bastante congestionada y el nodo solo deberá transmitir el tráfico de alta prioridad.

Datos de usuario		Código 4 bits / 5 bits	
Binario	Hexadecimal	Código	Símbolos
0000	0	11110	0
0001	1	01001	1
0010	2	10100	2
0011	3	10101	3
0100	4	01010	4
0101	5	01011	5
0110	6	01110	6
0111	7	01111	7
1000	8	10010	8
1001	9	10011	9
1010	A	10110	A
1011	B	10111	B
1100	C	11010	C
1101	D	11011	D
1110	E	11100	E
1111	F	11101	F

Tabla 3.1 Codificación 4bits / 5bits

3.3.2 Relación entre FDDI y OSI

La relación entre FDDI y el Modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI), se muestra en la figura 3.15. El nivel superior de FDDI encaja en el subnivel de acceso al medio (MAC) del nivel de enlace de datos. Por encima se encuentra el nivel de Control Enlace Lógico (LLC), que puede actuar como un puente y transferir los paquetes entre las redes Token Ring y Ethernet representadas. Los paquetes destinados a una estación de trabajo local se envían a los protocolos de niveles superiores en vez de reenviarlos.

Las cuatro áreas funcionales de las cuales se compone FDDI son:

- Capa dependiente del medio físico (PMD: Physical Media Dependent).
Corresponde a la capa física del modelo OSI, en ella se especifican las señales ópticas y la forma de las ondas sobre el cable de fibra, además de su instalación (incluyendo los conectores). Con fibra óptica 62.5/125 de un mínimo de 500 MHz, se especifica una distancia máxima de 2 Km entre estaciones FDDI. La atenuación máxima del anillo FDDI es de 11 dB entre terminal y terminal. También existe la subcapa PMD que utiliza fibra monomodo referida como SMF-PMD, para cubrir una distancia de 60 Km en lugar de 2 Km entre estaciones.
- Protocolo de la capa física (PHY: Physical Layer Protocol).
Esta corresponde a la mitad superior de la capa física del modelo OSI. Su función principal es codificar y decodificar las señales y del reloj, además de especificarse el tamaño máximo de frame. El proyecto de mejora llamado PHY-2, fue aprobado por ANSI en 1990.

- **Control del acceso al medio (MAC: Media Access Control).**
Corresponde a la mitad más baja de la capa 2 (Enlace de datos) del modelo OSI. Planea y transfiere datos dentro y fuera del anillo FDDI, además de construir los paquetes, reconoce las direcciones de las estaciones, la señal testigo (token passing) y la generación y verificación de la Secuencia de Verificación del Frame (FCS: Frame Check Sequences). El proyecto de mejora fue referido como MAC-2 aprobado en 1990.
- **Administración de estación (SMT: Station Management).**
Cubre las subcapas anteriores. Se encarga principalmente de la configuración inicial del anillo FDDI y el monitoreo del bit de error. Incluye la administración de la conexión y del anillo, así como sus funciones y servicios basados en frames.

OSI Capa de Enlace de Datos	Control de Enlace Lógico IEEE 802.2 (LLC: Logical Link Control)	
	Control de Acceso al Medio (MAC: Media Access Control) <ul style="list-style-type: none"> • Direccionamiento • Construcción de frame • Manejo de la señal testigo token 	Administración de Estación (SMT: Station Management) <ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo del anillo • Administración del anillo • Manejo de frames SMT
OSI Capa Física	Protocolo de la Capa Física (PHY: Physical Layer Protocol) <ul style="list-style-type: none"> • Codificación y Decodificación • Manejo del reloj (Clocking) • Conjunto de símbolos 	
	Capa Dependiente del Medio Físico (PMD: Physical Layer Medium Dependent) <ul style="list-style-type: none"> • Parámetros para la liga óptica • Cableado y conectores 	

Figura 3.15 Relación entre FDDI y el Modelo OSI

3.3 Tipos y Estándares de FDDI

El estándar de FDDI especifica arriba de 500 estaciones (sea un concentrador, puente, brouter, enrutador o una estación final) conectadas directamente al anillo. Esto significa que el número máximo de estaciones no está limitado por el ancho de banda.

Utilizando fibra multimodo de 50/125 se llega a cubrir una menor distancia, ya que al utilizar monomodo de 9µm se puede extender la distancia entre estaciones por arriba de los 60 Km dependiendo del equipo usado, aunque la distancia del anillo sigue siendo de hasta 100 Km. Es por eso, que el anillo FDDI deberá ser segmentado en anillos por medio de compuertas, enrutadores o puentes para superar este límite.

Especificación	Tipo de cable	Distancia
PMD	Fibra Óptica 62.5/125	2 Km
TP-PMD	UTP Categoría 5 o STP IBM tipo I	100 Km
SMF-PMD	Fibra Óptica 9/125	60 Km
LCF-PMD	Fibra Óptica 50/125, 85/125, 100/140, 200/230	500 Km

Tabla 3.2 Especificaciones de distancia en FDDI

FDDI dispone de 3 modos de transmisión. Los dos primeros asíncrono y síncrono, ya aparecen en la norma FDDI original, mientras que el tercero, basado en circuitos, puede proporcionar circuitos dedicados. Este último modo se encuentra disponible en la nueva norma FDDI-II.

- **Servicios asíncronos.**
El modo de anillo asíncrono se basa en el uso de un testigo mediante el cual cualquier estación puede acceder a la red. Este modo implica que no se establece prioridad sobre algún tipo de tráfico, lo que perjudica el tránsito sensible al tiempo. Un método de resolución de tráfico consiste en almacenar los paquetes recibidos hasta completar el conjunto y luego ordenarlos. Esto involucra un retraso inaceptable en videoconferencias interactivas, aunque es aceptable si se trata de una visualización final de video almacenada.
- **Servicios síncronos.**
El modo de anillo síncrono con testigo permite realizar una priorización de tráfico sensible al tiempo, de modo que los paquetes lleguen dentro de unos márgenes de tiempo. Las capacidades síncronas deben añadirse a través de actualizaciones de software en la mayoría de tarjetas FDDI existentes.
- **Servicio basado en circuitos.**
Este modo utilizado únicamente en FDDI-II, puede crear una línea de comunicación dedicada entre dos estaciones de trabajo con un ancho de banda garantizado. Estos servicios de FDDI-II se proveen mediante la asignación de intervalos de tiempo regulares y repetidos durante la transmisión con objeto de crear un canal de comunicación dedicado entre dos estaciones. Este método se le denomina transmisión isócrona.

Características	FDDI	FDDI-II	FOL
Estado	Disponible	Por salir	Futuro
Madurez	Adulto	Prenatal	En proyecto
Complejidad	Media	Alta	Alta
Tasa de Transmisión	100 Mbps	16 circuitos de 96 canales de 64 Kbps c/u	155Mbps - 2.48 Gbps
Medio de Transmisión	Fibra óptica, UTP, STP	Fibra óptica	Fibra óptica
Tipo de Transmisión	Asíncrona y síncrona	Asíncrona, síncrona e isócrona	Asíncrona, síncrona, isócrona y ATM
Tipo de Información	Datos, algo de multimedia	Datos, imágenes, voz, audio y video	Datos, imágenes, voz, audio y video

Tabla 3.3 Comparación entre las versiones de FDDI

FFOL (FDDI Follow On LAN) es el nombre propuesto al estándar que reemplazará algún día FDDI para operar arriba de 2.4Gbps.

Ambos FDDI y FDDI-II corren a 100Mbps en fibra. FDDI puede transportar ambos tipos de paquetes asíncrono y síncrono. FDDI-II tiene un nuevo modo de operación llamado Modo Híbrido (HRC: Hybrid Ring Control), este modo usa una estructura de ciclo de 125 μ s para modo isócrono, en adición a los paquetes síncrono/asíncrono. FDDI-II soporta integradas capacidades de voz, video, datos, y por lo tanto expande el rango de aplicaciones de FDDI. Las estaciones FDDI y FDDI-II pueden ser operadas en el mismo anillo solo en modo básico.

FDDI-II es un conjunto de estándares desarrollados por el Instituto de Estándares Nacionales Americanos (ANSI), el Comité de Estándares Acreditados (ASC) y el Grupo de Trabajo X3T9.5. Sus componentes se conocen como MAC-2, PHY-2 y SMT-2. Es compatible hacia abajo con FDDI a parti-

te que FDDI-II puede interpretar la parte de datos de FDDI. FDDI no es compatible hacia arriba con FDDI-II porque no puede interpretar la parte de voz y video. Los servicios básicos de FDDI pueden estar disponibles desde una estación FDDI-II además, esta estación deberá soportar el Control de Anillo Híbrido (HRC) para las funciones del anillo FDDI-II.

La norma FDDI-II se ha diseñado para redes que necesitan transportar video en tiempo real u otro tipo de información que no puede tolerar retrasos de tiempo. La arquitectura, requiere que todos los nodos de la red utilicen FDDI-II, de otro modo, la red se convierte en una FDDI. FDDI-II utiliza técnicas de multiplexaje que dividen el ancho de banda en circuitos dedicados, y de esta forma garantizan la distribución del tráfico multimedia. Puede crear hasta 16 circuitos separados que trabajen dentro de unos márgenes de velocidad establecidos (entre 6.144 Mbps hasta 99.072 Mbps cada uno). Además estos canales pueden subdividirse para producir un total de 96 circuitos separados a 64 Kbps.

Además de la capacidad de conmutación de paquetes que soporta el protocolo FDDI, incluye la capacidad de conmutación de circuitos, la cual provee soporte para determinar el tiempo usado para la transmisión de video y voz, entre otros.

El anillo FDDI-II sólo opera en el modo en el que fue inicializado, es decir, básico o híbrido. El tamaño del frame en el modo híbrido no está limitado a 4500 bytes como es para el modo básico.

La subcapa HRC es la principal diferencia entre FDDI-II y FDDI, y es la subcapa más baja de la capa de enlace de datos, tomando su lugar entre la subcapa MAC y la PHY. El HRC esta compuesto de los protocolos Multiplexor Híbrido (H-MUX: Hybrid Multiplexor) y el Control de Acceso al Medio Isócrono (I-MAC: Isochronous Media Access Control). El H-MUX integra paquetes de datos isócronos en ciclos que se transmiten y reciben del medio utilizando los servicios de la capa física del modelo OSI. El I-MAC provee canales de transmisión separados para la transferencia de información isócrona de los usuarios. El anillo HRC puede operar hasta 100 Mbps.

El estándar SMT-2 se construyó sobre el actual SMT (Administración de Estación) y está conformado por tres documentos que son: Servicios Comunes de Administración de Estación para FDDI-II (SMT-2-CS), Servicios Propios de Administración de Estación para FDDI-II (SMT-2-PS) y los Servicios Isócronos de Administración de Estación para FDDI-II (T-2-IS).

Productos FDDI-II

Aunque FDDI-II todavía no está disponible, la compañía Alfa, Inc. Ha introducido un sistema llamado FDDI-Sync el cual es esencialmente una implementación FDDI-II pre-estándar.

3.4 ETHERNET

3.4.1 Historia de Ethernet

A finales de los 60s la universidad de Hawaii desarrolló una WAN llamada ALOHA construida con la finalidad de interconectar por radio terminales y computadoras distribuidas por todo su campus, con la característica de que esta red utilizaba el protocolo CSMA/CD como método de acceso al medio. Este sistema se considera como el antecedente de Ethernet. El primer sistema Ethernet fue desarrollado en el año de 1976 por Bob Metcalfe y David Boggs de Xerox Palo Alto Research Center (PARC); lograron interconectar, por medio de un cable de un kilómetro de longitud, cien computadoras de Xerox Alto en un rango de transmisión de datos de 2.94Mbps¹⁹ agregando la

¹⁹ Este rango de transmisión de datos fue establecido a causa del sistema de reloj con que contaban las computadoras de Xerox Alto.

detección de la portadora y construyendo así un sistema CSMA/CD. El nombre que se le dio a este sistema fue el de Ethernet. En 1979, Digital Equipment Corporation (DEC), Intel y Xerox se unieron con el propósito de diseñar un estándar para un sistema Ethernet de 10Mbps conocido como DIX (inicial de las tres compañías), de manera que pudiera ser utilizado por cualquier otra compañía. Este estándar formó la base del 802.3 el cual fue el primer estándar para la tecnología Ethernet del IEEE y conocido como "Carrier Sense Multiple Access with Collision Detect (CSMA/CD) Acces Metod and Physical Layer Specifications".

El estándar 802.3 difiere de la especificación Ethernet de DIX en el aspecto de que el 802.3 describe una estructura completa de sistemas CSMA/CD persistente-1, operando a tasas de transmisión de datos de 1 a 10Mbps en varios medios. En la tabla 3.4 se muestran los cambios que ha tenido la especificación de la tecnología Ethernet.

3.4.2 El sistema Ethernet

Ethernet es una tecnología para redes de área local que transmite información entre estaciones a una tasa de 10, 100 y 1000Mbps con el protocolo CSMA/CD como control de acceso al medio de comunicación. Cada estación Ethernet opera independientemente de todas las demás estaciones en la red, no hay un controlador central. Todas las estaciones Ethernet están conectadas a un medio de comunicación llamado bus, backbone o medio. Las señales Ethernet (banda base) son transmitidas de manera serial, un bit en un tiempo sobre el canal de señal compartido. Los datos se transmiten en forma de una trama Ethernet o paquete.

3.4.3 Trama Ethernet y direcciones Ethernet

El núcleo del sistema Ethernet es la trama o paquete Ethernet (figura 3.16), el cual se utiliza para enviar datos entre las estaciones de la red.

Bytes	7	1	2 ó 6	2 ó 6	2	0 - 1500	0 - 46	4
	Preámbulo	Inicio del delimitador de marco	Dirección destino	Dirección fuente	Longitud del campo de datos	Datos	Relleno	CRC

Figura 3.16 Formato de trama de Ethernet

Cada trama Ethernet comienza con un preámbulo de 7 bytes los cuales contienen el patrón de bits 10101010. Al codificar este patrón de bits con la codificación Manchester se logra producir una señal de 10Mhz durante 5.6µseg que permite que el reloj de la estación receptora se sincronice con el de la estación transmisora. Enseguida de este patrón de bits viene un byte de inicio de trama que contiene 10101011 para indicar el propio inicio de la trama Ethernet.

La trama contiene dos campos de direcciones, uno para la de destino y otro para la de origen. El estándar permite direcciones de 2 bytes y de 6 bytes, pero los parámetros definidos para el estándar banda base de 10Mbps usan sólo direcciones de 48 bits. Los primeros 24 bits de cada dirección son los identificadores OUI's y los restantes son los asignados por los fabricantes de las interfaces Ethernet. Para distinguir las direcciones locales de las globales se emplea el bit 46 (adyacente al bit de orden mayor). Las direcciones locales son asignadas por cada administrador de la red y no tienen significado alguno fuera de la red local. Las direcciones globales son asignadas por el IEEE (802.1) para asegurar que no existan en el mundo dos estaciones con la misma dirección global.

Antecedente	
Sistema ALOHA	- Interconexión por medio de radio entre estaciones de las universidades de las islas de Hawai, diseñado por Norman Abramson
Estándar	Especificaciones
Sistema Ethernet	- Primer sistema Ethernet desarrollado por Bob Metcalfe y David Boggs de Xerox PARC - Cien computadoras conectadas a un cable de longitud de 1Km. con rango de transmisión de datos de 2.94Mbps y el protocolo CSMA/CD
DIX Versión 1.0	- Diseñado por Digital Equipment Corporation (DEC), Intel y Xerox. - Se define el sistema thick Ethernet (10Base5) a 10Mbps con el protocolo de acceso al medio CSMA/CD
DIX Versión 2.0	Esta fue la segunda y final versión de DIX
IEEE 802.3	- El IEEE desarrollo el estándar para Ethernet conocido como: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detect (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications - El sistema opera de 1 a 10Mbps con una estructura completa de sistemas CSMA/CD persistente-1 y coaxial grueso como medio
IEEE 802.3a	- Define la segunda versión de Ethernet conocida como "thin", "cheapernet" o 10Base2 - Utiliza como medio cable coaxial delgado - El sistema opera a 10Mbps con el protocolo CSMA/CD
IEEE 802.3b	- Estándar conocido como 10Broad36 que define a Ethernet a 10Mbps sobre un sistema de cable "broadband" (banda amplia)
IEEE 802.3d	- El IEEE define este estándar como Fiber Optic Inter Repeater Link (FOIRL) el cual utiliza dos cables de fibra óptica para extender como distancia mínima de 1Km. la conexión entre repetidores Ethernet a 10Mbps.
IEEE 802.3e	- Este estándar define un sistema Ethernet a 1Mbps basado en cableado de par trenzado. Este estándar nunca fue usado.
IEEE 802.3f	- Se presenta un avance en Ethernet con la introducción del estándar conocido también como 10BaseT - Se define la operación de Ethernet a 10Mbps. sobre cable UTP categoría 3 - Permite que una red Ethernet pueda ser diseñada con una topología en estrella mucho más fácil de administrar, mantener y solución a problemas
IEEE 802.3j	- Estándar conocido como 10BaseF (FP, FB y FL) define el enlace vía dos cables de fibra óptica sobre una distancia de 2Km - Este estándar actualiza y expande la versión del estándar FOIRL
IEEE 802.3u	- El IEEE define en este estándar la nueva versión de la tecnología Ethernet la cual opera a 100Mbps., y comúnmente conocida como "Fast Ethernet" - Los tres tipos de medios soportados son: 100Base-TX que opera sobre dos pares de cable par trenzado categoría 5, 100Base-T4 que opera sobre cuatro pares de cable par trenzado categoría 3 y 100Base-FX que opera sobre dos fibras multimodo
IEEE 802.3x	- Se define la operación de Ethernet "full duplex" con operación normal del protocolo CSMA/CD - Se dobla el rango de transmisión permitiendo que en un enlace entre de estaciones puedan recibir y transmitir datos al mismo tiempo a 10Mbps.
IEEE 802.3y	- Conocido también como 100Base-T2, se extiende el protocolo "full duplex" a Ethernet a 100Mbps. - El modo de operación es sobre dos pares de cable par trenzado Categoría 3.
IEEE 802.3z	- El IEEE define una nueva versión de la tecnología Ethernet la cual opera a 1Gbps., y comúnmente conocida como "Gigabit Ethernet" - Los tres tipos de medios soportados son, 1000Base-SX que opera sobre fibra multimodo a 850nm Láser, 1000Base-LX que opera sobre una fibra multimodo a 1300nm Láser y 1000Base-CX que opera sobre cable STP "twinax"
IEEE 802.3ac	Define agregados para soportar LAN Virtuales [VLAN] en redes Ethernet
IEEE 802.3ab	Conocido como 1000Base-T define la operación 1Gbps sobre cuatro pares de cable UTP categoría 5

Tabla 3.4 Historia de Ethernet

El campo *longitud* indica el tamaño en bytes del campo de *datos* de un mínimo de 0 a un máximo de 1500. Como podemos recordar, el estándar 802.3 establece que los paquetes válidos deben de ser mínimos del tamaño de 64 bytes de longitud desde el campo de dirección destino hasta el de la suma de comprobación. Si el campo de datos es de 46 bytes, se usa el campo de *relleno* para rellenar el paquete al tamaño mínimo.

Por último, el campo de la *suma de comprobación* es un código de dispersión de 32 bits de datos. En el caso de que algunos de los bits de datos se reciban erróneamente, la suma de la comprobación tendrá errores, este es una comprobación de redundancia cíclica. Como cada paquete Ethernet es enviado por medio de un canal compartido, todas las interfaces Ethernet verifican primero los 48 bits del campo de dirección destino. Las interfaces comparan la dirección destino del paquete con su propia dirección. La interfaz Ethernet con la misma dirección que la dirección destino del paquete leerá el paquete entero y lo pondrá disponible al programa de red que sé este ejecutando en la computadora. Todas las demás interfaces de red detendrán la lectura del paquete cuando verifiquen que la dirección destino del paquete no es la misma de la dirección con que cuentan.

3.4.4 Tipos de medio para Ethernet

Como se define en el estándar IEEE 802.3, para el sistema Ethernet que opera a 10Mbps, hay cuatro medios banda base definidos, como se muestra en la figura 3.17.

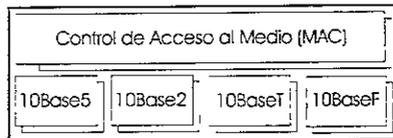


Figura 3.17 Tipos de medio para Ethernet

Los elementos que son utilizados para hacer una conexión al medio de comunicación ó bus, están definidos por el estándar IEEE 802.3 y son los siguientes:

- **Interfaz Dependiente del Medio (MDI).**
Por medio de una interfaz dependiente del medio o MDI (Medium Dependent Interface) se hace la conexión al medio de comunicación en Ethernet. Este es una pieza de hardware para hacer una conexión física directa y eléctrica a el cable de red (bus).
- **Unidad de Conexión al Medio (MAU).**
La unidad de conexión al medio o MAU (Medium Attachment Unit) es conocido como un transceptor (transceiver) debido a que transmite y recibe señales al medio de comunicación. El MDI forma parte del MAU y le permite hacer una conexión directa y eléctrica al medio de comunicación.
- **Interfaz de la Unidad de Conexión.**
La interfaz de la unidad de conexión o AUI (Attachment Unit Interface) transmite las señales del MAU a la interfaz de red Ethernet. El AUI puede ser conectado a la interfaz de red de una estación por medio de un conector de 15 pines.
- **Equipo Terminal de Datos o Computadora (DTE).**
Un dispositivo de red es por sí mismo definido como un equipo terminal de datos o DTE (Data Terminal Equipment) dentro de los estándares IEEE. Cada DTE conectado a una red Ethernet es equipado con una interfaz Ethernet. La interfaz Ethernet permite establecer conexión con el canal de comunicación o bus y contiene dispositivos electrónicos y programas necesarios.

para llevar a cabo las funciones de control de acceso al medio requeridas para enviar una trama²⁰.

En la siguiente figura se muestra el esquema de conexión al bus Ethernet.

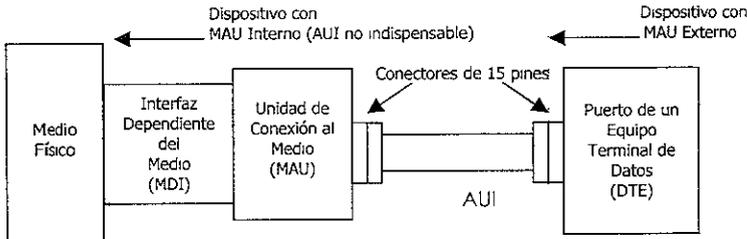


Figura 3.18 Componentes para una conexión a 10Mbps

EL MAU y el MDI son específicamente diseñados para cada tipo de medio utilizado en una red ethernet.

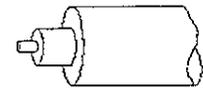
3.4.1 El Sistema Ethernet a 10Mbps con Cable Coaxial Grueso

Esta es la versión original de Ethernet. Los segmentos de cable coaxial grueso son instalados como bus principal (backbone) para interconectar concentradores Ethernet. El cable coaxial grueso típicamente puede operar a una tasa de transmisión de datos de 10Mbps. En la figura 3.19 se presenta un esquema de una red Ethernet con cable coaxial grueso como medio.

El segmento de red está basado en un cable coaxial grueso (aprox. 1cm o 0.4inch de diámetro) relativamente no flexible. Los extremos de los segmentos de cable coaxial grueso están equipados con conectores macho tipo "N". Dos segmentos de cable coaxial grueso pueden ser conectados por medio de un conector tipo "N" conocido como "barril". El terminador es una resistencia de 50Ohms instalada en los extremos del bus de cable coaxial con el fin de que absorba la señal que ha viajado a lo largo este y evite colisiones en la red Ethernet

La interfaz Ethernet hace una conexión eléctrica al cable coaxial grueso por medio de un transceptor externo MAU. Siguiendo el estándar 802.3, deben de haber 100 transceptores conectados a un segmento de cable de 500m de longitud y un espacio de 2.5m entre cada transceptor. Estas restricciones son para limitar la atenuación y distorsión que pueda sufrir la señal en el cable. El MAU externo está equipado con un conector macho AUI de 15 pines y un punto de conexión para un conector con pestaña corredera. La interfaz de red alimenta eléctricamente al MAU, el cual consume un promedio de 12volts DC. Otra especificación importante es proveer con un punto de aterrizaje a cada segmento de cable por seguridad eléctrica.

Los puertos en repetidores no usan una interfaz Ethernet. Un puerto de un repetidor se conecta al bus Ethernet usando el mismo AUI, MAU y MDI. Los puertos de un repetidor operan en un nivel individual de bits para señales Ethernet, moviendo simplemente las señales de un segmento a otro. Por lo tanto, los puertos de un repetidor no usan interfaces Ethernet para hacer sus funciones, esto debido a que no operan al nivel de los paquetes o tramas Ethernet. Sin embargo, un repetidor o concentrador puede ser equipado con una interfaz Ethernet para permitir un camino de comunicación con otros concentradores en la red. Los distribuidores de los concentradores proveen a estos con una interfaz que pueda interactuar con una estación remota de administración y monitoreo de red.



Impedancia: 50Ohms
 Atenuación (500m a 10Mhz): 8.5dB (máximo)
 Velocidad de propagación: 0.77c
 Máxima longitud de segmento: 500m
 Número máximo de MAUs por segmento: 100
 Retardo máximo por segmento: 2165ns
 Espacio entre estaciones: 2.5m
 Codificación de señal: Manchester

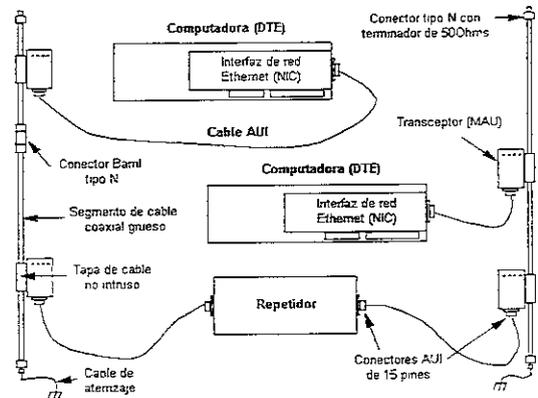


Figura 3.19 Sistema Ethernet 10Base5

El cable AUI hace la conexión entre la interfaz Ethernet y el MAU externo por medio del conector AUI macho del MAU y el conector AUI hembra de la interfaz de red. Un cable transceptor es construido como una extensión eléctrica con un conector macho en un extremo y uno hembra en el otro. El cable transceptor únicamente transmite las señales de datos entre la interfaz de red y el MAU: transmite datos de la interfaz de red a la red, recibe datos de la red a la interfaz Ethernet, y la presencia de una señal de colisión de la red a la interfaz de red. El cable AUI es relativamente delgado (aprox. 1cm o 0.4inch de diámetro) y una longitud máxima de 12.5m entre el MAU y la estación. La interfaz de red puede ser una tarjeta instalada en un equipo terminal de datos, o puede estar construida dentro de fábrica.

Una red Ethernet 10Base5 puede ser únicamente en una topología física de bus, como se muestra en la figura 3.19. Múltiples segmentos de 10Base5 pueden ser interconectados por medio de un repetidor logrando expandir una red Ethernet 10Base5 de 500m a una longitud máxima de 2800m; esto es, tres segmentos de cable coaxial grueso, dos segmentos conectados punto a punto a un repetidor y un máximo de 50m de cable AUI puede haber por cada extremo tres segmentos de cable coaxial grueso.

Las ventajas de un sistema Ethernet 10base5 es que es muy confiable cuando la instalación fue correcta y nuevas estaciones o DTE pueden ser conectados de manera sencilla al segmento de cable de red. Las desventajas radican en la difícil instalación y mantenimiento del cable coaxial grueso, el bloqueo total de un segmento de red cuando el bus sufre algún daño, no soporta las características full dúplex y un sistema Ethernet a mayor velocidad de 10Mbps.

3.4.4.2 El Sistema Ethernet a 10Mbps con Cable Coaxial Delgado

El sistema Ethernet delgado tiene un canal de comunicación basado en cable coaxial delgado (aprox. 0.5cm) que resulta ser mas flexible y fácil de instalar en comparación al cable coaxial grueso. Este cable debe de tener un rango de impedancia de 50Ohms y es especificado como cable tipo RG58A/U o RG58C/U. Cada segmento de cable coaxial delgado esta equipado en cada extremo con conectores del tipo BNC. Cada extremo de un segmento de cable coaxial delgado debe tener un terminador BNC de 50Ohms y por razones de seguridad eléctrica debe haber un cable que aterrice al segmento de cable. Los repetidores utilizados para enlazar segmentos de red Ethernet delgado tienen un terminador interno de 50Ohms en cada puerto. Algunos repetidores Ethernet

delgado tienen terminadores conmutables, lo que permite activarlos o desactivarlos dependiendo de los requerimientos de la red.

En comparación con el sistema 10Base5, el sistema Ethernet delgado soporta únicamente 185m como longitud máxima de segmento y un número máximo de 30 estaciones conectadas y un espacio de 0.5m entre cada una.

Los transceptores son conectados al segmento de cable a través de un conector BNC (British Naval Connector) "T". El transceptor o MAU está integrado a la interfaz de red Ethernet por lo que un cable transceptor AUI no es necesario. El sistema 10Base2 se puede instalar en dos tipos de topología de red, los conectores BNC T soportan una topología en "cadena" (daisy chain) donde cada segmento de cable es directamente conectado de una estación a la siguiente. La otra topología es punto a punto donde un cada estación es conectada por medio de cable coaxial delgado a un repetidor.

En la figura 3.20 se representa un sistema Ethernet 10Base2. Las ventajas del sistema Ethernet 10Base2 es la fácil instalación y mantenimiento en comparación con el sistema 10Base5 además de que se reduce su costo por la eliminación de transceptores externos, sin embargo, las desventajas de este sistema es lo poco confiable que es un sistema 10Base2 con topología física en cadena, no soporta las características full dúplex y un sistema Ethernet a mayor velocidad de 10Mbps.

3.4.4.3 El Sistema Ethernet a 10Mbps con Cable Par Trenzado

El sistema 10Base-T soporta un rango de transmisión de datos de 10Mbps sobre dos pares de categoría 3 de cable par trenzado. Un par de cables se utiliza para la transmisión de datos y el otro par para recibir datos. Cada cable tiene en sus extremos un conector RJ-45 (o jack) con 8 posiciones. Todas las conexiones 10Base-T son punto a punto, lo que implica que cada cable 10Base-T tenga un máximo de dos transceptores Ethernet (MAU) en cada uno de sus extremos. Un extremo de cable par trenzado es conectado a un concentrador repetidor 10Base-T y el otro extremo a un equipo terminal de datos en la tarjeta de interfaz de red (NIC) o a un transceptor externo 10Base-T.

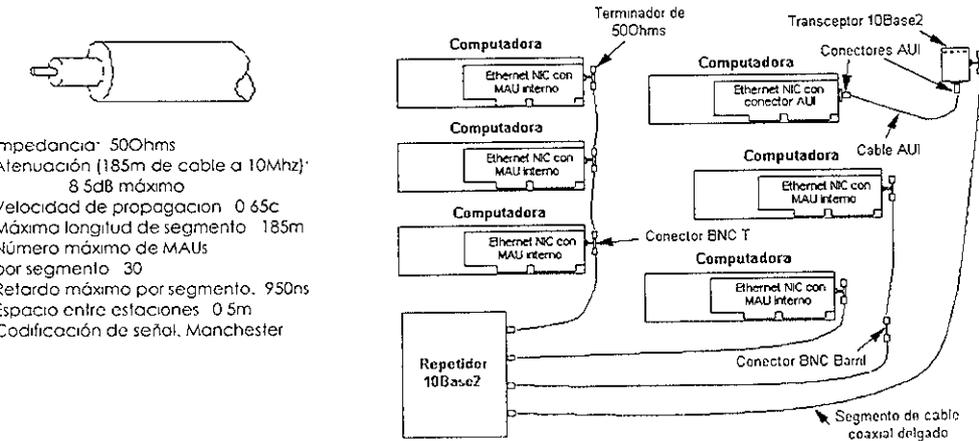


Figura 3.20 Sistema Ethernet 10Base2

Dos tarjetas de interfaz de red Ethernet 10Base-T pueden ser directamente conectadas sin la presencia de un concentrador repetidor. En este caso especial se requiere un cable conocido como "crossover" que conecta el par de transmisión de una estación a el par de recepción de la otra estación, y viceversa. Esta función del cable crossover es llevada a cabo por un concentrador repetidor. La longitud de un cable par trenzado categoría 3 es de 100m mientras que para uno de categoría 5 es de 150m.

Las conexiones punto a punto de 10Base-T resultan en una topología de estrella, la cual consiste de un concentrador con enlaces punto a punto. Esta topología permite un fácil mantenimiento de la red y fácil detección de problemas y aislar problemas a solamente un enlace y no a toda la red. Los transceptores 10Base-T continuamente monitorean la actividad de las rutas de recepción de datos para verificar que los enlaces operen de manera correcta. Durante periodos cuando la red esta ociosa, los transceptores envían una señal a los demás para verificar la integridad de las conexiones de par trenzado. La independencia de transmisión y recepción de datos de 10Base-T permite la operación opcional del modo. Para soportar el modo "full-dúplex", tanto la interfaz de red Ethernet como el concentrador repetidor deben ser configurados para esta operación. En la figura 3.21 se esquematiza un sistema 10Base-T.

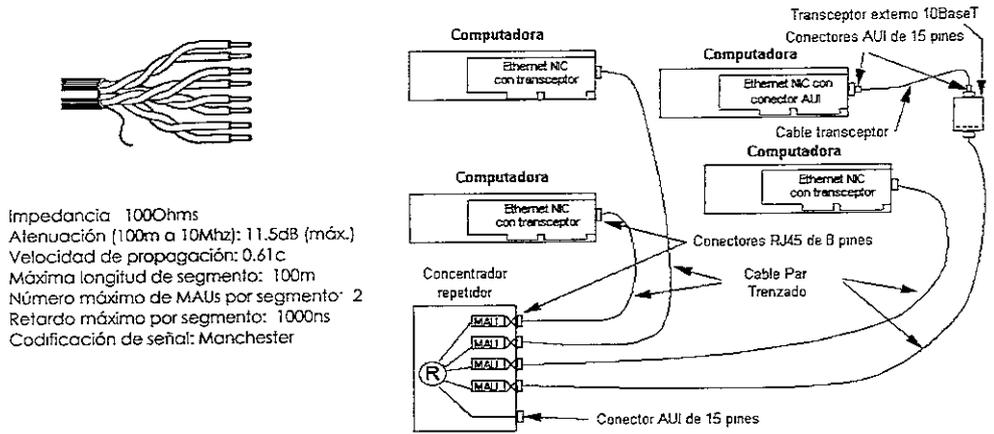


Figura 3.21 Sistema Ethernet 10Base-T

Las ventajas de un sistema 10Base-T es que soporta una topología de red de estrella, el bajo costo del cable par trenzado y el soporte opcional del modo de operación full-dúplex. La desventaja de este sistema es a diferencia de los sistemas 10Base5 y 10Base2 no tiene soporte para segmentos de cable mayor a 100m.

3.4.4.4 El Sistema Ethernet a 10Mbps con Fibra Óptica

El estándar 10BaseF define el rango de transmisión de datos de 10Mps por medio de fibra óptica. Esta fue la versión posterior del estándar FOIRL (Fiber Optic Inter-Repeater). El identificador 10BaseF se refiere colectivamente a los tres tipos de segmentos: 10BaseFL, 10BaseFB y 10BaseFP. Las tres versiones no son compatibles entre si en interfaces.

10BASE-FL

10Base-FL (enlace de fibra) soporta un rango de transmisión de datos de 10Mbps sobre fibra óptica. Soporta una longitud máxima de segmento de 2km. 10Base-FL puede ser utilizado para la conexión

entre estaciones, dos repetidores o una estación y un puerto repetidor. Todos los segmentos 10Base-FL son punto a punto con un transceptor en cada extremo de un segmento de fibra. La interfaz de red (NIC) en una estación se conecta a un transceptor externo a través de un cable AUI. El transceptor conecta a dos cables de fibra óptica a través de conectores conocidos como "ST", oficialmente llamados conectores "BFOC/2.5". Un cable de fibra óptica es utilizado para transmitir datos y el otro para recibir datos.

El tipo de fibra óptica utilizado en 10Base-FL es fibra multimodo (MMF) conocida como "OM3" o "OM4" con un diámetro de 2.5/125". Otros tipos de fibra óptica utilizadas para enlaces en 10Base-FL son: 50/125, 85/125 y 100/140. El ancho de banda de luz es de 850 nanómetros. Las rutas de transmisión y recepción independientes permiten la operación del modo full-dúplex. 10Base-FL puede soportar longitud de segmentos mayores a 2km. El uso de 10Base-FL es recomendable para la conexión entre edificios. Los cables de fibra óptica son inmunes al ruido eléctrico y efectos de descargas eléctricas. En la figura 3.22 se representa un sistema 10Base-FL.

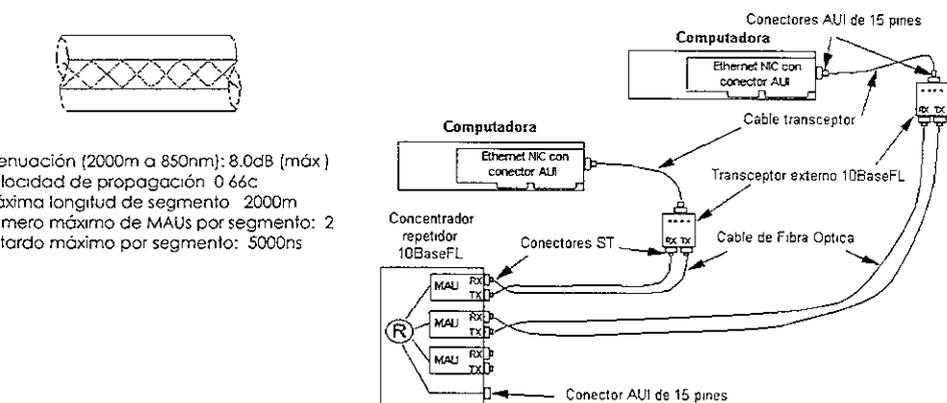


Figura 3.22 Sistema Ethernet 10Base-FL

10Base-FB

10Base-FB soporta una transmisión de datos de 10Mbps sobre un enlace especial de señalización sincrónica para interconectar repetidores. Los segmentos individuales de 10Base-FB pueden ser arriba de 2000m de longitud. Hay dos factores que limitan el número de repetidores en una ruta entre dos estaciones: 1) los repetidores ocasionan un retraso en el envío de una señal y puede excederse el tiempo máximo de propagación y ocasionar colisiones en la red; y 2) Los repetidores ocasionan una pérdida aleatoria de bits y pueden las tramas o paquetes ser recordados en tamaño bajo los límites requeridos de 10Mbps a 9.6 microsegundos. 10Base-FB incrementa el número de repetidores especificados en las redes, reduciendo las pérdidas de bits en las tramas.

Todas las tramas o paquetes son inicialmente transmitidos con un preámbulo de 7 bytes y 1 byte de delimitador de trama. Cuando la trama es recibida por un repetidor, hay una variabilidad en el tiempo que transcurre para que los circuitos electrónicos del repetidor puedan reconocer que una nueva trama será transmitida. Esto para el repetidor aparece como que los bits del preámbulo de la trama han sido perdidos y retransmitirá la trama. Si una trama experimenta la pérdida de mas bits que la trama siguiente, el intervalo entre las dos tramas será reducido. Si sucesivamente las tramas pasan a través de muchos repetidores, el intervalo entre tramas será reducido hasta el punto en el que se recibe y se pierda una o ambas tramas. 10Base-FL provoca que el intervalo entre tramas no sea reducido por medio de sincronización de transmisión entre dos repetidores.

10Base-FP

10Base-FP (fibra pasiva) soporta un rango de transmisión de 10Mbps sobre un sistema de fibra óptica pasiva en estrella. Los segmentos de 10Base-FP pueden ser arriba de 500m de longitud y un solo sistema 10Base-FP en estrella puede enlazar 33 o más estaciones. La estrella 10Base-FP es un dispositivo pasivo debido a que no requiere una fuente de poder. La estrella actúa como un concentrador pasivo que recibe señales ópticas desde especiales transceptores y pasivamente distribuye la señal uniforme a todos los demás transceptores conectados a la estrella, incluyendo el transceptor origen.

3.5 ETHERNET RÁPIDO (FAST ETHERNET)

En el año de 1993 el IEEE y otras compañías de intercomunicación de redes se unieron para formar la alianza Fast Ethernet también conocida como 100Base-T. El principal objetivo fue la creación de la especificación 802.3u del IEEE donde los aspectos importantes eran el de crear un sistema Ethernet que operará a mayor velocidad pero que mantuviera las características del sistema Ethernet como el protocolo de control de acceso al medio CSMA/CD; soportar los esquemas de cableado a 10Mbps, mantener el formato de los paquetes Ethernet y asegurar que la tecnología Fast Ethernet no requiriera de cambios a los protocolos de las capas superiores y programas de red en las estaciones.

3.5.1 Sistema Fast Ethernet

El sistema Fast Ethernet mantiene como protocolo de control de acceso al medio el CSMA/CD. Sin embargo, 100Base-T reduce en un factor de 10 el tiempo de duración en el que un bit es transmitido sobre el medio Ethernet logrando incrementar la velocidad de transmisión de tramas de 10Mbps a 100Mbps. Los datos entre sistemas Ethernet y Fast Ethernet pueden viajar sin requerir de traducción de protocolos debido a que Fast Ethernet mantiene la función de control de error, formato y longitud de las tramas utilizadas en el sistema Ethernet a 10Mbps.

3.5.2 Tipos de Medio para Ethernet Rápido

Los tipos de medio utilizados por el sistema Ethernet los mantiene el sistema Fast Ethernet, como lo son: par trenzado sin blindar (UTP), par trenzado blindado (STP) y fibra óptica. En la figura 3.23 se especifican los tres tipos de medio para Fast Ethernet.

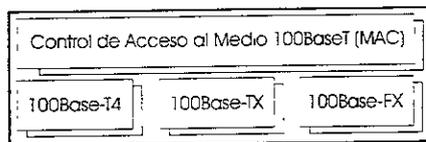


Figura 3.23 Tipos de medios para Fast Ethernet

Los estándares utilizados por Fast Ethernet son: 100Base-TX y 100Base-FX han sido adoptados de los estándares del medio físico desarrollados por ANSI para la interfaz de datos distribuidos por fibra (FDDI, ANSI estándar X3T9.5) y CDDI. Esto combina la escalabilidad Ethernet MAC con los dispositivos PHY y transceptores desarrollados para FDI y CDDI. Los estándares TX y FX son también conocidos como 100Base-X. El estándar T4 es un tecnología de señalización propuesta para hacer posible el uso de cable par trenzado de baja calidad, como lo son los cables categoría 3 y 4 para grado de voz, y de esta manera transmitir la señales de Ethernet a 100Mbps. En la figura 3.24 se muestra un diagrama que representa los dispositivos necesarios para hacer una conexión al medio Ethernet a 100Mbps.

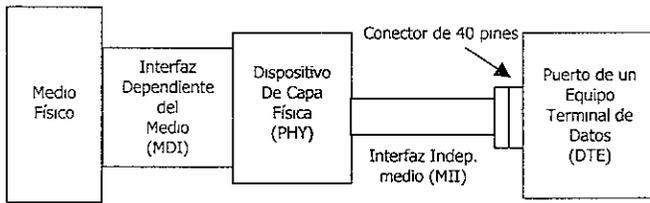


Figura 3.24 Componentes para una conexión a un sistema a 100Mbps

Los componentes para hacer una conexión al medio físico del sistema a 100Mbps están definidos por el estándar 802.3, y son los siguientes:

- **Medio Físico:**
Puede ser cualquier de los tres tipos de medios para interconexión de 100Mbps. Se puede realizar la conexión al medio físico con la interfaz dependiente del medio (MDI). En el sistema 100Base-T el MDI es un conector de 8 pines para cable par trenzado o un conector para fibra óptica.
- **Dispositivo de capa física (PHY):**
El dispositivo de capa física o PHY (Physical Layer Device) es un dispositivo que desarrolla la misma función que un transceptor en el sistema Ethernet a 10Mbps.
- **Interfaz independiente del medio (MII):**
Es un conjunto de circuitos electrónicos, opcional en el esquema, que permite una ruta de enlace con la función de control de acceso al medio Ethernet entre el dispositivo de red y el dispositivo de capa física (PHY). Un MII puede soportar velocidades de transferencia de 10 y 100Mbps permitiendo conectar dispositivos de red entre estos dos tipos segmentos. El MII es diseñado para hacer que las diferentes tipos de señalización entre los distintos segmentos Ethernet sea transparente a los circuitos Ethernet en los dispositivos de red. El MII convierte las señales recibidas de los distintos segmentos Ethernet, por medio del PHY, en señales digitales que son enviadas a los circuitos Ethernet en el dispositivo.

3.5.2.1 Sistema Ethernet Rápido 100Base-TX

El sistema 100Base-TX (figura 3.25) soporta una transmisión de 100Mbps sobre dos pares de cable par trenzado categoría 5 con una impedancia de 100Ohms (opcionalmente soporta cable STP con una impedancia de 150Ohms). Por un cable se reciben datos y por el otro se transmiten. Cada extremo de un segmento de cable par trenzado esta equipado con un conector RJ-45 con 8 posiciones o "jack". Todos los segmentos 100Base-TX sirven para una conexión punto a punto entre una estación y un concentrador repetidor. Las rutas independientes de envío y recepción de datos permite el modo de operación full-duplex como una opción. Para soportar el modo full-duplex, tanto la interfaz de red (NIC) como el concentrador deben soportarlo y ser configurados.

La longitud máxima de un segmento de cable 100Base-TX es de 100m y solamente puede haber dos transceptores por segmento. El tipo de codificación de señal que se utiliza para el envío de datos es el 4B/5B.

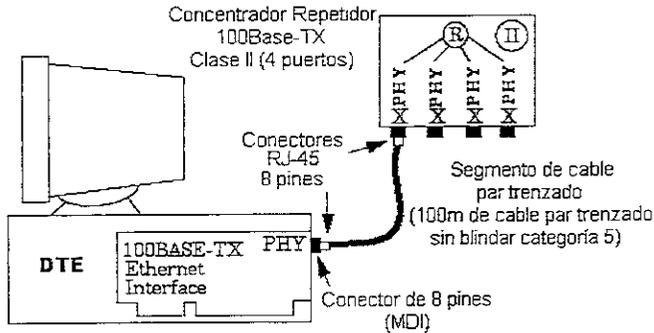


Figura 3.25 Sistema Ethernet Rápido 100Base-TX

3.5.2.2 Sistema Ethernet Rápido 100Base-FX

El sistema 100Base-FX (figura 3.26) soporta un rango de transmisión de datos de 100Mbps sobre dos cables de fibra óptica. Este permite una longitud máxima de segmento de cable de fibra de hasta 412m para enlaces en modo half-duplex, y 2000m o más en enlaces full-dúplex. 100Base-FX es en esencia la versión de 100Base-TX pero en fibra óptica.

El cable de fibra óptica comúnmente utilizado en 100Base-FX es la fibra multimodo (MMF) conocida como "62.5/125". Otros tipos de fibra multimodo que pueden ser utilizados para enlaces 100Base-FX son: 50/125, 85/125 y 100/140. Pero en estos tipos de fibra la longitud máxima del segmento es menor que la de 62.5/125. El ancho de banda de luz en 100Base-FX es de 1300nm.

Los segmentos 100Base-FX son conectados punto a punto con un transceptor (PHY) en cada extremo de un enlace. Con 100Base-FX se requiere de un único dispositivo transceptor (PHY). Los concentradores repetidores 100Base-FX tienen ínter construido conectores y transceptores para fibra óptica. Las rutas independientes de recepción y transmisión de datos permite de manera opcional el modo de operación full-dúplex. El modo de operación full-dúplex en 100Base-FX permite incrementar la longitud máxima de los segmentos de fibra óptica de 412m a 2000m.

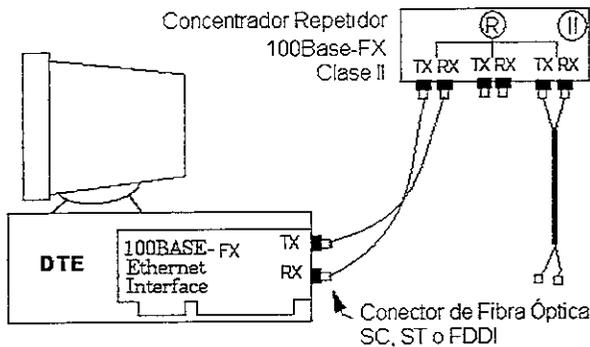


Figura 3.26 Sistema Ethernet Rápido 100Base-FX

5.2.3 Sistema Ethernet Rápido 100Base-T4

El sistema 100Base-T4 soporta un rango de transmisión de datos de 100Mbps sobre cuatro pares de cable par trenzado categoría 3 con una impedancia de 100Ohms. Un cable de par trenzado es dedicado a la transmisión de datos, uno es dedicado a recibir datos y dos cables de par trenzado bidireccionales son utilizados para que cada uno transmita o reciba datos. Este esquema asegura que un cable de par trenzado dedicado esta disponible para detectar colisiones en un enlace, mientras que los tres cables restantes están disponibles para acarrear datos.

Los datos en el sistema 100Base-T4 son transmitidos utilizando la codificación de señal "8B6T". Este esquema de codificación de señal se basa en que 8 bits de un dato binario son convertidos en 6 señales "ternarias" para su transmisión sobre los cables de par trenzado. Una señal ternaria puede tener uno o tres valores: -1, 0 y +1. Este es opuesto al método de señalización binaria utilizado en otras capas físicas como 100Base-TX que puede únicamente tener dos valores: 0 y 1. El esquema 8B6T divide el rango de datos de 100Mbps entre los tres cables de par trenzado y cada uno acarrea un promedio de 33.333Mbps. Debido a que la señal ternaria requiere únicamente 6 baudios para transferir 8 bits de información, la máxima tasa de transmisión en cada uno de los cables de par trenzado es de 25 megabaudios. Esto equivale a un máximo de frecuencia de 12.5Mhz, el cual está dentro de el límite de 16Mhz soportado por cable par trenzado categoría 3.

100Base-T4 no soporta el modo de operación full-dúplex debido a que no puede soportar simultáneamente la transmisión y recepción a 100Mbps. La longitud máxima de un segmento de cable 100Base-T4 es de 100m y solamente pueden haber dos transceptores por segmento.

5.2.4 Sistema Ethernet Rápido 100Base-T2

El sistema 100Base-T2 es el único estándar de Ethernet que soporta un rango de transmisión de datos de 100Mbps sobre dos cables de par trenzado categoría 3 con una impedancia de 100Ohms. Si el cable tiene mas de dos cables de par trenzado, permitiría que un cable par trenzado adicional acarrearra señales de otros servicios como telefonía digital, 10Base-T o mas conexiones 100Base-T2.

100Base-T2 emplea un esquema de transmisión de datos llamado "transmisión banda base dual dúplex" (dual duplex baseband transmission) sobre cada cable de par trenzado en cada dirección simultáneamente. Este emplea un esquema complejo de codificación de señal llamado Modulación de Amplitud de Pulso en cinco niveles" (Five-level Pulse Amplitude Modulation), o 5B6D/AM5x5, que transmite datos usando una señal que puede tener los cinco valores siguientes: -2, -1, 0, 1, o +2. Esto permite que 4 bits de información sean transmitidos por una señal de transición en cada cable. Con un rango de transición de 25 megabaudios, y dos cables de par trenzado, estos pueden soportar una transmisión de datos de 100Mbps en cada dirección simultáneamente (full-dúplex). La longitud máxima de un segmento de cable 100Base-T2 es de 100m y un máximo de dos transceptores por segmento.

5.3 Repetidores Clase I y Clase II

Diferentes tipos de medio pueden ser conectados por medio de repetidores. El sistema 100Base-T define dos clases de repetidores Clase I y Clase II

Los repetidores Clase I permiten tener tiempos extensos en retraso de una señal, operan por traducción de las líneas de señal sobre un puerto de entrada digital y reducen las líneas de señal cuando se envían a los puertos de salida del repetidor. Esto hace posible la retransmisión de señales entre segmentos de medios que utilizan esquemas diferentes de señal como 100Base-TX/FX y 100Base-T4, permitiendo que los distintos segmentos de medio sean unidos por medio de un concentrador de repetidor. El proceso de traducción en los repetidores de Clase I se utiliza para incrementar un número

de bits de tiempo. Solo un repetidor Clase I puede estar presente en un dominio de colisión cuando la longitud máxima del medio ha sido alcanzada. Si más de un concentrador repetidor Clase I es instalado en la red, es necesario instalar un puente (bridge), enrutador o switch entre los concentradores.

Un repetidor Clase II está restringido a operar con pequeños retrasos de tiempo, casi inmediatamente transmite la señal de entrada hacia los puertos de salida sin proceso de translación. Los repetidores Clase II únicamente conectan dos segmentos con la misma técnica de señalización. De esta manera, un máximo de dos repetidores Clase II pueden ser interconectados sin la necesidad de otro dispositivo dentro de un dominio de colisión cuando la longitud máxima del segmento ha sido alcanzada. Los segmentos de red con diferente técnica de señal como 100Base-TX, 100Base-FX y 100Base-T4, no pueden ser conectados por medio de un concentrador repetidor Clase II.

El sistema Fast Ethernet es implementado en una topología de red de estrella, donde el diámetro de la red es proporcionalmente menor que el sistema Ethernet a 10Mbps, dando un incremento de 10 veces la velocidad de envío de paquetes y dependiendo de las necesidades del dominio de colisión se pueden incluir un repetidor Clase I o dos repetidores Clase II.

Las especificaciones de distancias del sistema de cableado para 100Base-TX y 100Base-T4 permiten un segmento de enlace de hasta 100m, mientras que 100Base-FX permite un segmento de enlace de hasta 412m aproximadamente. Una versión 100Base-FX puede ser principalmente utilizada para la interconexión entre edificios y concentradores, cubriendo una distancia de hasta 2km. En las siguientes tablas se especifican las relaciones de distancia y los repetidores Clase I y Clase II.

Medio	Especificaciones	Longitud (m)
100Base-TX	Categoría: 5 UTP 2 pares	100 half/full dúplex
	1 y 2 STP 2 pares	100 half/full dúplex
100Base-T4	Categorías 3,4 y 5 UTP 4 pares	100 half/full dúplex
100Base-FX	62.5/125 fibra multimodo, dos fibras	412 half/full dúplex
		2000 half/full dúplex

Tabla 3.5 Opciones de medio para Fast Ethernet

	Cobre	Cobre, T4 y FX	TX y FX	Fibra óptica
DTE-DTE (sin repetidor)	100m	No existe	No existe	412m
1 repetidor Clase I	200m	231m	261m*	272m
1 repetidor Clase II	200m	No existe**	309m*	320m
2 repetidores Clase II	205m	No existe**	216m***	228m

* asume 100m de enlace de cobre y un enlace restante de fibra óptica

** T4 y FX no pueden ser enlazados con un repetidor Clase II por la técnica de señal que utilizan

***asume 105m de enlace de cobre y un enlace de fibra

Tabla 3.6 Relaciones de distancia y los repetidores Clase I y Clase II

En la siguiente figura se muestra un sistema Fast Ethernet en un edificio considerando especificaciones de distancias de cableado.

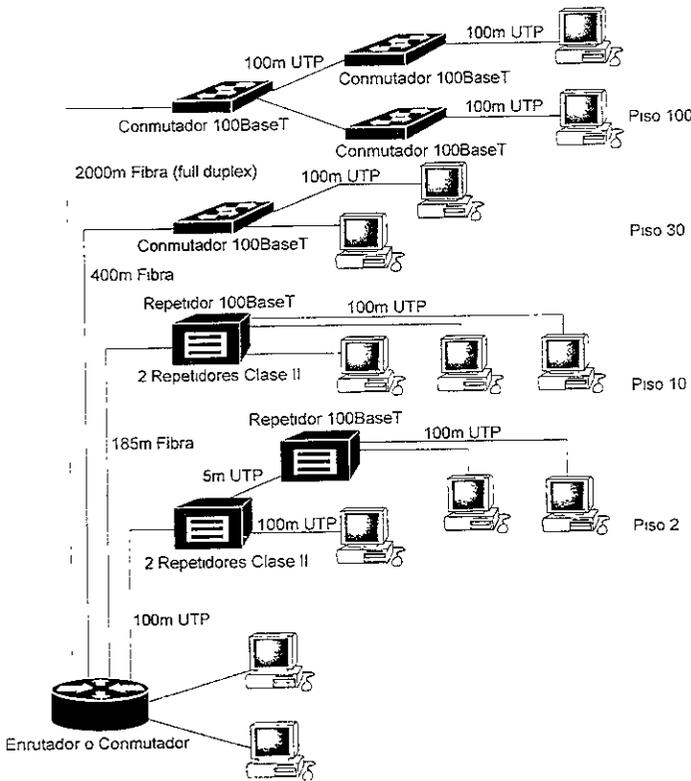


Figura 3.27 Componentes definidos por el IEEE para un sistema a 100Mbps

3.5.4 Características opcionales de Fast Ethernet

Auto-Negociación

La auto-negociación en el sistema Fast Ethernet es un proceso de configuración automático entre los dispositivos terminales de un enlace. Esto permite el intercambio de datos entre los dispositivos conectados a un segmento según sus capacidades de transferencia de datos (10 o 100Mbps). El protocolo de auto-negociación permite también una verificación automática para otras capacidades de transmisión de datos.

Pulso de Enlace Rápido (FLP)

La auto-negociación se lleva a cabo por medio de pulsos de enlace rápido (Fast Link Pulse). Estas señales pueden operar de manera conjunta con las señales NLP (Normal Link Pulse), si un dispositivo 10Base-T utiliza señales NLP puede continuar la detección propia de la integridad del enlace aún cuando sea conectado con un concentrador que soporta auto-negociación y que por lo tanto envía señales FLP. Las señales FLP se llevan a cabo durante el período en que la red se encuentra ociosa. Ambas señales FLP y NLP son especificadas únicamente para medios del tipo de cable par trenzado sin blindar (UTP), lo que significa que los dispositivos y puertos repetidores enlazados sobre segmentos de fibra óptica no pueden participar en la auto-negociación.

Las señales FLP envían información acerca de las capacidades de los dispositivos que las envían y el protocolo de auto-negociación define las reglas para la configuración de los dispositivos basándose en dicha información. De esta manera un dispositivo conectado a un concentrador donde ambos soportan la auto-negociación pueden de manera automática negociar y configurarse por sí mismos para utilizar el modo de operación óptimo común para los dispositivos.

La auto-negociación es una característica opcional y es diseñado para trabajar con interfaces 100Base-T y 10Base-T que no soportan tanto las señales FLP como la auto-negociación. El sistema de auto-negociación incluye una interfaz de operación opcional que permite deshabilitar la auto-negociación o forzar a que el proceso de auto-negociación se lleve a cabo. La definición de auto-negociación también permite una función de detección paralela para el reconocimiento de las capas físicas half y full dúplex 10Base-T, half y full dúplex 100Base-TX y 100Base-T4.

Enlaces Ethernet Full Dúplex

El protocolo de auto-negociación permite que un amplio rango de segmentos Ethernet del tipo par trenzado sean enlaces Ethernet full dúplex. El modo de operación full dúplex únicamente opera enlazando a dos dispositivos, es decir, no se crean canales Ethernet compartidos o capaces de soportar múltiples dispositivos en un enlace, cada segmento debe ser dedicado. Por este motivo en un enlace Ethernet en modo full dúplex el dispositivo final no tiene que escuchar otras señales transmitidas o colisiones en el momento de enviar datos y por lo tanto no se requiere de un control de acceso al medio. Teóricamente un sistema Ethernet en modo full dúplex provee el doble de ancho de banda de un sistema Ethernet normal.

Los esquemas de señal 10Base-T, 100Base-TX y 100Base-FX soportan operaciones del modo full dúplex. Los enlaces de fibra óptica en modo full dúplex pueden ser mucho más extensos que el de la especificación permitida para un segmento normal de 100Base-FX.

Prioridades de Auto-negociación

Cuando se interconectan dispositivos de red que soportan el protocolo de auto-negociación estos operan en un alto desempeño basado en una tabla de prioridades. Esta tabla contiene características de dispositivos de red, en el momento del enlace entre dos dispositivos, eligen de la tabla el conjunto de características comunes a cada uno. El modo de operación full dúplex es el de más alta prioridad partiendo de que este puede enviar más datos que un enlace en operación half dúplex a la misma velocidad.

Un ejemplo del manejo de esta tabla de prioridades es cuando dos dispositivos terminales de un enlace pueden soportar los sistemas 10Base-T y 100Base-TX, entonces el protocolo de auto-negociación conectará a estos dispositivos terminales en un enlace en modo 100Base-TX y no en 10Base-T. Las prioridades de conexión para la auto-negociación son en el siguiente orden:

- A. 100Base-TX full duplex
- B. 100Base-T4
- C. 100Base-TX
- D. 10Base-T full duplex
- E. 10Base-T

Si el protocolo de auto-negociación solamente es soportado por un dispositivo en un enlace, el proceso de auto-negociación puede detectar las condiciones de este dispositivo utilizando un mecanismo llamado "Detección Paralela" (Parallel Detection). Por ejemplo, si una interfaz Ethernet de velocidad dual 10/100Mbps con auto-negociación es conectado a un concentrador con modo 10Base-T que no soporta el protocolo de auto-negociación, la interfaz generará señales FLP, pero solo recibirá señales NLP del concentrador. El protocolo de auto-negociación de la interfaz detectará la presencia de señales NLP y automáticamente habilitará la interfaz en modo 10Base-T.

La detección paralela trabaja para 100Base-T así como en dispositivos 100Base-TX y 100Base-T4 en auto-negociación. La detección paralela en 100Base-TX/T4 verifica las señales de enlace que son recibidas por el monitor de enlace (monitor link), las características son especificadas para cada modo dado. Si la detección paralela determina que un modo de monitor de enlace es satisfactorio para el enlace de recepción, el concentrador habilita el enlace con ese modo.

Operación en modo de alto desempeño

Cuando un concentrador 10Base-T es reemplazado por un concentrador repetidor 100Base-T, la interfaz de velocidad dual recibirá señales FLP cuando opere el concentrador, de este modo, el protocolo de auto-negociación operará a 100Mbps en ambos dispositivos (en la interfaz y el puerto del concentrador). La conmutación de 10 a 100Mbps ocurrirá sin intervención manual.

La auto-negociación asegura que todos los dispositivos conectados a el concentrador operen en un rango de transmisión de datos óptimo. En el momento en que un concentrador repetidor es utilizado para crear un canal de señal compartida para todos los dispositivos conectados a sus puertos, el canal de señal compartida no operará mas rápido que el dispositivo mas lento conectado al concentrador repetidor.

Si un concentrador repetidor tiene en uno de sus puertos conectado a un dispositivo que solo soporta 10Base-T y en los puertos restantes están conectados dispositivos 100Base-T, entonces el concentrador negociará una velocidad de transmisión de 10Mbps para todos los puertos. Cuando cada dispositivo conectado a los puertos de concentrador repetidor sea capaz de operar a 100Mbps, el concentrador negociará 100Mbps para todos sus puertos.

Si no existe una tecnología común manejable detectada en ambas terminaciones de un enlace, entonces el protocolo de auto-negociación no realizará la conexión y el puerto se configurará en estado de apagado. Por ejemplo, si un dispositivo en modo 100Base-T4 es conectado a un puerto en un concentrador switch en modo 100Base-TX, no se podrá llevar a cabo la conexión sobre este enlace.

Puertos de un Concentrador Conmutador

A diferencia de un concentrador repetidor en el cual todos los puertos deben operar a la misma velocidad, un concentrador conmutador provee puertos que operan de modo independiente. Un concentrador con puertos conmutables puede soportar 10Mbps de operación en un puerto y 100Mbps de operación en otro puerto.

Considerando el caso de que un puerto de conmutación de un concentrador central es conectado a un segmento que hace un enlace con un concentrador repetidor, ambos concentradores son equipados con auto-negociación. El concentrador repetidor en turno conecta a varias computadoras, en este caso, los dos concentradores deberán utilizar el protocolo de auto-negociación y deberán negociar una velocidad de transmisión de datos común y óptima. Si cualquier computadora conectada al concentrador repetidor esta equipada con una interfaz de red que soporta únicamente 10Base-T, entonces el concentrador repetidor operará en todos sus puertos en modo 10Base-T y negociará también una operación 10Base-T con el concentrador conmutador central. Cuando todas la estaciones conectadas al concentrador repetidor sean capaces de operar en modo 100Base-TX, por ejemplo, el concentrador repetidor negociará un enlace en modo 100Base-T con el concentrador conmutador central.

3.6 100VG ANYLAN

En junio de 1995 el grupo IEEE certificó la especificación 100VG AnyLAN con el estándar 802.12. El protocolo 100VG AnyLAN referido también como Protocolo de Prioridad por demanda (DDP, Demand Priority Protocol), es un estándar de red de área local (LAN) que busca proveer una alta velocidad a redes LAN de medio compartido; tratando de mantener el sistema de cableado existente de las redes actuales.

El protocolo de Acceso de Prioridad por demanda que utiliza 100VG AnyLAN difiere del método CSMA/CD principalmente en que la transferencia de datos es controlada por el concentrador en lugar del adaptador de cada una de las estaciones y en que las colisiones son eliminadas porque a cada nodo se le garantiza un turno de envío de datos.

Teóricamente, este protocolo determinístico incrementa el ancho de banda disponible, y elimina las colisiones y retransmisiones. Además de que tiene la habilidad de reconocer dos niveles de prioridad de petición de transmisión.

Las redes 100VG AnyLAN no llevan a cabo una contención por el medio de transmisión, por lo tanto, no tienen colisiones, siendo capaz de esta manera de manejar más cantidad de tráfico.

3.6.1 Topología

Las reglas de diseño aceptadas para las redes 100VG AnyLAN son un conjunto de las soportadas por Ethernet y Token Ring. Esto significa que cualquier topología Ethernet o Token Ring compuesta con este tipo de medio par trenzado y fibra óptica puede ser duplicada utilizando componentes 100VG AnyLAN, sin cambiar de manera drástica la topología o diseño de la red.

De hecho, la principal capacidad de 100VG AnyLAN es su influencia de la topología física de estrella que utiliza. Tomando ventaja de esta topología, 100VG-AnyLAN utiliza la inteligencia de un concentrador para el mejor uso del manejo de la red, además del control de la red. El esquema de inteligencia central implementa una técnica de conmutación llamada "prioridad por demanda". Este método lleva a cabo un arbitraje de las peticiones de los nodos conectados para tener acceso a la red, construyendo de esta manera un control de flujo de manera natural que permite a 100VG AnyLAN minimizar la latencia de la red, maximizar el rendimiento y habilitar el soporte para las aplicaciones sensibles al tiempo, tales como multimedia.

La topología de una red 100VG AnyLAN debe ser una estrella física (con apariencia de árbol sin ciclos ni ramas (figura 3.28). La pieza central de esta topología es un concentrador central repetidor, referido comúnmente como concentrador raíz o concentrador de nivel 1, con un enlace conectado a cada uno de los nodos creando así la topología de estrella. Algunos otros componentes de la estructura de 100VG AnyLAN son conmutadores, puentes y enrutadores.

El concentrador es un controlador central inteligente que administra el acceso a la red (control de tráfico), a través de efectuar continuamente una rápida exploración de petición de cada uno de los puertos de red. Esta rápida exploración es comúnmente llamada round robin. Cada concentrador de menor nivel mantiene a su vez, sus propias tablas de direcciones por puerto. Es decir, contiene las direcciones de las estaciones conectadas en cada uno de sus puertos.

- 4 pares de cable UTP categoría 3, 4 y 5.
Para transmitir datos sobre UTP, 100VG AnyLAN utiliza una tecnología llamada Quartet Coding, usando este aprovechamiento, la transmisión de los datos son dirigidos en paralelo a través de cada par de los cuatro pares de cable UTP. Sobre cada par, un eficiente esquema de codificación llamado 5B6B NRZ es usado para transmitir dos bits de información por ciclo. De esta manera, el Quartet Coding permite la transmisión de 100 Mbps de datos cruzando cuatro pares de cable UTP mientras mantiene frecuencias de señal individual no mayor a 15 MHz. Este aprovechamiento permite a 100VG AnyLAN operar sobre el sistema de cableado existente con categoría 3, 4 o 5 sin necesidad de cambiar los conector, conectores cruzados y las distancias del cableado.
- 2 pares de cable STP.
En la transmisión de datos sobre cable par trenzado sin blindar, 100VG AnyLAN transmite los datos en dos flujos paralelos. Este aprovechamiento utiliza mayores frecuencias que las utilizadas sobre UTP.
- Fibra óptica mono modo o multimodo.
Varias redes Ethernet y Token Ring toman ventaja de las características de distancias y aislamiento eléctrico que ofrece la fibra óptica, particularmente en los esquemas de backbone entre edificios, campus o en ambientes con un nivel alto de interferencia o ruido u otros ambientes especiales. 100VG AnyLAN soporta enlaces de fibra óptica multimodo de hasta dos kilómetros entre los dispositivos.

Con lo que se obtiene un 10 % de incremento en el ancho de banda sobre redes tipo Ethernet, y un 6 % de incremento sobre redes de alta velocidad de tipo Token Ring existentes, usando la misma infraestructura de cableado. El enlace que conecta al concentrador y a un nodo puede ser constituido por :

Número de pares o hilos	Medio físico
4 pares	UTP categoría 3, 4 y 5
2 pares	UTP categoría 5
2 pares	STP tipo 1
2 hilos	Fibra óptica

Dependiendo del tipo de cable y su categoría, existen varios límites de distancia, la máxima longitud del cable desde el concentrador a cada uno de los nodos es de 100 metros de cables UTP categoría 3 y 4, 200 metros de cable UTP categoría 5 y STP, y de 2000 metros para cable de fibra óptica. Al poder tolerar una amplia variedad de cables, las especificaciones 803.12 permite preservar la infraestructura de cableado de la mayoría de las redes actuales. Sin embargo, se debe tener en cuenta, que 100VG AnyLAN requiere cuatro pares de alambre para cable UTP categoría 3.

Existen algunas restricciones para la topología de 100VG AnyLAN: no debe haber existencia de ciclos, el cable plano es prohibido para los nodos en modo monitor y se debe tener un número máximo de 1024 nodos sobre segmento. En la siguiente tabla se muestran las máximas distancias permitidas entre un concentrador raíz y un nodo final.

Medio físico	No. de concentradores entre el raíz y un nodo final	Número de niveles de red	Distancia recomendada entre el concentrador raíz y un nodo final
Categoría 3	1	2	100 m
Categoría 3	2	3	75 m
Categoría 3	3	4	50 m
Categoría 3	4	5	25 m
Categoría 5	1	2	200 m
Categoría 5	2	3	150 m
Categoría 5	3	4	100 m
Categoría 5	4	5	50 m
Fibra óptica	1	2	4 Km
Fibra óptica	2	3	3 Km
Fibra óptica	3	4	2 Km

Tabla 3.7 Distancias permitidas en 100VG AnyLAN

5.3 Capa MAC

Las funciones de la subcapa de control de acceso al medio de 100VG AnyLAN incluyen el protocolo de control de Prioridad por Demanda, la preparación del enlace y la preparación de la trama MAC.

El protocolo de Prioridad por Demanda es un método de control de Acceso al Medio (MAC) en el cual los nodos emiten una petición (demanda) hacia el concentrador al que se conectan para enviar un paquete sobre la red. Cada petición es etiquetada con una prioridad normal o una petición de prioridad alta. A las peticiones con prioridad alta se les garantiza acceso a la red antes que las peticiones con prioridad normal, proveyendo un método que garantiza un servicio apropiado para aplicaciones sensibles al tiempo. El proceso de etiquetado de prioridad normal y prioridad alta es complementado por un software de aplicación de niveles superiores y es pasado a la subcapa MAC como parte de información del paquete. En el método de prioridad por demanda los paquetes de datos son dirigidos a su puerto destino únicamente. A partir de que ninguna otra estación sobre la red ve el paquete de datos, esta técnica de conmutación de paquetes, brinda un nivel de privacidad de enlace o seguridad que no es provista actualmente por otras tecnologías de red.

La preparación de enlace, es un procedimiento de inicialización de enlace, que como su nombre lo indica, prepara al concentrador y la circuitería del nodo para la recepción y transmisión de datos, además de que verifica la operación de la conexión entre el concentrador y el nodo conectado.

Durante la preparación de enlace, el concentrador y el nodo, intercambian una serie de paquetes de verificación especial. Este procedimiento provee una verificación funcional del cable para verificar que el cable está correctamente alambrado y que los datos puedan ser completamente transferidos hacia o desde el concentrador y el nodo.

La función de preparación de enlace también permite al concentrador aprender de manera automática acerca de los dispositivos nodo conectados en cada uno de los puertos. Los paquetes recibidos por un concentrador desde el nodo durante la función de preparación, contienen información como: el tipo de dispositivo (concentrador, puente, enrutador, etc), modo de operación (normal o monitor), y la dirección de la estación del dispositivo conectado a ese puerto. El procedimiento de preparación de enlace se inicia por el nodo, cuando el concentrador y el nodo son encendidos por primera vez, o cuando el nodo es por primera vez conectado al concentrador. El

nodo o el concentrador pueden también invocar a un procedimiento de preparación de enlace cuando ciertas condiciones de error se han detectado.

El procedimiento de preparación de la trama MAC es realizado, después de recibir el paquete desde la subcapa de Control de Enlace Lógico (LLC). La subcapa MAC adiciona la dirección de origen y cualquier bit requerido para llenar el campo de datos. Una secuencia de verificación de trama (FCS: Frame Check Sequence) es entonces calculada y agregada al final del paquete. El FCS será utilizado por el concentrador receptor y el nodo para determinar si el paquete ha sido recibido sin error.

Partiendo de la observación de que los dispositivos no transmiten sus paquetes hasta que el reciben un reconocimiento desde el concentrador, las redes de prioridad por demanda tienen control de flujo que evita la colisión de paquetes y permite tener prioridades en el tráfico de la red.

Al evitar la colisión de paquetes, el método de prioridad por demanda, elimina el elevado consumo por las colisiones e incrementa substancialmente el rendimiento utilizable por la red, de esa manera, el método simplifica la operación de la red y mejora ciertas características de la red como por ejemplo, la latencia. El esquema de arbitraje "round robin" del método de prioridad por demanda es completamente determinístico, la latencia máxima o retraso de la red, observado por un paquete de información es de igual forma determinístico.

Comparado con las redes Token Ring, el esquema "round robin" utilizados por concentradores de prioridad por demanda colapsa el proceso de Token passing dentro de la operación del concentrador mismo. Eliminando así, retrasos de la rotación del token y reduciendo la latencia para las estaciones sobre una red ociosa. En adición, el método de prioridad por demanda relaja el límite del número de estaciones en un solo anillo o subred. A diferencia de un ambiente Token Ring tradicional, la latencia experimentada por las estaciones individuales sobre una red de prioridad por demanda, no es afectada por el número de estaciones ociosas conectada a dicha red.

La habilidad de garantizar un continuo e ininterumpido ancho de banda es uno de los requerimientos críticos de red para un eficiente soporte de las aplicaciones sensibles al tiempo. Por medio de la priorización del tráfico de red y tomando ventaja del control de flujo que ofrece este método, 100VG-AnyLAN es capaz de garantizar el ancho de banda para aplicaciones específicas a pesar de otro tráfico existente en la red.

La transmisión de paquetes de datos consiste de una serie de secuencias donde el lado de envío, es decir, el nodo de transferencia hace una petición de envío y por otro lado es reconocido por el puerto del concentrador al que se conecta dicha estación transmisora. Como se puede observar, la secuencia de envío de transmisión de un paquete de datos es a través de una petición del nodo terminal y controlado por el concentrador. Esto se explica de manera mas detallada en la continuación:

1. Si un nodo terminal, tiene un paquete de datos listo para enviarse, este transmite una petición de control con prioridad normal o una de prioridad alta hacia el concentrador local del nivel. De otra manera, si no tiene datos para transmitir, el nodo terminal transmite una señal de control inactiva (idle_Up control signal).
2. El concentrador explora todos los puertos locales para determinar cuales nodos terminales piden petición de enviar un paquete y con que etiqueta de prioridad es la petición.
3. El concentrador selecciona el próximo nodo terminal con petición de prioridad alta pendiente. Los puertos son seleccionados en base al orden de puertos. Si no hay peticiones de prioridad alta pendientes, entonces el próximo puerto de prioridad normal es seleccionado (selección en base al orden de puerto y el nivel). Esta selección causa al puerto seleccionado

a recibir la señal de Concesión (the Grant signal). La transmisión del paquete empieza una vez que el nodo terminal detecta la señal de Concesión.

4. El repetidor entonces envía la señal de arriba a todos los otros nodos finales, alertando a estos la posibilidad de un paquete de llegada. El concentrador decodifica la dirección de destino de la trama transmitida como esta siendo recibida.
5. Cuando un nodo terminal recibe la señal de control de "Arriba", este se prepara para recibir un paquete al parar la transmisión de petición y escucha el medio para el paquete de datos.
6. Una vez que el concentrador ha decodificado la dirección destino, el paquete es entregado a la dirección del nodo terminal o nodos terminales y a cualquier nodo en modo monitor (promiscuo). Aquellos nodos que no reciben el paquete de datos, reciben la señal "baja inactiva" (Idle down signal) proveniente del concentrador.
7. Cuando el nodo o nodos terminales reciben el paquete de datos, ellos regresan a su estado anterior a la recepción del paquete de datos, enviando una señal de inactivo (Idle_Up) o haciendo una petición para enviar el paquete de datos.

Este proceso es utilizado por el Protocolo por Prioridad de Demanda permitiendo a cada uno de los nodos terminales la transmisión de paquetes de datos hacia otros nodos.

100VG-AnyLAN es igualmente eficaz para proveer una actualización tanto de Ethernet como de Token Ring a partir de que maneja tramas tanto Ethernet y Token Ring. Ya que la operación del protocolo de prioridad por demanda es relativamente independiente del formato de trama específico, la Prioridad por demanda puede transmitir tramas Token Ring como tramas Ethernet. Cuando 100VG-AnyLAN es utilizado para actualizar porciones de una red Ethernet 10BaseT existente, un puente de igualación de velocidad (puente translacional) es todo lo necesario para conectar las subredes 10BaseT y 100VG-AnyLAN. El puente almacena los paquetes de alta velocidad como estos van entrando a la red de baja velocidad. A partir de que la misma trama Ethernet puede ser usada sobre ambos tipos de subred, no es necesario un proceso de traducción.

De forma similar, cuando porciones de red Token Ring existentes son actualizadas a 100VG-AnyLAN un puente de igualación de velocidades (puente translacional) es todo lo necesario para conectar las dos subredes. El mismo formato de trama Token Ring puede ser usado para las redes Token Ring y 100VG-AnyLAN. Las verdaderas capacidades de integración de 100VG-AnyLAN son mejor demostrados cuando 100VG-AnyLAN es usado para actualizar un ambiente mixto de redes Token Ring y Ethernet. Las subredes Token Ring y Ethernet pueden ser actualizadas a 100VG-AnyLAN individualmente compartiendo una infraestructura de hardware común. Estaciones individuales pueden continuar operando utilizando su formato de trama original, mientras transmiten información a 100 Mbps. Los servidores y otros recursos pueden ser configurados para aceptar y responder a paquetes tanto en formato Ethernet como Token Ring, o un enrutador puede ser usado para trasladar tramas Ethernet y Token Ring para la comunicación entre dos subredes independientes.

3.7 GIGABIT ETHERNET

Entre las tecnologías LAN de gran velocidad disponibles hoy en día, Fast Ethernet o 100BASE-T se ha vuelto la principal opción. La tecnología Fast Ethernet proporciona una evolución no disociadora a un desempeño de 100 Mbps. El uso creciente de conexiones 100BASE-T a servidores y equipos de escritorio ha propiciado una clara necesidad por una tecnología de red de alta velocidad tanto en el backbone como en nivel de servidor. Idealmente, esta tecnología podría también proporcionar un camino de fácil migración de la versión anteriormente instalada, con un costo aceptable y no debe requerir de nueva capacitación.

Gigabit Ethernet proporciona un ancho de banda de 1Gbps para el campus de una red de computadoras con la simplicidad de Ethernet. Ofrece un camino de actualización natural para las instalaciones actuales de Ethernet, manteniendo las existentes estaciones terminales y las herramientas de administración.

Gigabit Ethernet emplea el mismo protocolo de acceso al medio, el Acceso Múltiple con Censado de Portadora / Detección de Colisiones (CSMA/CD), el mismo formato y el mismo tamaño de trama, como sus predecesores. Debido a estos atributos, así como el soporte para funcionamiento en modo full duplex, Gigabit Ethernet es una tecnología de interconexión de backbone ideal para el uso entre switches de 10/100BASE-T, como una conexión a servidores de alto rendimiento y como un camino de actualización para futuras computadoras de escritorio que requieran más ancho de banda del que 100BASE-T puede ofrecer.

3.7.1 Ethernet como tecnología de red dominante

Más del 85 por ciento de todas las conexiones de red instaladas eran Ethernet a finales de 1997 según IDC. Esto representa más de 118 millones de estaciones interconectadas, estaciones de trabajo y servidores. Las conexiones de red restantes son una combinación de Token Ring, Fibra de Datos Distribuidos (FDDI), Modo de Transferencia Asíncrona (ATM) y otros protocolos. Todos los sistemas operativos y las aplicaciones populares son compatibles con Ethernet, así como los protocolos de capas superiores, como el Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet (TCP/IP), IPX, NetBEUI y DECnet. Dentro de los factores que han contribuido a hacer a Ethernet la tecnología de red más popular en uso podemos mencionar los siguientes:

- **Fiabilidad de la red.**
Las redes altamente fiables son críticas para el éxito de la empresa, así como la facilidad de instalación y soporte son consideraciones primarias en la elección de tecnología de red. Desde la introducción en 1986 de los concentradores (hubs) con alambrados en estrella 10BASE-T, los sistemas de cableado estructurado han continuado evolucionando y los concentradores (hubs) y switches han llegado a aumentar la fiabilidad.
- **Disponibilidad de administración y herramientas de solución de problemas.**
La administración de herramientas para Ethernet, ha sido posible por la adopción de normas y estándares de administración que incluyen el Protocolo de Administración de Red Simple (SNMP) y sus sucesores, permitiendo al administrador ver el estado de todos los equipos y elementos de red, incluyendo elementos redundantes de una estación central. Las herramientas de solución de problemas de Ethernet miden un rango de capacidades desde un simple indicador de luz a los sofisticados analizadores de red. Como resultado de la popularidad de Ethernet, grandes números de personas han sido especializados en su instalación, mantenimiento y solución de problemas.
- **Escalabilidad.**
La norma de Fast Ethernet, aprobada en 1995, establece a Ethernet como una tecnología escalable. El desarrollo de Gigabit Ethernet extiende aún más la escalabilidad de Ethernet, ahora Ethernet es escalable de 10 a 100 a 1000 Mbps.
- **Bajo costo.**
El análisis IDC de Ethernet y Fast Ethernet indica una disminución rápida en precio por puerto para ambas tecnologías. Con el tiempo, puede esperarse que el costo por puerto de Gigabit Ethernet experimente disminuciones de precio similares.

Aunque cada red enfrenta usos diferentes, Gigabit Ethernet contempla algunos criterios importantes por escoger una red de alta velocidad: fácil migración a altos niveles de desempeño sin rupturas, bajo costo de propiedad incluyendo los costos de compra y soporte, capacidad de soporte de nuevos tipos de datos y aplicaciones, y diseño de red flexible.

Uno de las preguntas más importantes de los administradores de redes de computadoras es cómo conseguir un ancho de banda más alto sin romper la red existente. Gigabit Ethernet sigue la misma forma de ataque y funcionamiento como sus precursores Ethernet de 10 y 100 Mbps, permitiendo la migración a una red de computadoras de alta velocidad. Las tres velocidades de Ethernet usan el mismo formato de trama del IEEE 802.3, funcionamiento full duplex y métodos de control de flujo. En modo half duplex, Gigabit Ethernet emplea los mismos fundamentos de acceso CSMA/CD para resolver la disputa por el medio de comunicación compartido, así mismo, usa los mismos objetos de administración definidos por el grupo IEEE 802.3. Gigabit Ethernet es Ethernet, sólo que más rápido.

3.7.2 Formato de Trama Ethernet

Es simple conectar los dispositivos Ethernet existentes de baja velocidad a dispositivos Gigabit Ethernet usando switches o routers LAN para adaptar una línea física de velocidad a otra. Gigabit Ethernet usa la misma variable de longitud de formato de trama (64 a 1514 paquetes de bytes) que la IEEE 802.3 dispuso para Ethernet y Fast Ethernet (figura 3.29). Debido a que el formato y tamaño de trama son el mismo para todas las tecnologías Ethernet, ningún otro cambio de red es necesario. Esta evolutiva ruta de actualización le permite a Gigabit Ethernet ser integrada transparentemente las redes Ethernet y Fast Ethernet existentes.

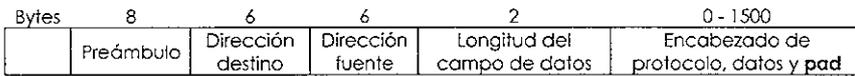


Figura 3.29 Trama IEEE 802.3z

En contraste, otras tecnologías de alta velocidad usan formatos de trama fundamentalmente diferentes. Por ejemplo, la tecnología de alta velocidad ATM (la cual se analizará mas adelante) implementa una celda de datos de longitud fija, cuando se conecta Ethernet y Fast Ethernet a ATM, el switch o router deben traducir cada celda de ATM a un trama de Ethernet y viceversa.

3.7.3 Funcionamiento Half y Full Duplex

Como es definido por la especificación IEEE 802.3x, dos nodos conectados vía full duplex puede enviar y recibir simultáneamente paquetes conmutando el medio físico. Gigabit Ethernet sigue esta norma para comunicar en modo full duplex. Gigabit Ethernet también emplea la norma o el método de control de flujo de Ethernet para evitar congestiones y sobre carga de datos.

Al operar en modo half duplex, Gigabit Ethernet adopta los mismos fundamentos del método de acceso al medio CSMA/CD para resolver la disputa del medio compartido de comunicación. El método de CSMA/CD se ilustra en la figura 3.30. El método CSMA/CD de Gigabit Ethernet fue reforzado para mantener un diámetro de colisión de 200 metros a velocidades del gigabit. Sin este perfeccionamiento, los paquetes Ethernet de tamaño mínimo podrían completar su transmisión antes de que la estación que está transmitiendo cense una colisión y por lo tanto se violaría el método CSMA/CD.

Para resolver este problema, el mínimo tiempo de la portadora de CSMA/CD y la ranura de tiempo Ethernet han sido extendidos de su valor presente de 64 bytes a un nuevo valor de 512 bytes (la longitud del paquete mínima de 64 bytes no ha sido afectada). Los paquetes más pequeños de 64 bytes han sido aumentados con un nuevo campo de extensión de acarreo seguido por el campo de CRC. Estos cambios podrían impactar el desempeño de paquetes pequeños, por lo cual son compensados por la incorporación de una nueva característica, llamada paquete "bursting", en el algoritmo del CSMA/CD. Los paquetes bursting consisten en un grupo de paquetes pequeños, los

cuales permiten a servidores, switches y otros dispositivos enviar bloques de pequeños paquetes para utilizar el ancho de banda disponible totalmente.

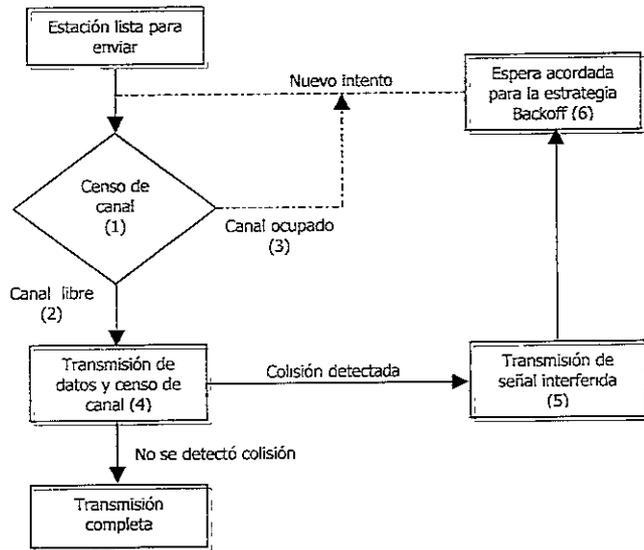


Figura 3.30 Diagrama de flujo de CSMA/CD

Los dispositivos que operan en modo full duplex (switches y distribuidores de buffers) no están sujetos a la extensión de portadora, extensión de la ranura de tiempo o cambios en los paquetes durante el burst. Los dispositivos full duplex continúan usando el campo de trama regular de Ethernet de 96 bits (IFG) y 64 bytes del tamaño de paquete mínimo.

3.7.4 Objetivos de administración

Así como en la transición de Ethernet a Fast Ethernet, el principal objetivo de la administración para la mayoría de los administradores de red es seguido por Gigabit Ethernet. Por ejemplo, SNMP define un método estándar para recolectar información de Ethernet a nivel de dispositivos. SNMP usa estructuras de una Base de Administración de Información (MIB) para grabar estadísticas importantes como la cuenta de colisiones, los paquetes que se transmitieron o recibieron, la tasa de error, entre otros, información a nivel de dispositivos. La información adicional es reunida mediante monitoreo remoto (RMON) para agregar estadísticas a la presentación vía red de una aplicación de administración. Debido a que Gigabit Ethernet usa la trama estándar de Ethernet, pueden utilizarse los mismos MIB y agentes de monitoreo RMON para proporcionar administración de la red a velocidad del gigabit.

3.7.5 Bajo costo de propiedad

El costo de propiedad es un factor importante en la evaluación de cualquier nueva tecnología de redes. El costo global de propiedad no sólo incluye el precio de compra del equipo, también el costo de capacitación, mantenimiento y solución de problemas.

Las escalas de competencia y economía han encaminado el precio de conexiones Ethernet significativamente por debajo. Aunque los productos de Fast Ethernet han sido empleados desde 1994, estos productos incluso han experimentado declives de precio significantes durante los últimos

años, cuestión que Gigabit Ethernet seguirá en tendencias de precio. Los productos de hoy en día en el mercado mantienen costos de conexiones rentables para tasas de transmisión del gigabit. La meta del IEEE es proporcionar conexiones de Gigabit Ethernet en dos a tres veces el costo de una interfaz 100BASE-FX, sin embargo, el costo de las interfaces de Gigabit Ethernet declinarán.

Las conexiones de Gigabit Ethernet Conmutado son más bajas en costo que las interfaces de 622 Mbps de ATM (asumiendo interfaces de medios físicos de comunicación idénticos), esto debido a la simplicidad relativa de Ethernet y los altos volúmenes de embarque. Las interfaces repetidoras de Gigabit Ethernet son significativamente bajas en costo a las conexiones de 622 Mbps de ATM, proporcionando alternativas rentables a los usuarios para centrar los datos de red en backbone y conexiones de servidores. La tabla 3.8 ilustra precios actuales de Ethernet, Fast Ethernet, FDDI y ATM de 622 Mbps con fibra multimodo y el rango estimado para Gigabit Ethernet basado en las metas del IEEE 802.3z.

Tecnología	Tipo de equipo	Precio por puerto 1997	Precio por puerto 2000	Cambio %
Fast Ethernet compartido	Concentrador (Hub)	\$137	\$85	- 39 %
Fast Ethernet conmutado	Switch	\$785	\$390	- 50 %
FDDI compartido	Concentrador	\$835	\$650	- 22 %
FDDI conmutado	Switch	\$4000	\$1860	- 54 %
ATM 622 Mbps (fibra multimodo)	Switch	\$6600	\$4800	- 27 %
Meta IEEE Gigabit Ethernet compartida	Concentrador (Hub)	N.A	\$470 a \$700 (2x a 3x Fast Ethernet MM)	
Meta IEEE Gigabit Ethernet conmutado	Switch	N.A	\$1070 a \$1610 (2x a 3x Fast Ethernet MM)	

Tabla 3.8 Precios de conexión de backbone de red

3.7.6 Soporte para nuevos tipos de datos y aplicaciones

El surgimiento de aplicaciones de intranet pronostica una migración hacia dos tipos de datos, incluyendo video y voz. En el pasado se pensó que el video podría requerir una tecnología de red diferente y diseñada específicamente para multimedia. Hoy es posible mezclar datos y video sobre Ethernet a través de una combinación de lo siguiente:

- Incremento del ancho de banda proporcionado por Fast Ethernet y Gigabit Ethernet, reforzado por switcheo LAN.
- Surgimiento de nuevos protocolos, como Protocolo de Reservación de Recurso (RSVP), que provee reservación del ancho de banda.
- Surgimiento de nuevos estándares como 802.1Q y 802.1p que proporcionarán LAN virtuales (VLAN) e información de prioridad explícita para paquetes en la red.
- El uso de compresión avanzado de video como MPEG-2

Esta combinación de tecnologías y protocolos hacen de Gigabit Ethernet una solución para la entrega de video y tráfico de multimedia, como se ilustra en la tabla 3.9.

Capacidad	Gigabit Ethernet	Fast Ethernet	ATM	FDDI
Compatibilidad IP	Si	Si	Requiere RFC1557 o IP sobre LAN ahora: I-PPNI y/o MPOA en el futuro	Si
Paquetes Ethernet	Si	Si	Requiere LANE o enrutamiento de celdas a paquetes	Si, pensando en bridging traslación 802.1h
Alcance multimedia	Si	Si	Si, pero la aplicación necesita cambios substanciales	Si
Calidad de Servicio (QoS)	Si con RSVP y/o 802.1p	Si con RSVP y/o 802.1p	Si con SVCs o RSVP con mapeo complejo de IETF	Si, con RSVP y/o 802.1p
VLANs con 802.1Q/p	Si	Si	Requiere mapeo LANE y/o SVCs para 802.1Q	Si

Tabla 3.9 Compatibilidad de redes de alta velocidad

Los administradores de redes miran hacia opciones de diseño e interconexión de red, el cambio es hacia redes enrutadas y redes conmutadas, y construyendo intranets de escala incrementada. Las redes de Ethernet son compartidas (usando repetidores) y conmutadas basadas en el ancho de banda y requerimientos de costo. La opción de una red de alta velocidad, sin embargo, no debe restringir la opción de **interconexión** o topología de red. Gigabit Ethernet puede conmutarse, enrutarse y compararse. Las de conmutación (específico IP) y conmutación de Capa 3 que se combina, son totalmente compatibles con Gigabit Ethernet, igualmente con Ethernet y Fast Ethernet.

3.7.7 El Estándar IEEE 802.3z Gigabit Ethernet

Los objetivos importantes del estándar IEEE 802.3z son desarrollar una norma para Gigabit Ethernet que haga lo siguiente:

- Permitir el funcionamiento half y full duplex a la velocidad de 1000Mbps.
- Usar la trama de 802.3 Ethernet.
- Usar el método de acceso CSMA/CD con soporte para un repetidor para el dominio de la colisión.
- Compatibilidad dirigida hacia direcciones de tecnologías 10BASE-T y 100BASE-T.

En este estándar se identifican tres objetivos específicos para distancias de los enlaces: un enlace de fibra óptica multimodo con una longitud máxima de 550 metros; un enlace de fibra óptica monomodo con una longitud máxima de 3 kilómetros (después se extendió a 5 kilómetros); y un enlace basado en cable par trenzado sin blindar categoría 5 con una longitud máxima entre 25m y 100m.

3.7.7.1 Especificaciones de distancia para medios

La tabla 3.10 muestra las especificaciones de distancia de Gigabit Ethernet para fibra óptica. Para el diámetro de 62.5 micrones es de 160MHz por kilómetro en fibra multimodo (MMF) llamado a menudo fibra de calidad FDDI, la distancia se especifica a 220 metros. Como es evidente de la tabla, como el ancho de banda de la fibra incrementa, el rango mínimo para fibra multimodo aumenta a 550 metros. La longitud de onda del transceptor (1000BASE-LX) alcanza 550 metros para todos los tipos de los medios. Para la fibra monomodo con 1000BASE-LX, la distancia se especifica a 5km.

Estándar	Tipo de fibra	Diámetro (micrones)	Ancho de banda Modal (MHz*Km)	Rango mínimo en metros
1000BASE-SX	MM	62.5	160	2 a 200*
	MM	62.5	200	2 a 275**
	MM	50	400	2 a 500
	MM	50	500	2 a 500***
1000BASE-LX	MM	62.5	500	2 a 550
	MM	50	400	2 a 550
	MM	50	500	2 a 550
	SM	9	N/A	2 a 5000

as:

estándar EIA/TIA 568 especifica 160/500 MHz*km para fibra multimodo.

La norma internacional ISO/IEC 11801 de cableado de edificios especifica 200/500 MHz*km para fibra multimodo.

La especificación ANSI para Canal de Fibra especifica 500/500 MHz*km para fibra multimodo de 50 micras y la inclusión de ISO/IEC 11801 se ha propuesto fibra de 500/500.

Tabla 3.10 Especificaciones de distancia para medios de fibra óptica

Estándar Gigabit Ethernet	Interfaz de Capa Física	Tipo de medio	Longitud máxima
802.3z	1000BASE-CX (cable par trenzado)	Cable STP de dos pares (twinx)	25m
802.3ab	1000BASE-T (cable par trenzado)	Cable UTP categoría 5 de cuatro pares	25m y 100m

Tabla 3.11 Especificaciones de distancia para cable UTP

7.2 Fibra Multimodo y Láser

Los desafíos asociados con usar láser en fibra multimodo son claros conforme la velocidad a operar aumenta. El grupo de trabajo IEEE 802.3z estaba atento a las características de la base de cableado instalado, sea cableado de cobre o fibra óptica. El grupo dirigió numerosos experimentos para asegurar que la tecnología de señalización subyacente trabajaría en la inmensa mayoría de cableados ya instalados. Estas pruebas rigurosas descubrieron un componente del jitter causado por un fenómeno conocido como retardo de modo de diferencial (DMD).

Este efecto del jitter con respecto a las transmisiones en fibra multimodo fue resuelto para 1000BASE-SX, la solución fue lograda calificando el lanzamiento del transmisor de láser, introduciendo pruebas de conformidad para la sensibilidad enfatizada del receptor y del receptor jitter, y asignando el presupuesto del jitter. Además de esas refinadas pruebas de conformidad del receptor, se especificó la distancia de 220 metros al enlace para la fibra multimodo de ancho de banda más bajo. Otros tipos de fibra pueden llegar más lejos (Tabla 3.11). Con transceptores 1000BASE-LX sobre fibra multimodo, se usan cordones de parcheo externos para migrar a DMD. En tecnologías existentes que usan la combinación de láser de longitud de onda corta y fibra multimodo, como Canal de Fibra (FC), no se han visto efectos de DMD debido a las distancias cortas usadas en aplicaciones de FC.

Gigabit Ethernet soporta nuevos modos de operación full duplex para conexiones switch a switch y switch a estación terminal, y modos de operación half duplex para conexiones compartidas que usan repetidores y método de acceso CSMA/CD. La figura 3.31 ilustra los elementos funcionales de Gigabit Ethernet.

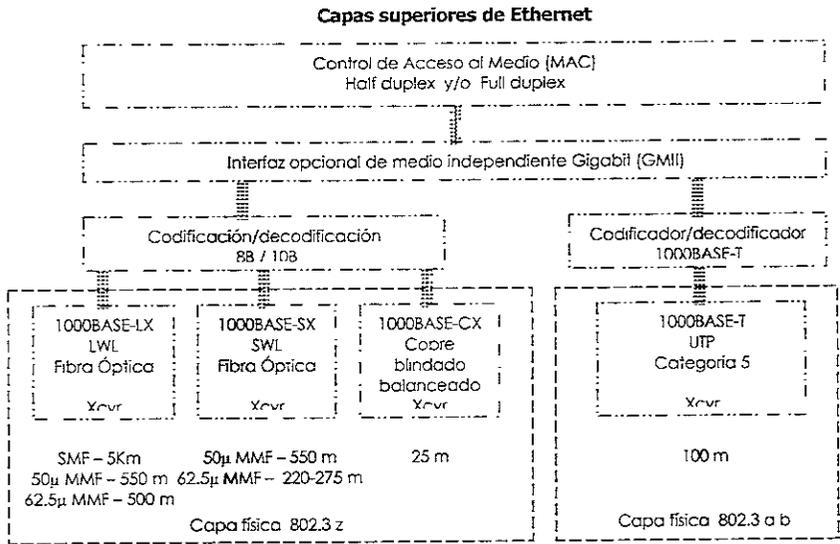


Figura 3.31 Elementos funcionales de la tecnología Gigabit Ethernet

Gran parte del esfuerzo del grupo de trabajo IEEE 802.3z se consagró a la definición de transceptor (franciever) o normas PHY para Gigabit Ethernet. Como otras normas basadas en el modelo de la Organización Internacional de Estándares (ISO), Gigabit Ethernet implementa adherencia funcional a la norma de capa física. En general, el PHY o la capa física es responsable para definir las características mecánicas, eléctricas y de procedimiento para el establecimiento, mantenimiento y desactivación del enlace físico entre los dispositivos de la red.

Dos PHYs proporcionan transmisión de Gigabit sobre cableado de fibra óptica. 1000BASE-SX está enfocado a fibra multimodo de más bajo costo y corre en aplicaciones horizontales y cortas de backbone. 1000BASE-LX está enfocado en grandes backbones construidos de fibra multimodo y backbones de campus de fibra monomodo.

Se pueden mencionar también dos estándares del comité para la transmisión en Gigabit Ethernet sobre cableado de cobre. La primera norma del enlace de cobre es definida por el grupo de trabajo 802.3z y está llamado 1000BASE-CX. Esta norma soporta interconexión de clusters de equipo donde la interfaz física es cobre de corto alcance. También se utiliza como puente corto de interconexión a un closet de telecomunicaciones o cuarto de computadoras para distancias de 25 metros. Esta norma usa el Canal Fibra basado en la codificación de 8B/10B proporcionando a la línea 1.25Gbps, y se ejecuta sobre cable blindado de 150Ohms. La norma de la capa física para cobre tiene la ventaja que puede generarse rápidamente y no es costosa su implementación. La norma de enlace de cobre de corto alcance se completó a la vez en la trama y los enlaces de fibra.

La segunda norma del enlace de cobre está pensada para el uso del cableado de cobre en aplicaciones horizontales. En marzo de 1997, una Solicitud de Autorización de Proyecto (PAR: Project Authorization Request) fue aceptada por el Consejo de Normas del IEEE y habilita la creación de un comité separado pero relacionado llamado Grupo de Trabajo 802.3ab. Este nuevo grupo está involucrado con el desarrollo de una norma de capa física para 1000BASE-T que proporcione la transmisión de señales Ethernet a 1Gbps sobre cuatro pares de cable UTP categoría 5, cubriendo

distancias de cableado de 100 metros o redes con un diámetro de 200 metros. Esta norma perfila comunicaciones usadas en pisos con cableado horizontal de cobre en un edificio con cableado estructurado genérico, tomando ventaja del cable UTP existente y actualmente desarrollado. Este esfuerzo requiere nueva tecnología y nuevos esquemas de codificación para enfrentar las dificultades y parámetros potencialmente demandados por los anteriores estándares de Ethernet y Fast Ethernet.

Dentro de las actividades del IEEE 802.3z esta contemplar los avances en la tecnología de codificación y el procesamiento digital de señales que le permitirán a Gigabit Ethernet mejorar la operación sobre cableado UTP. Para lograr esto, una interfaz lógica se especificará entre las capas MAC y PHY permitiendo otros esquemas de codificación soporten el uso de cableado UTP.

Durante el desarrollo del estándar, el comité IEEE 802.3 utilizó la alta tecnología de la capa física y la experiencia desarrollada por ANSI como parte del proyecto de Canal de Fibra X3.230. Como resultado, muchos fabricantes han decidido reutilizar componentes diseñados originalmente para la capa física del Canal de Fibra en sus nuevos diseños de Gigabit Ethernet. Las tecnologías y los métodos probados han minimizado el tiempo de desarrollo para muchos productos Gigabit Ethernet.

7.7.3 Productos Gigabit Ethernet

Los tipos de productos Gigabit Ethernet son realmente adelantados: switches de Capa 2, switches de Capa 3 (o switches de enrutamiento), módulos de uplink/downlink, tarjetas de interfaz de red (NICs), enrutadores de interfaz Gigabit Ethernet, y distribuidores con almacenamiento temporal. Hay switches multipuertos de Gigabit Ethernet con alto desempeño de Backplane, así como dispositivos que tienen puertos Gigabit Ethernet y Fast Ethernet en el mismo chasis. Los uplinks de Gigabit Ethernet han parecido como modulares actualizados para configuraciones fijas de dispositivos o modulares Fast Ethernet, chasis basados en concentradores para proporcionar una conexión de alta velocidad a la red.

Se ha desarrollado un nuevo dispositivo llamado repetidor full duplex o distribuidor de almacenamiento temporal para Gigabit Ethernet. El repetidor full duplex es un full duplex, multipuerto, como un dispositivo concentrador que interconecta dos o más enlaces 802.3 que operan a 1Gbps o más rápidamente. Como un repetidor 802.3 no es un dispositivo filtrador de direcciones, el distribuidor de almacenamiento temporal reenvía todos los paquetes entrantes a todos enlaces conectados excepto al enlace original y proporciona un dominio del ancho de banda compartido comparable a un dominio de colisión 802.3, al contrario de un repetidor 802.3, al distribuidor de almacenamiento temporal se le permite almacenar uno o más paquetes entrantes en cada enlace antes de ser enviados.

Como un dispositivo de ancho de banda compartido, el distribuidor de almacenamiento temporal debe distinguirse de los switches y los enrutadores. Mientras los enrutadores con interfaces Gigabit Ethernet pueden tener backplanes que soporten anchos de banda mayores o menores de las proporciones del gigabit, los puertos ligados a un distribuidor de almacenamiento temporal Gigabit Ethernet de Backplane comparten el ancho de banda de un gigabit. En contraste, los backplanes de alto rendimiento y switches multipuertos Gigabit Ethernet soportan anchos de bandas del orden de los teragigabits.

7.8 Ethernet y servicios de alto nivel

Gigabit Ethernet proporciona conectividad a alta velocidad, pero no proporciona por sí mismo un conjunto completo de servicios como Calidad de Servicio (QoS), redundancia automática sobre enlaces, o los servicios de enrutamiento de alto nivel; éstos se agregan vía otros estándares abiertos. Gigabit Ethernet, como todas las especificaciones de Ethernet, especifica el enlace de datos (capa

2) del protocolo del modelo OSI, mientras que TCP/IP especifica las partes de transporte (capa 4) y red (capa 3) y permite los servicios de comunicación fiable entre las aplicaciones. Los usos como QoS no se direccionan en las especificaciones del original Gigabit Ethernet, pero debe registrarse por algunas de estas normas. RSVP, por ejemplo, es definida en la capa de red para trabajar junto a IP. Los servicios de la Capa 3 también operan a la capa de la red (Tabla 3.12).

Capa OSI	Nombre OSI	Ejemplo
4	Transporte	TCP
3	Red	IP, RSVP
2	Enlace de datos	Ethernet (MAC) 802.1p, 802.1Q
1	Física	10Base-T, 100Base-T, Canal de Fibra

Tabla 3.12. Funcionalidad de las capas de red

Las variadas aplicaciones de Gigabit Ethernet pueden incluir uno o más de estas normas para proporcionar una conexión o gestión de red más robusta o funcional, pero el éxito global de Gigabit Ethernet no se ata a cualquier de ellos. La ventaja de normas modulares es que cualquier módulo puede evolucionar y adoptarse por determinadas necesidades del mercado y calidad del producto. (Todas las normas de Ethernet 10 Mbps y Fast Ethernet se conjugan para que los niveles de actuación de Ethernet puedan beneficiarse de todo el trabajo de las normas.)

3.7.9 Calidad de Servicio (QoS) en Ethernet

Las aplicaciones que surgen a finales de los 90's demandan un ancho de banda consistente, latencia, y jitter en las conexiones de red. Tales aplicaciones incluyen voz y video sobre LANs y WANs y distribución multicast de software. Las normas responden con definiciones abiertas como RSVP y el trabajo actual de los grupos de estándares IEEE 802.1p y IEEE 802.1Q. RSVP tiene aceptación en la industria como un camino preferido para solicitar y proporcionar calidad de conexiones de red. Para hacer que RSVP funcione y entregue calidad consistente y definida a una aplicación, cada componente de red en la cadena entre el cliente y servidor debe soportar RSVP y comunicarse apropiadamente. Debido a la necesidad de tener tantos componentes soportados por RSVP y ante los resultados significativos que pueden lograrse, algunos vendedores tienen esquemas propietarios para entregar algún grado de QoS, algunos de éstos pueden entregar beneficios de QoS a los usuarios, pero exigirá ciertas porciones de red para las aplicaciones específicas del vendedor.

802.1p y 802.1Q facilitan la calidad de servicio sobre Ethernet proporcionando un medio para el "etiquetando" de paquetes con una indicación de la prioridad o clase de servicio deseada para el paquete. Estas etiquetas permiten aplicaciones para comunicar la prioridad de paquetes a los dispositivos de interconexión de redes. El soporte RSVP puede ser logrado mediante el trazado de sesiones RSVP en clases de servicio 802.1p.

3.7.10 Funcionalidad Capa 3

La Capa 3 involucra la determinación del eventual destino de un paquete mas allá de su dirección destino MAC en el encabezado del paquete. Examinando la dirección IP, la subred de IP puede determinarse, permitiendo contener transmisiones broadcast a la subred apropiada y los paquetes ser reenviados a nodos intermedios para tener tránsito más eficiente a través de la red. El dispositivo clásico de la Capa 3 es el router, que toma las decisiones de la Capa 3 mediante la implementación de algoritmos complejos y estructuras de datos en software.

7.11 Desempeño de Gigabit Ethernet

La figura 3.32 muestra la tercer parte de resultados prueba del desempeño de un puerto de un switch multipuerto Gigabit Ethernet a varias cargas de paquetes de distintos tamaños: 64 bytes, 128 bytes, . . . , 1518 bytes. El switch es no-bloqueable y el total del desempeño del switch está dividido a por 8 puertos para obtener el número de desempeño respectivamente para cada puerto. Dependiendo del tamaño del paquete, el rango de desempeño fue de 81,274pps a arriba de 1.488 millones de pps. (paquetes por segundo.)

Las pruebas muestran que prácticamente se obtiene 100% eficacia. Por ejemplo, con paquetes de 64 de bytes, el desempeño es de más de 1.488 millones de paquetes por segundo. Una vez que el paquete intermedio de espacio de 12 bytes y el preámbulo de 8 bytes es incluido, la prueba muestra que el desempeño del enlace Gigabit Ethernet se realiza a la completa velocidad del cableado, es decir, a 1.0 billón de bits por segundo. De igual forma, para el paquete de longitud más grande de 1518 bytes con un desempeño moderado de 81,274 pps, la eficacia excede el 99%.

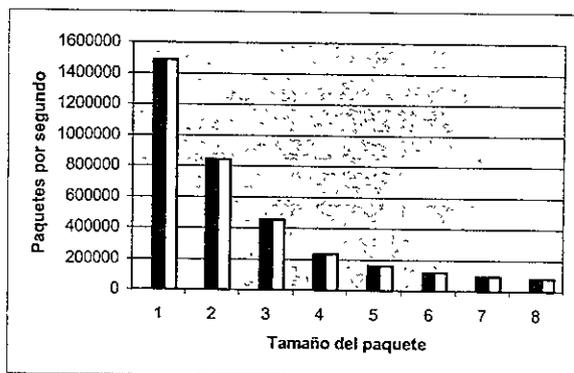


Figura 3.32 Desempeño de Gigabit Ethernet

7.12 Escenarios de migración a Gigabit Ethernet

Las aplicaciones iniciales para Gigabit Ethernet eran para un campus o edificios que requirían ancho de banda mayor entre los enrutadores, switches, concentradores, repetidores y servidores. Los ejemplos incluyen conexiones switch a enrutador, switch a switch, switch a servidor y repetidor a switch (Tabla 3.12). En su fase temprana no se esperaba que Gigabit Ethernet fuera desplegado ampliamente hasta el escritorio. En todos los escenarios el Sistema Operativo de Red (NOS: Network Operating System), los manejadores (drivers) de aplicaciones y las tarjetas de interfaz de red en el

escritorio permanecerán inalterados. En la tabla 3.13 se muestran los cinco escenarios más comunes para la migración hacia Gigabit Ethernet.

1	Migración de conexiones switch a switch	>	Obtención de enlaces de 1000 Mbps entre switches 100/1000
2	Migración de conexiones switch a servidor	>	Acceso de alta velocidad a aplicaciones y servidor de archivos
3	Migración de backbone Fast Ethernet conmutado	>	Agregar switches Fast Ethernet con un switch o repetidor Gigabit Ethernet
4	Migración de backbone compartido FDDI	>	Instalar switch FDDI o enrutadores/switches Ethernet a FDDI con enrutadores/switches Gigabit Ethernet
5	Migración de grupos de trabajo de alto rendimiento	>	Nics Gigabit Ethernet para conexión a repetidores/switches Gigabit Ethernet

Tabla 3.13 Los cinco escenarios de migración más comunes

Migración de enlaces switch a switch

Un verdadero escenario de actualización es la migración de enlaces de 100 Mbps entre switches o repetidores Fast Ethernet a 1000 Mbps entre switches 100/1000. Con este incremento del ancho de banda, los enlaces switch a switch permitirían a los switches 100/1000 soportar un número mayor de ambos switches y compartirían segmentos de Fast Ethernet. La figura 3.33(a) que ilustra la red a actualizar, mientras que la figura 3.33(b) ilustra la red después de ser actualizada a Gigabit Ethernet.

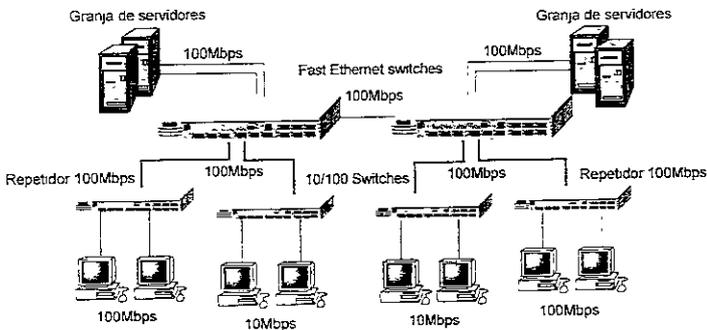


Figura 3.33(a) Red a actualizar

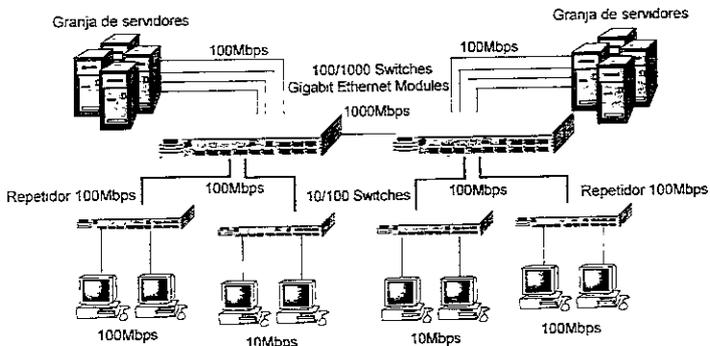


Figura 3.33(b) Migración de enlaces switch a switch

Migración de enlaces switch a servidor

Este escenario más simple de actualización es el cambio de un switch Fast Ethernet a un switch Gigabit Ethernet para obtener alta velocidad, interconexión de 1000Mbps a una granja de servidores de alto rendimiento con tarjetas de interfaz de red Gigabit Ethernet instaladas. La figura 3.34(a) ilustra la red a actualizar, mientras que la figura 3.34(b) ilustra la red después de haber sido actualizada a Gigabit Ethernet.

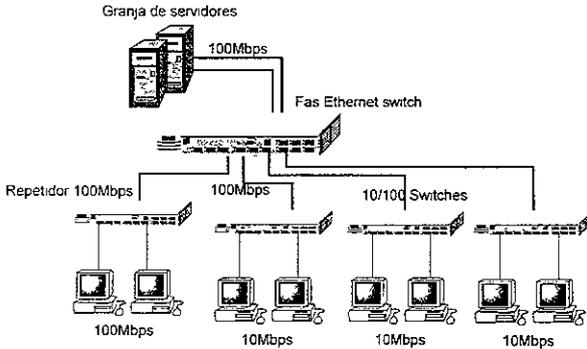


Figura 3.34(a) Red a actualizar

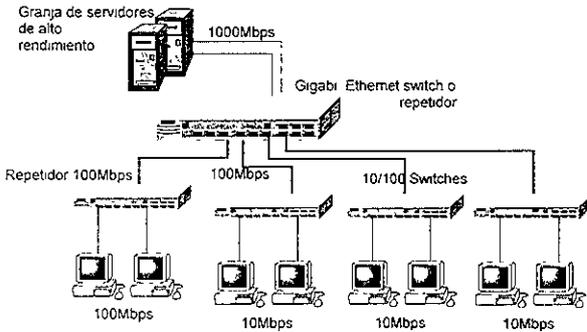


Figura 3.34(b) Migración de enlaces switch a servidor

Migración de Backbone Fast Ethernet Conmutado

Un switch de backbone Fast Ethernet que conecta switches 10/100 puede actualizarse a switch Gigabit Ethernet soportando múltiples switches 100/1000 así como otros dispositivos como enrutadores concentradores con interfaces y uplinks Gigabit Ethernet. Los repetidores y/o distribuidores de almacenamiento temporal de Gigabit pueden también instalarse como se necesiten. Una vez que el backbone es actualizado con un switch Gigabit Ethernet, las granjas de servidores de alto rendimiento pueden conectarse directamente al backbone con tarjetas de interfaz de red Gigabit Ethernet, incrementando el desempeño a los servidores para aplicaciones de usuarios con alto ancho de banda. También, la red puede soportar ahora un número mayor de segmentos, más ancho de banda por segmento, y un número mayor de nodos por segmento. La figura 3.35(a) ilustra la red a actualizar, mientras figura 3.35(b) ilustra la red después de ser actualizada a Gigabit Ethernet.

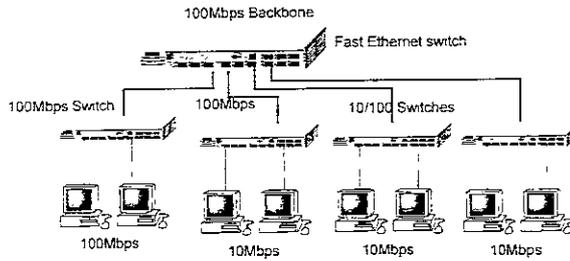


Figura 3.35(a) Red a actualizar

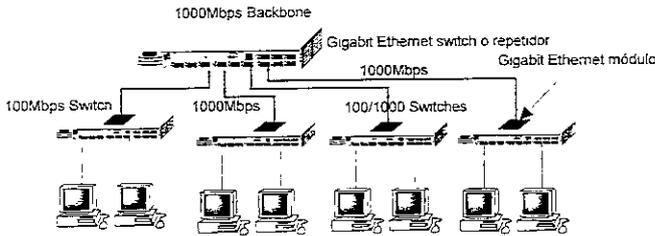


Figura 3.35(b) Migración de Backbone Fast Ethernet conmutado

Migración de Backbone FDDI Compartido

Un campus FDDI puede ser actualizado reemplazando el concentrador FDDI con un switch o repetidor Gigabit Ethernet. (Como un paso intermedio, algunos usuarios podrían migrar a un switch FDDI antes de instalar un switch Gigabit Ethernet.) La única actualización requerida es la instalación de nuevas interfaces en los enrutadores, switches o repetidores. Toda la inversión en cableado de fibra-óptica se mantiene, y el ancho de banda agregado es incrementado por lo menos diez veces para cada segmento. La figura 3.36 ilustra dos ejemplos de actualización a Gigabit Ethernet.

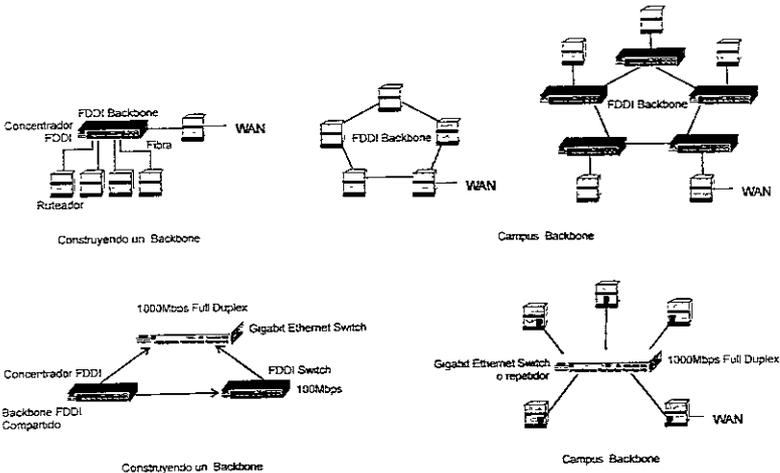


Figura 3.36 Migración de Backbone FDDI Compartido

Migración de grupos de trabajo (Workgroups) de alto rendimiento

Las fases más tardías para la adopción de Gigabit Ethernet, como las conexiones de escritorio de Fast Ethernet o FDDI corridas fuera del ancho de banda, las tarjetas de interfaz de red Gigabit Ethernet son empleadas para actualizar el alto rendimiento de las computadoras de escritorio con conectividad Gigabit Ethernet. El alto rendimiento de las computadoras de escritorio es entonces conectado a switches o distribuidores de almacenamiento temporal de Gigabit Ethernet. La figura 3.7 ilustra una red a actualizar y ésta misma después de ser actualizada a Gigabit Ethernet.

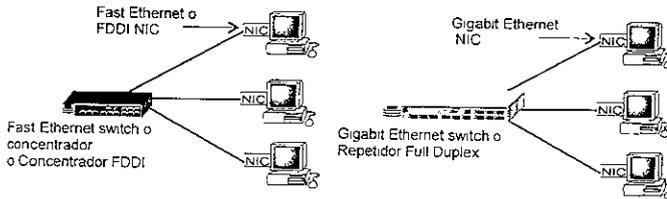


Figura 3.37 Migración de grupos de trabajo de alto rendimiento

MODO DE TRANSFERENCIA ASÍNCRONA (ATM)

El modo de transferencia asíncrona empezó como parte del estándar de la Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha (RDSI-B), desarrollado en 1988 por el Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía (CCITT). Este órgano es ahora más conocido como la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), de la cual CCITT es un comité integrante. La ITU se encarga en la actualidad de formalizar los estándares de ATM. La RDSI-B, es una extensión de la red digital de banda estrecha las cuales definen las redes públicas de telecomunicaciones digitales. La RDSI-B proporciona más ancho de banda y permite un flujo de datos superior a la de la RDSI de banda estrecha. La figura 3.38 muestra el modelo de referencia de la RDSI-B.

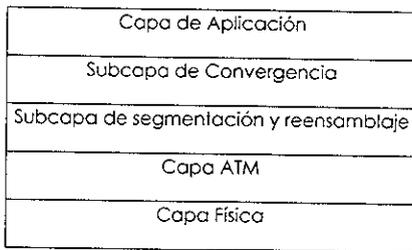


Figura 3.38 Modelo de referencia de la RDSI-B

En 1991 se constituyó el forum ATM, un consorcio de vendedores, compañías de comunicaciones y usuarios, para expedir los convenios industriales sobre las interfaces ATM.

ATM es un protocolo punto a punto, por conmutación de celdas orientado a conexión en full dúplex el cual designa un ancho de banda a cada estación por medio de multiplexión por división de tiempo asíncrono para el control de flujo de información sobre la red. Funciona con un ancho de banda que van desde los 25 Mbps hasta los 622 Mbps, aunque la mayor parte de los esfuerzos de desarrollo se destinan al ATM a 155Mbps. Algunos beneficios derivados del ATM son

- Excelente facilidad de ampliación
- Integración con las redes clásicas

- Designación de ancho de banda en base a demanda
- Capacidad para manejar los tipos de tráfico por la red: voz, datos, vídeo, imágenes, gráficos y multimedia
- Adaptabilidad tanto al entorno LAN como al WAN
- Ausencia de mecanismos de recuperación a nivel de capa de enlace de datos en nodos intermedios.

ATM se desarrolló como una alternativa a protocolos de transporte tales como Ethernet y anillos con testigo (Token Ring), que presentaban evidentes limitaciones en ancho de banda y facilidad de ampliación. Sin embargo, también se desarrolló con el fin de manejar de manera simultánea múltiples tipos de datos con eficiencia mejorada. Por ello ATM tenía que ser capaz de transmitir a gran variedad de velocidades y soportar comunicaciones en ráfagas, ya que los tráficos de voz, datos y vídeo se comportan de esta manera. Cabe señalar que la mayor parte de la gente no se da cuenta de que el tráfico de voz a través de un circuito conmutado muestra un comportamiento de tipo ráfaga. Además de que la tecnología *cell relay* referida comúnmente como ATM es una evolución a partir de los conceptos de *Frame relay* y la conmutación de circuitos multi-tasa o multi-velocidad. La conmutación de circuitos multi-tasa designa canales con tasa de transmisión fija, *cell relay* de igual forma permite la definición por medio de canales virtuales designados con tasa de transferencia dinámica; así mismo *cell relay*, toma el esquema de no llevar a cabo ningún control de errores dentro de los nodos intermedios, permitiendo la recuperación de estos a través de las capas superiores en los sistemas finales, esto es, el nivel ATM no realiza ninguna retransmisión y no existe ningún reconocimiento de que las celdas han sido recibidas. Antes de describir ATM, es importante mencionar algunos conceptos necesarios para comprender el funcionamiento de esta tecnología:

Celdas ATM

En la conmutación de paquetes se utiliza ancho de banda sólo cuando hay tráfico de datos, esto se desarrolló para manejar tráficos de datos de tipo ráfagas. No obstante, la conmutación de paquetes no se comporta adecuadamente con tráficos bidireccionales en tiempo real, tales como el vídeo interactivo. ATM supera dicha limitación al emplear celdas que son paquetes de longitud fija, en lugar de variable. Cada celda ATM contiene 48 bytes de datos útiles y 5 bytes de cabecera tal y como se muestra en la figura 3.39.

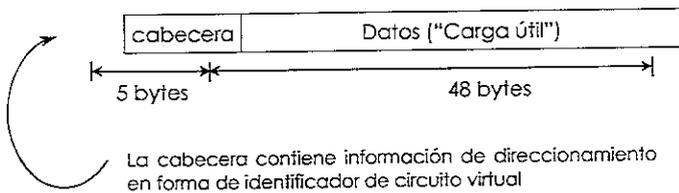


Figura 3.39 Celda ATM

La celda ATM se utiliza para transportar datos transmitidos entre switches. Cada segmento de datos de 48 bytes se coloca en una celda junto con 5 bytes de cabecera, para conformar una celda ATM de 53 bytes. La cabecera de la celda ATM contiene la información necesaria para llevar a cabo la conmutación.

Las celdas de longitud fija ATM presentan numerosas ventajas respecto a los paquetes de longitud variable, como son:

- Capacidad de conmutación vía hardware: La conmutación ATM, que es el procesado de celdas de longitud fija, puede realizarse a nivel de hardware, en lugar de utilizar software costoso e intensivo en cálculo.
- Niveles de servicios garantizados: los retardos de interconexión y de las colas de conmutación son más predecibles en el caso de las celdas de datos de longitud fija. Por esta razón puede diseñarse los switches para proporcionar niveles de servicio garantizados para todo tipo de tráfico, incluyendo la voz y el vídeo.
- Procesamiento paralelo: Las celdas de longitud fija permiten que los switches de retransmisión de celdas funcionen en paralelo, para velocidades que exceden en gran medida la capacidad de las arquitecturas de conmutación de tipo bus.
- Capacidad de procesamiento de voz: Aunque las celdas ATM solo necesitan ancho de banda cuando hay datos que transmitir, también puede proporcionar el equivalente a las divisiones temporales de un multiplexor por división en el tiempo, para tráfico continuo. Como resultado ATM puede manejar igual de bien tráfico continuo en tiempo real, como voz digitalizada, y tráfico en ráfagas, como transmisiones de LAN.

ATM no utiliza ancho de banda compartido. En su lugar, cada puerto de un switch ATM se dedica a un usuario. Un switch ATM establece una conexión virtual entre un nodo transmisor y un nodo receptor. Dicha conexión se lleva a cabo basándose en la dirección destino de cada celda, dura justo lo que se tarda en transferir cada celda. La transferencia de datos pueden realizarse en paralelo y a plena velocidad de la red. Ya que cada celda sólo se transmite al puerto asociado con la dirección destino específica, ningún otro puerto recibe la celda y, por ello, se propicia que el tráfico sea reducido y, como, ventaja adicional, una seguridad elevada.

Conmutación ATM y conexión de circuitos virtuales

Para comunicarse a través de la red ATM es necesario que las aplicaciones establezcan de antemano una conexión virtual (VC) entre switches. Una VC constituye una ruta de transmisión para una celda ATM, estableciendo una conexión punto a punto entre uno o más switches. Las VC pueden establecerse de dos maneras. La primera, los *circuitos virtuales permanentes* (PVC), pueden ser configurados manualmente por el administrador de la red. A cada PVC se le asigna un ancho de banda que garantiza la calidad de servicio de una estación concreta. Los administradores de la red configuran una PVC para las aplicaciones críticas que requieran constantemente la mayor prioridad, para las conexiones permanentes como las que se establecen entre routers y puentes. La segunda manera de establecer una VC es el *circuito virtual conmutado* (SVC). Un SVC es una VC establecida "sobre la marcha" cuando lo necesita la aplicación.

Identificador de Circuito Virtual

La cabecera de la celda también incluye dos campos de dirección, el *identificador de campo virtual* (PFI) y el *identificador de canal virtual* (VCI), que de manera conjunta ocupan 3.5 bytes y definen el identificador de circuito virtual, que es la ruta a seguir por una celda para llegar a un switch concreto. Estos campos se actualizan en cada switch del camino. Los identificadores de circuito virtual marcan las celdas de conexión concreta, y los switches transfieren los datos en una VC mediante conmutación de hardware, gracias a la marca de la conexión de la VC localizada en la cabecera de la celda. Todavía son importantes los problemas de congestión de celdas y encaminamiento en la VC entre varios switches en un proceso estándar. La gestión de la congestión es muy importante, ya que para la pérdida de una pequeña cantidad de celdas (por ejemplo, un 0.1%) tiene como resultado una pérdida de tramas dramáticamente (por ejemplo, un 20%). Como esto no es aceptable, se están estudiando y evaluando de manera activa diferentes alternativas. Todas las celdas ATM son del mismo tamaño lo que permite disponer de lo siguiente.

- Ancho de Banda garantizado. Los paquetes de longitud variable pueden provocar retrasos en el tráfico de los switches, de la misma manera que los coches se ven obstaculizados en los cruces cuando los caminos de gran tamaño realizan giros de ellos.

- Alto rendimiento: Gran volumen de datos puede transitar concurrentemente por una única conexión física.
- Conmutación de hardware: A corto plazo este hecho incrementa la tasa de desempeño, y a la larga favorecerá la explotación tecnológica de los avances en precio frente a rendimiento, a medida que aumente la potencia de los procesadores y decaiga su costo.
- Asignación de prioridad a los datos: ATM puede proporcionar una respuesta determinista, que es esencial para aplicaciones sensibles a los retrasos, tales como la transmisión de vídeo y audio o el transporte de flujos de datos interactivos, de carácter crítico.

Como se vio en anteriores capítulos Orientado a conexión, significa que la conexión debe establecerse entre las computadoras de transmisión y recepción, antes de empezar a transferir datos. Cada punto intermedio de conmutación debe ser identificado, y se le ha de informar acerca de la existencia de la conexión. Cada paquete se encamina por separado y por ello, debe incluir la dirección completa de su punto destino.

La transmisión duplex permite transmitir sobre un par de hilos y recibir sobre otro par de manera simultánea, haciendo posible utilizar casi por completo ambos pares, obteniendo velocidades de transferencia altas y sostenibles. Al permitir transmisiones dúplex, ATM duplica el ancho de banda efectivo de las transmisiones semiduplex clásicas utilizadas por la mayor parte de los protocolos de red.

Como se ha mencionado anteriormente, las redes ATM deben establecer una conexión entre las estaciones de emisión y recepción antes de comenzar a transmitir las celdas. Dicha conexión entre dos estaciones es lo único que el switch ATM debe tener en cuenta. A diferencia de un router, el switch ATM selecciona la ruta entre una estación emisora y receptora, e informa a los switches intermedios de la misma para asegurar que los recursos para la transmisión de la celda a lo largo de la red se asignen adecuadamente. Una vez establecida la ruta para transmisión de una celda, el switch ATM asigna un número de conexión de enlace punto a punto a lo largo de la ruta. Los números de conexión se escogen independientemente para uno de los enlaces punto a punto en el camino transmisión. Un camino queda constituido a partir de cierto número de dichos enlaces, estando los mismo unidos por switches. Esto se traduce en la posibilidad de que una celda contenga, potencialmente, un número de conexión distinto por cada enlace. Cada switch cambia los números de conexión de cada celda según transfiere la misma de un enlace a otro. Este cambio permite que los campos asociados a los números de conexión sean sólo lo suficientemente largos como para poder identificar las conexiones manejadas por un solo enlace. Esto permite que ATM haga uso de números de conexión bajos, en lugar de utilizar las direcciones tan largas que requieren la mayor parte de los protocolos. Así ATM es más eficiente, ya que los números aprovechan mejor el espacio existente en la celda y, la red ATM automáticamente asigna dicho ancho de banda, al usuario. En realidad el ancho de banda no se asigna de manera dedicada así como así, sino que se comparte con los otros usuarios, pero asegurando la calidad de servicio solicitada. Esto es posible gracias a que la red controla el número de conversaciones simultáneas.

Para acceder a la red una, estación o una computadora solicita un circuito virtual entre los puntos origen y destino. Durante el establecimiento de la conexión, la estación del extremo puede solicitar la calidad de servicio que necesita para satisfacer los requisitos de transmisión, siendo confirmada por los switches ATM solo si existen suficientes recursos disponibles para ello. La calidad de servicio garantizada resulta particularmente útil a la hora de transportar comunicaciones interactivas en tiempo real, tales como voz y vídeo. ATM utiliza un protocolo conocido como interfaz usuario-a-red (UNI: USER-to Network interface) para asignar niveles de ancho de banda dedicado a las estaciones y a las aplicaciones.

Interfaz usuario-a-red

Los protocolos UNI de ATM proporcionan múltiples clase de servicio y de reserva de ancho de banda durante el establecimiento de una conexión sobre una conexión virtual conmutada

La UNI define la compatibilidad (interoperabilidad) entre el equipo del usuario y el puerto del switch ATM. Una UNI pública define la interfaz entre un servicio público de una red ATM, admitiendo habitualmente una interfaz SONET o DS3. Por otro lado, una UNI privada define la interfaz entre un usuario y un switch ATM privado, presentando por lo general una interfaz a par de cobre o fibra óptica. El protocolo UNI implementado en los productos debe coordinar el ancho de banda asignado localmente entre otros switches y segmentos de LAN. También debe admitir cierta variedad de sistemas operativos de red que garanticen la calidad de servicio. Ambos aspectos afectan la compatibilidad entre equipos de la red ATM, y deben ser considerados por los administradores de la red al seleccionar sus productos.

3.1 ATM y el Modelo de referencia OSI

ATM llega más allá en el modelo OSI que la mayoría de los protocolos de transporte, tal y como muestran las siguientes figuras:

Aplicación	Capa de Adaptación ATM
Presentación	
Sesión	Capa de Adaptación ATM
Transporte	
Red	Capa ATM
Enlace de datos	
Físico	Físico

Figura 3.40 Comparación ATM con OSI

El modelo de referencia de protocolos ATM está dividida en tres niveles como se muestra en la figura 3.41:

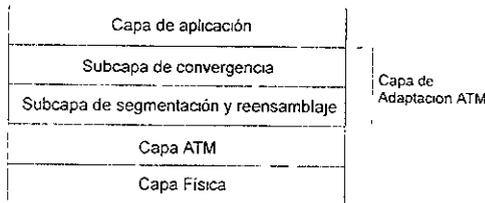


Figura 3.41 Modelo de referencia ATM

Capa Física

El aspecto más importante del nivel físico de ATM es que no define ningún tipo de medio específico, soporta muchos medios, inclusive aquellos existentes utilizados en otros sistemas de comunicaciones. Muchas especificaciones de interoperabilidad aun se encuentran bajo desarrollo. Los expertos industriales, ratifican a la red óptica sincrónica (SONET: Synchronous Optical Network) como el medio de transporte físico de ATM tanto para aplicaciones WAN como LAN. Se recomienda también FDDI (10 MBPS), canal de fibra (155Mbps), OC3 SONET (155Mbps) y T3 (45Mbps) como la interfaz física para ATM.

Capa ATM

La capa ATM es la responsable de transportar la información a través de la red, utilizando conexiones virtuales. Las conexiones son consideradas virtuales por que aunque los usuarios pueden conectarse fin-a-fin, las conexiones solo se realizan cuando las celdas necesitan ser enviadas. Cabe mencionar que la conexión no es dedicada para uso exclusivo de una sola conversación aunque a vista de usuario así parece.

Capa de Adaptación de ATM (AAL ATM Adaptation Layer)

La capa reside directamente sobre la capa de ATM. Es en esta capa donde ATM convierte el tráfico de usuario de las aplicaciones al formato de ATM, y donde se proporcionan los mecanismos para las aplicaciones orientadas y no orientadas a conexión (como X.25 y tráfico en redes de área local respectivamente), aplicaciones con tasas de transferencia variables y aplicaciones con tráfico que requiera velocidad constante (como vídeo y multimedia). En otras palabras esta capa desarrolla el mapeo necesario entre la capa de ATM y los protocolos de las capas superiores, es decir, se encapsula el tráfico de las aplicaciones superiores del usuario dentro del formato de ATM. En esta capa, además, se deben resolver los problemas de flujo de datos para la aplicación y la variación de retraso de la celda. La capa AAL se compone de dos subcapas, las cuales varían dependiendo del tipo y el formato de los datos recibidos.

- **Subcapa de convergencia**
Permite la retransmisión de voz, vídeo y tráfico de datos a través del mismo elemento de conmutación. Interpreta los datos que le llegan desde la aplicación de la capa superior y los prepara para su procesamiento en la subcapa de segmentación y reensamblado. El CS desarrolla el procesamiento de retraso de celdas, la sincronización de fin a fin y el manejo de celdas perdidas o mal insertadas. Obviamente, las operaciones y funciones llevadas a cabo por la subcapa de convergencia varían dependiendo del tipo y el formato de los datos recibidos.
- **Subcapa de segmentación y reensamblado (SAR)**
Antes de que una aplicación transmita datos por una red ATM la subcapa de SAR segmenta los mismos en celdas de datos de ATM de 48 bytes. Una vez que dichas celdas alcanzan su destino, las subcapas de SAR las reensamblan en datos de alto nivel y las transmite a los dispositivos locales apropiados.
- **AAL-5**
Ya que ATM puede transportar distintos tipos de tráfico, existen varios protocolos de adaptación funcionando de manera simultánea en la capa de adaptación. Por ejemplo, las redes de área local suelen utilizar el protocolo AAL-5, diseñado específicamente para manejar este tipo de tráfico variable. A cada trama de información del usuario (hasta 64 KB de longitud) que llega de la aplicación del nivel superior a la subcapa de convergencia AAL-5, le añade un campo de 8 bytes que incluye longitud de los datos y una comprobación de errores, la trama AAL-5 se separa en un flujo de celdas de datos de 48 bytes mediante la subcapa SAR. En la estación de recepción esta subcapa reensambla las celdas en tramas, y el CS las procesa y elimina el campo de 8 bytes asociado a la longitud de los datos y a la comprobación de errores. La trama se pasa, a continuación, al protocolo de nivel superior. AAL-5 es la base de la emulación de LAN, una tecnología clave en la integración y migración hacia las redes ATM.

3.8.2 Clases de calidad de servicio ATM (QoS Quality of Service)

Dado que ATM puede soportar cualquier tipo de tráfico, este debe ser identificado como tal para preservar los parámetros de calidad de servicio (QoS) que requieren cada uno de ellos por separado. Por ello, se hace necesario que existan distintivos para cada uno de los servicios, debido a esto, todo tipo de tráfico puede tomar lugar dentro de una misma estructura identificada por partes que son: El canal virtual (VCI) y la ruta virtual (VPI). Para mantener los parámetros de garantía

de comunicación y la calidad de servicio requerida por la información que transporta ATM ha definido cuatro clases de servicio en la capa de adaptación ATM (AAL) referidos como QoS:

1. Clase A: AAL 1
2. Clase B: AAL 2
3. Clase C y D: AAL 3
4. Clase C y D: AAL 5

CLASE A. La clase A o tasa de bit constante (CBR: Constant Bit Rate), provee un canal virtual de transmisión con ancho de banda fijo. La CBR es utilizada primeramente por el tráfico característica por un flujo continuo de bits a una tasa regular, con un ancho de banda altamente sensible al retraso e intolerante a la pérdida de celdas tal como el video en tiempo real y tráfico de la voz.

CLASE B y C. Esta clase se refiere a la tasa de bit variable (VBR: Variable Bits Rate), el cual tiene una naturaleza de ráfaga (Bursty) como en aplicaciones de voz o video que utilizan compresión. La clase B es tráfico VBR en tiempo real (RT-VBR), donde el retraso de fin a fin es crítico, tal como la videoconferencia interactiva. La clase C es tráfico en tiempo no real (NTR-VBR), donde el retraso no es tan crítico, tal como reproducción de video, preparación de cintas y mensajes de video por correo.

CLASE D. El tráfico de este tipo es dividido en 2 clases: Tasa de bit disponible (ABR Available Bit Rate) y tasa de bit sin especificar (UBR Unspecified Bit Rate). Estas clases son para el tráfico de red LAN con características de ráfaga y aquellos datos que pueden ser mas tolerantes al retraso y pérdidas de celdas. UBR es un servicio de mejor esfuerzo que no especifica la tasa de bit o la de parámetros de tráfico y no garantiza la calidad de servicio. Proyectado como una manera para hacer uso del exceso del ancho de banda existente, UBR de la misma manera es un servicio de mejor esfuerzo, pero difiere de UBR en que es un servicio de administración, basado en la tasa de celdas mínima (MCR Minimum Cell Rate) y con una pérdida de Celdas.

Una red ATM, en el momento que una aplicación necesite establecer una conexión entre dos usuarios deberá negociar un contrato de tráfico que especifica la clase de servicio de la conexión. Las clases de servicio ATM cubren un rango de parámetros de servicio y garantías de QoS. Las garantías de servicio pueden definir niveles mínimos de ancho de banda disponible, límites superiores del retraso de las celdas y celdas perdidas. Por esta Razón ATM entrega importantes ventajas sobre las tecnologías de redes de área local y de área amplia. Con la promesa de un ancho de banda escalable y los parámetros de calidad de servicio requeridos de forma garantizada, lo cual facilita el desarrollo de nuevas clases de aplicaciones tales como multimedia y videoconferencias.

3.3 Topología de una red ATM

ATM está formado por una topología de malla de switches. Esto lleva a la conclusión de que cualquier punto en la red puede ser alcanzado desde cualquier otro punto mediante múltiples rutas. Además como limitación tiene únicamente las características de atenuación del medio utilizado. Los switches de malla son generalmente dispositivos multipuertos que realizan la conmutación de las celdas. Este conjunto de switches ATM son interconectados por enlaces ATM punto a punto o interfaces. Los switches soportan dos tipos de interfaces. La interfaz de red-usuario (UNI) y la interfaz de red a red (NNI: Network Node Interface). La interfaz UNI, como ya se mencionó, interconecta los sistemas finales ATM (hosts, enrutadores, etc.) a un switch ATM, mientras que la interfaz NNI puede ser definida de manera precisa como una interfaz que conecta a dos o más switches ATM. En otras palabras una NNI es cualquier enlace físico o lógico que cruza entre dos switches ATM intercambiando el protocolo NNI. Un esquema representativo de la topología ATM se muestra a continuación con la figura 3.42.

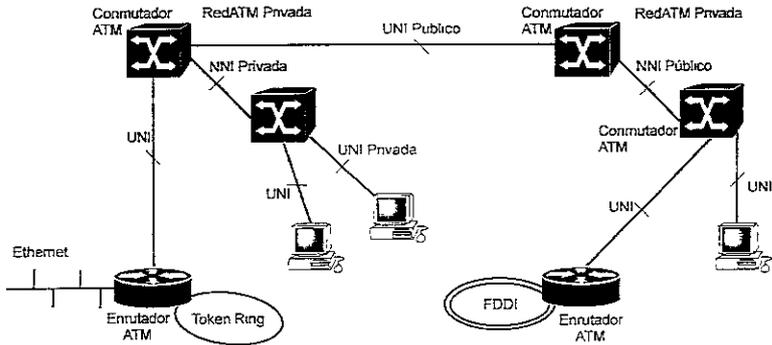


Figura 3.42 Esquema de una topología ATM

3.8.4 Funcionamiento de ATM

La combinación de conmutación de celdas y las conexiones punto a punto con números de conexión bajos permiten que el ATM fragmente las tareas básicas de red en dos componentes distintos: determinación de la ruta y reenvío de los datos (conocidos habitualmente como enrutamiento y conmutación) manejando cada uno de ellos con una tecnología distinta. A modo de ilustración, veamos cómo se transmite una celda por una red ATM.

Determinación del camino

La determinación del camino es una tarea intensiva en cálculo, típicamente realizada en software, que requiere un conocimiento dinámico de la topología global de la red. La determinación del camino en ATM se hace mediante el establecimiento de conexiones virtuales, y sólo ocurre una vez en cada sesión de transferencia de datos. El ATM selecciona un mismo camino para todas las celdas de la conexión durante el establecimiento de la misma. Tras el establecimiento de la conexión, sólo se llevan a cabo sencillas operaciones para la transferencia de la celda, requiriendo un sistema diferente para la conexión. La parte de establecimiento de conexión de ATM debe estar basada en protocolos no orientados a conexión. Según esto, cada paquete que viaja por una red clásica ha de contener toda la información de encaminamiento globalmente significativa, y cada paquete debe procesarse en los enrutadores antes de que los datos sigan avanzando. Esta evocación constante de la determinación del camino supone el desperdicio de costosos recursos, derivando en un cuello de botella ocasionado por la mala utilización de los enrutadores.

Para ilustrar el problema de encaminamiento resuelto por la arquitectura ATM, consideremos un proceso de copia de seguridad en una red. Supongamos que tenemos que realizar una copia de seguridad de 2Gb, que residen en un servidor de una red con encaminamiento. El programa que realizará la copia creará probablemente 10 millones de paquetes de 200 bytes, puesto que 200 bytes es el tamaño de la unidad de transferencia utilizada en las redes con encaminamiento. A cada uno de estos 10 millones de paquetes se le asignará una dirección global de red, y cada enrutador procesará por separado cada uno de los 10 millones de paquetes (incluso aunque fluyan constantemente a través del mismo camino). Esto se traduce en que cada enrutador de la ruta deba examinar la cabecera de capa de red de cada paquete, y componer separadamente y de nuevo la ruta para cada uno de ellos, a pesar de que la ruta sea idéntica para cada uno de los 10 millones de paquetes, con lo que hay un gran desperdicio de recursos de proceso.

El switch ATM establece la ruta sólo una vez mediante una conexión virtual (VC) y le asigna después un identificador de conexión. Los switches de dicha ruta reciben información referente al ancho de banda requerido por la VC, así como instrucciones sobre cómo interpretar adecuadamente el identificador de la conexión. Tras ello, todas las celdas con ese identificador de conexión se conmutan por hardware a lo largo de la ruta, permitiendo que la función de cálculo de rutas se dedique a dar servicio a nuevas conexiones. De esta manera, las celdas carecen de direcciones de encaminamiento complejas, ya que solo se marcan con un pequeño identificador temporal de la conexión, que los switches ATM saben convertir en el camino definido mediante la VC.

Reenvío de datos

Es una función de hardware intensiva que necesita capacidad de conmutación del orden de gigabits. La conmutación ATM basada en celdas puede realizarse con gran sencillez y al igual que en la conmutación Ethernet, por completo en hardware. Se realiza en switches ATM que trabajan sobre celdas ATM. Según esto, las celdas se conmutan por hardware a lo largo del camino previamente establecido para la VC, durante toda la sesión. ATM constituye fundamentalmente un formato para el funcionamiento de los switches, y no proporciona protocolos para la validación del acceso. Cada puerto de un switch se comporta en muchos aspectos como una estación. La información de la cabecera de la celda recién recibida se utiliza para buscar la información de reenvío necesaria para encaminar la celda en el switch. También, se verifica la existencia de errores en ella, eliminándose las que presenten fallas. La información de esta cabecera se modifica en cada switch, para representar la ruta hasta el siguiente. El direccionamiento de las celdas ATM es de carácter local al switch, en contra de lo que sucede con las direcciones MAC, que identifican a los usuarios individuales con valores únicos a nivel local y global.

Conmutadores ATM

Los switches ATM permiten establecer una conexión por puerto. Algunos switches son sin bloqueo, en el sentido de que pueden admitir un enlace de soporte (backbone) equivalente a la suma de las velocidades de los puertos de entrada. Además, transfieren el tráfico desde la entrada hacia la salida en procesos intermedios de almacenamiento y reenvío. Se utiliza almacenamiento intermedio sólo si varias entradas intentan acceder a la misma salida de manera simultánea. A pesar del almacenamiento ocasional, ATM es todavía superior a los lentos enrutadores tradicionales basados en almacenamiento y reenvío.

La operación básica de un switch ATM es simple: una celda proveniente de un enlace sobre un valor conocido de VCI/VPI, busca el valor de conexión en una tabla de translación local para poder determinar el puerto de conexión de salida y el nuevo valor VPI/VCÍ de la conexión sobre ese enlace; y entonces retransmite la celda sobre ese enlace con los identificadores de conexión apropiados. La operación de transmisión del switch, es simple, ya que las tablas de translación son previamente establecidas antes de que se lleve a cabo alguna transmisión. Dependiendo de como se establezcan las tablas, se determinará el tipo de conexión, la cual puede ser: conexión virtual permanente (PVC) o conexión virtual conmutada (SVC). Es importante mencionar que estos switches pueden utilizarse como concentradores o dispositivos de comunicación de área extendida, que transmiten celdas ATM entre redes LAN remotas.

La base de las redes de soporte con velocidades de gigabits para ATM está constituida por los elementos de conmutación hardware ampliables. La función de conmutación ATM consta de dos partes: el hardware de conmutación, que es quien realmente lleva a cabo la misma, y el punto de control de la conmutación, que gestiona la estructura de conmutación mediante:

- La gestión de peticiones de conexiones virtuales (VC)
- El conocimiento de la topología de la red ATM.
- El mantenimiento de las bases de datos de reenvío
- La capacitación de la gestión de red ATM basada en SNMP.

Los switches ATM proporcionan alto rendimiento en el reenvío de datos: toda la información se convierte en celdas con el formato común de 53 bytes. A diferencia de los switches de paquetes que procesan mediante software paquetes de longitud variable, los switches ATM o de reenvío de celdas siempre manipulan unidades de datos uniformes y de tamaño pequeño. Así se permite que las funciones clave se implementen en hardware, cuyo resultado es que el procesamiento y la conmutación de celdas son muy rápidos, además de la posibilidad de construir grandes redes manteniendo retardos de propagación aceptables. Por otra parte ATM permite conexiones redundantes que incrementan la tolerancia a fallos. Sin embargo, para permitir que la red sea suficientemente rápida con velocidades de varios gigabits por segundo, ATM no proporciona detección de errores ni retransmisiones, por lo que el futuro usuario debe tenerlo en cuenta.

3.8.5 Consideraciones de cableado

La topología ATM se basa en una red conmutada, lo que quiere decir que cualquier punto de la red puede alcanzarse desde cualquier otro a través de diversos routers que involucran diferentes conexiones entre los switches. ATM no precisa de protocolos de capa física específicos para ello, tampoco presenta limitaciones de distancia o alcance que las especificadas. Se logra así simplificar la construcción del cableado, ya que no existen reglas que obstruyan su diseño. Sin embargo, realza la importancia de la documentación, pues al no existir reglas, sería prácticamente imposible descifrar una instalación incorrectamente documentada.

Medios admitidos por el ATM

La independencia del medio es una de las motivaciones claras del ATM. Existen muchas especificaciones de capa física, desde 25 Mbps, incluyendo varias entre 100 y 155 Mbps, y llegando hasta los 622 Mbps. A 155 Mbps, ATM admite UTP de categorías 3, 4 y 5, STP tipo 1, fibra óptica, fibra óptica multimodo y fibra óptica monomodo para redes de área local.

Interfaz física para redes de área extensa

La interfaz de WAN a 155 Mbps para redes públicas de compañías de telecomunicaciones está basado en la red óptica síncrona (SONET). Como ya se mencionó anteriormente, SONET constituye un esquema de transporte de capa física aceptado internacionalmente, que se desarrolló a principios de los años ochenta.

3.8.6 Seguridad en ATM

Mediante el uso de procedimientos explícitos para la iniciación de la comunicación, los mecanismos de seguridad pueden implementarse llamada a llamada, en lugar de paquete a paquete, de manera que los usuarios se vean privados automáticamente del acceso a recursos ajenos. La red podría determinar de manera inteligente qué tráfico debe cursarse a partir de la identidad del emisor y el destinatario. Más aún, pueden implementarse mecanismos de identificación que restrinjan el acceso del usuario a la totalidad de los recursos de red. La naturaleza orientada a conexión del ATM también asegura que el tráfico de datos sólo se encamina a su verdadero destino: no se desperdicia inútilmente recursos de red para difusiones innecesarias, ni se compromete la seguridad. Este comportamiento elimina la necesidad de incorporar protocolos de difusión y de filtrado para mejorar la eficiencia.

Seguridad y LAN privadas

Las LAN virtuales pueden servir para incrementar la seguridad, al permitir que los administradores de red utilicen LAN virtuales para definir restricciones de acceso entre grupos de dispositivos proporcionando una férrea seguridad. Más aún, los switches ATM proporcionan mecanismos de seguridad a nivel de puertos al permitir a los administradores que restrinjan las subredes virtuales determinados puertos físicos.

3.8.7 Emulación de LAN

Por su parte la emulación de redes LAN conocida como ELAN se basa en dos estándares, uno es responsabilidad del forum ATM el de *emulación de LAN ATM* y el segundo establecido por el IETF (Internet Engincering Task Force) basado en el método IP clásico sobre ATM referido como *RFC1577*. Los dos estándares asumen que los usuarios de ATM tendrán adaptadores de sistema para sus computadoras de escritorio soportando una interfaz UNI ATM, y que serán conectados hacia un switch ATM. Los switches normalmente soportarán ambos puertos, conexiones hacia estaciones o sistemas de servidor y tróncales ATM. Algunos switches además soportarán estaciones no-ATM. La emulación de LAN es un conjunto de servicios que realizan la traducción entre los protocolos de alto nivel de los servicios de protocolos no orientados a conexión y los protocolos de ATM de bajo nivel orientados a conexión, tal y como muestra la figura 3.43.

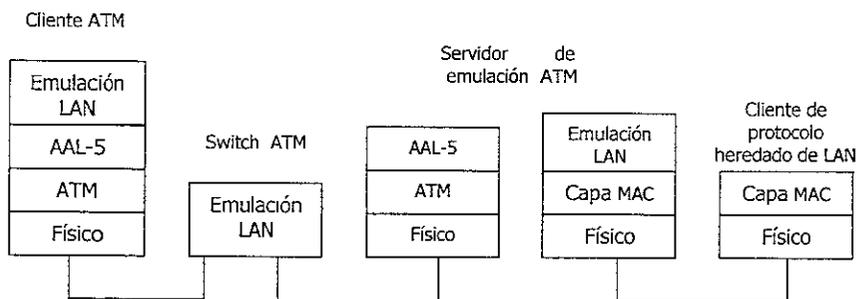


Figura 3.43 Formas de conexión

Como ya se ha mencionado, la capa de adaptación de ATM (AAL) da formato a los datos como celdas de ATM (de 48 bytes), proceso que se conoce como *segmentación*. Una vez que las celdas de ATM alcanzan su destino, se reconstruyen en datos de nivel superior y se transmiten a los dispositivos locales respectivos en un proceso conocido como *reensamblado*. Ya que ATM puede transportar distintos tipos de tráfico, dentro de la capa de adaptación existen varios protocolos de adaptación funcionando de manera simultánea. El protocolo de adaptación sobre el que se basa la emulación de LAN es el AAL-5.

En el convertidor de ATM a LAN del extremo de la red (inter-red), la emulación de LAN resuelve los problemas de conexión de datos para todos los protocolos (con y sin encaminamiento), resolviendo las direcciones de LAN y ATM en la capa MAC. La emulación de LAN es totalmente independiente de los protocolos, los servicios y las aplicaciones de nivel superior.

Como la emulación de LAN tiene lugar en los dispositivos interred y en los dispositivos terminales, es totalmente transparente para la red ATM y para los dispositivos anfitriones de las redes Ethernet y de anillo con testigo. La figura 3.44 muestra el funcionamiento de la emulación de LAN en una LAN heredada.

Las PCs del entorno Ethernet acceden a los servidores de alto nivel con interfaces ATM a través de switches LAN/ATM. Como la emulación de LAN hace parecer a ATM, como una LAN clásica, las técnicas estándar de enlace permiten que el switch LAN/ATM proporcione conectividad independiente del protocolo. No es preciso modificar las PCs heredadas, que experimentan un incremento en su rendimiento a causa de la elevada capacidad de entrada/salida del servidor, gracias a la interfaz ATM de alta velocidad. Además, se benefician del ancho de banda dedicado proporcionado por la implementación conmutada de la LAN.

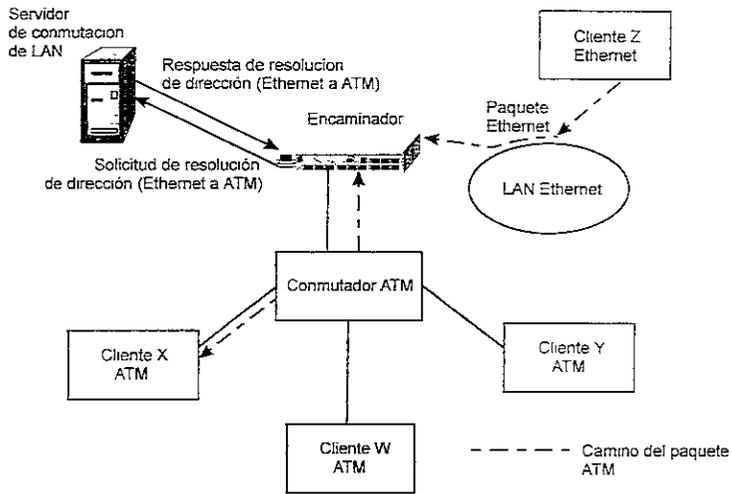


Figura 3.44 Funcionamiento de emulación LAN en una LAN heredada

Los estándares de emulación de LAN del foro de ATM también contemplan la implementación de emulaciones de múltiples LAN dentro de una misma red. La emulación de una LAN se implementa por medio de un modelo cliente-servidor, más o menos de la siguiente manera: Un cliente de la emulación de LAN, como por ejemplo el software de una estación de trabajo, convierte las direcciones MAC en direcciones ATM. Cada cliente se conecta al servidor mediante una conexión virtual. Sólo los clientes que se conectan a un mismo servidor obtienen visibilidad mutua, y pueden comunicarse entre sí de forma directa. La segmentación a nivel lógico de la red entre múltiples funciones del servidor (pudiendo ser dispositivos autónomos, software de los equipos de usuario o módulos de conmutación ATM) permite la coexistencia de múltiples emulaciones de LAN sobre una misma red física. La figura 3.45 muestra el aspecto físico y lógico de una emulación de múltiples LAN.

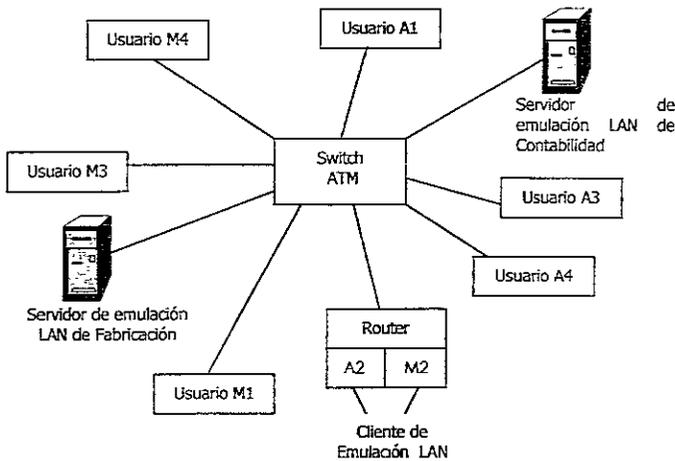


Figura 3.45 Aspecto físico y lógico de una emulación de múltiples LAN.

En su componente físico, el router ejecuta dos clientes de emulación de LAN (A2 para el departamento de contabilidad y M2 para el de fabricación). El servidor de cada departamento lleva a cuenta de sus propios clientes a través de una base de datos residente. Cuando el usuario de contabilidad A1 envía un paquete al usuario de fabricación M1, el servidor de contabilidad comprueba si se genera una coincidencia dentro de su base de datos. Si no se produce, pasa la dirección MAC al router (A2/M2), quien reenvía el paquete al servidor del departamento de fabricación para que se lo entregue a M1.

La presentación lógica se parece al aspecto físico de una LAN de hoy en día, siendo así consistente con el propósito de la emulación de una LAN. Los clientes de los departamentos se comunican directamente entre sí, y con los servidores e indirectamente con los demás departamentos, a través de un router de red.

Emulación de LAN y LAN virtuales conmutadas

Los productos comerciales²¹ permiten a los gestores de red definir múltiples emulaciones de LAN. Cuando distintas redes de área local emuladas se comunican entre sí a través de uno a más switches de una red ATM, al resultado se le conoce como LAN virtual conmutada, tal y como se muestra en la siguiente figura:

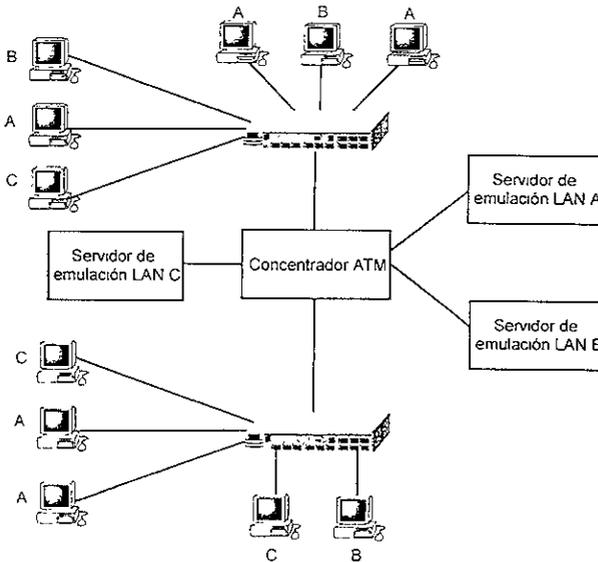


Figura 3.46 LAN Virtual conmutada

La gestión de LAN virtuales puede ser bastante compleja, ya que en este caso no basta con la gestión de la conectividad física. También es preciso supervisar y gestionar las interconexiones lógicas en la LAN. En las LAN virtuales conmutadas, el encaminamiento deja de ser un cuello de botella físico, pasando a ser una función de proceso lógica que los switches ATM pueden manejar eficientemente.

La emulación de LAN virtuales conmutadas proporciona las mismas ventajas que las LAN virtuales más comunes:

²¹ Por ejemplo, el producto de aplicaciones de gestión de red Trascend de 3Com

- Traslados, incorporaciones y cambios sencillos.
- Seguridad para los grupos de trabajo.
- Cortafuegos en prevención de difusiones incontroladas.
- Control del flujo que permite utilizar mejor el ancho de banda de la red.

Todas estas ventajas están disponibles sin necesidad de adquirir equipos adicionales ni volver a cablear los segmentos de la red. Los administradores de red pueden gestionar los segmentos mediante la redefinición de grupos dentro del sistema de gestión de red, o reconfigurando software del dispositivo de usuario y/o el switch ATM.

Aunque la emulación de LAN ATM simplifica en gran medida la creación de grupos de trabajo virtuales todavía es necesario utilizar routers para gestionar tanto la difusión como la resolución de direcciones, tal y como muestra en la siguiente figura:

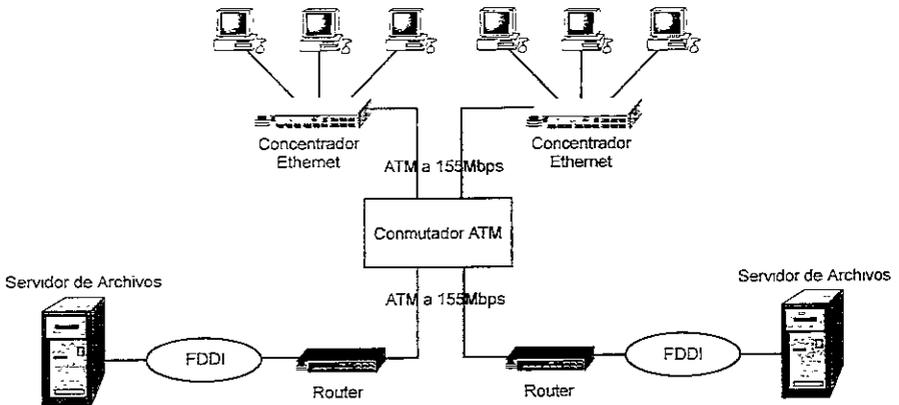


Figura 3.47 Emulación LAN ATM con routers

A medida que se amplía la red con enlaces de soporte de mayor velocidad, el router debe procesar el tráfico de dichos enlaces a velocidades de transmisión más altas para evitar la creación de cuellos de botella. Aunque algunos routers de gama alta incluyen interfaces de ATM diseñadas para reenviar paquetes a velocidades de 155 Mbps, el diseño de los routers convencionales permite aprovechar todas las ventajas, del rendimiento del ATM.

Una arquitectura de LAN ATM ampliable hace uso de todas las funciones de un router de manera distribuida, lo que permite que el costo asociado a las funciones de encaminamiento incremente paralelamente según crece la red. Las funciones de encaminamiento son intensivas en proceso, pero se utilizan con poca frecuencia, mientras que las funciones de reenvío de paquetes requieren poco proceso, pero alto rendimiento.

En un router distribuido, las funciones de reenvío de paquetes se llevan a cabo en los dispositivos de acceso a la red, tal y como se muestra en la figura 3.48.

Los switches ATM se diseñan de manera que puedan desempeñar muchas de las funciones asociadas a los routers (seleccionar el camino óptimo a través de la red, proporcionar interfaces LAN y WAN, y proporcionar seguridad interna, control de flujo y gestión del ancho de banda. Como resultado, los routers evolucionan hacia dispositivos inter-red, cuya función principal es la conexión de múltiples LAN al switch ATM.

La manera más sencilla de hacer que un router utilice ATM es hacer uso de PVC a través de la infraestructura de conmutación. Pero también se eliminan dos de las mejores ventajas del ATM: la conexión dinámica y la asignación de ancho de banda.

Aunque los routers de inter-red son, hoy por hoy, los favoritos de los vendedores de equipos ATM, la mayor parte del sector sufre cierta agitación a causa de un nuevo tipo de router denominado *router virtual*. Este combina un *servidor de encaminamiento* central con un cierto número de *switches multicapa*, que son dispositivos de hardware casi tan rápidos como los switches convencionales de la capa MAC, pero mucho más inteligentes que enlazan las LAN existentes. Los routers convencionales constituyen cuellos de botella porque, calculan el camino independientemente para cada paquete, en cambio, en un router virtual, la interconexión entre LAN se lleva a cabo en el switch multicapa.

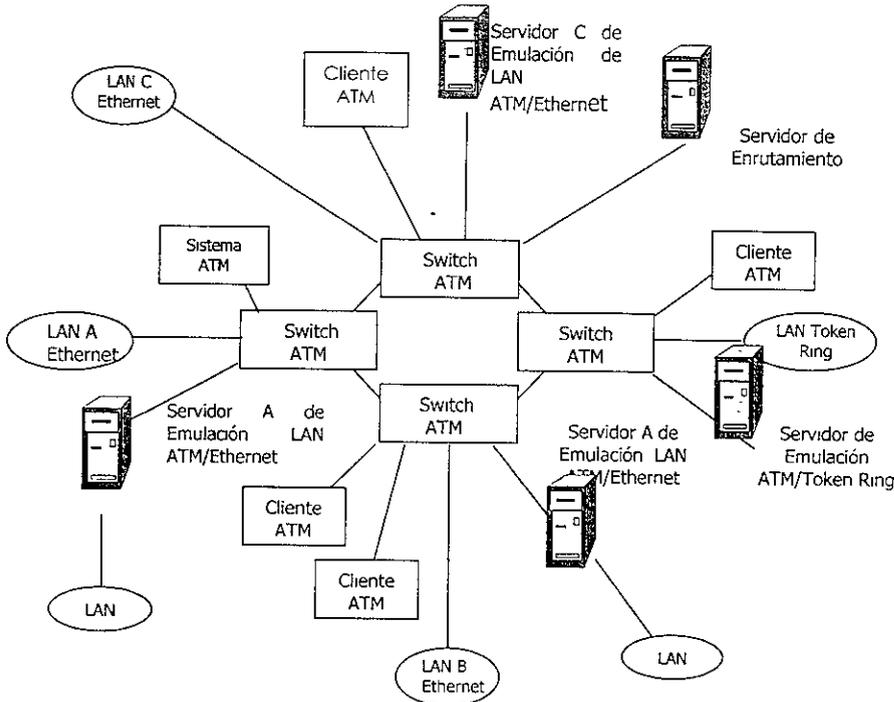


Figura 3 48 Arquitectura LAN ATM con un router distribuido

El switch multicapa reenvía los datos utilizando los campos del paquete MAC o de la capa de red, sin gestionar la asignación de ruta ni los cambios de topología (de eso se ocupa el servidor de encaminamiento). Cada puerto del router multicapa puede tener asignada su propia dirección de subred, tal y como sucede con los routers convencionales. Y al igual que sucede con un router de inter-red, varios puertos pueden compartir la misma dirección de subred.

El servidor de encaminamiento se encarga de ejecutar los protocolos de encaminamiento y de mantener una descripción clara de las topologías de inter-red y ATM, pudiendo actuar, incluso, como un servidor de difusión y resolver las peticiones de direcciones. En lo que respecta a las

estaciones de usuario, el router virtual se encarga de todas las funciones asociadas a un router físico: proceso del protocolo, actuar como puente, encaminamiento y filtrado.

3.8.8 Dispositivos ATM para encaminamiento inter-red

Un dispositivo para encaminamiento inter-red es aquel que convierte paquetes de una LAN Ethernet o de anillo con testigo a las estructuras de celdas de ATM, y viceversa. Para transportar tráfico a través de la red de ATM los dispositivos de extremo en la red (inter-red) convierten los flujos de datos no ATM, en celdas. La incorporación de nuevos tipos de tráfico requiere la incorporación de nuevos dispositivos inter-red, a instalar donde exista demanda para ese tipo de tráfico.

El router inter-red de ATM se aleja radicalmente de los routers convencionales, que son productos constituidos a partir de multiprocesadores simétricos diseñados para manejar una carga equilibrada de tráfico entrante y saliente. Cada CPU está asignado a una función: cálculo y gestión del camino, establecimiento y gestión de la conexión de ATM o reenvío de datos. Los routers inter-red, por otro lado, presentan un diseño asimétrico que permite crear a partir de una base inicial de conmutación un conjunto de pequeños routers modulares, indefinidamente ampliables, que explotan el enorme ancho de banda y la redundancia de un soporte de ATM fuertemente entrelazado.

Los routers inter-red también están diseñados de manera tal, que resuelvan el problema de latencia en los routers convencionales. La latencia asociada a un router multiprotocolo medio, bastante grande (variando desde los cientos hasta los miles de microsegundos) e impredecible. Los routers inter-red se diseñan para latencias constantes de 50 microsegundos por dispositivo. Este rendimiento es equiparable a los del ATM, que son razonables para datos sensibles al retardo, tal como la voz o el video.

Probablemente el principal problema, y más difícil de abordar, de la migración hacia red ATM sea la carencia de las gamas de productos. En la actualidad, pocos vendedores pueden proporcionar el equipo necesario para instalar una red ATM completa, razón por la que es necesario combinar productos de diversos vendedores, y la compatibilidad entre equipos (interoperabilidad) prácticamente imposible. El mayor obstáculo es, la falta de una planificación concienzuda y sólida de una arquitectura ATM por parte de los vendedores.

La tecnología ATM es aún muy costosa, y la mayor parte de los segmentos de red todavía necesitan anchos de banda de 155 Mbps o 622 Mbps. Por tanto, la migración hacia una red ATM conmutada debe considerarse un proceso compuesto por pasos evolutivos, según vayan apareciendo nuevas tecnologías. Así, que es conveniente planificar la implementación en fases: primero los soportes (backbones) (sobre todo los soportes de conjuntos de edificios), los segmentos de red que deban transmitir abundante video e, incluso, el tráfico de voz digitalizada de las centrales telefónicas (PBX).

La transición hacia ATM hará preciso tener en cuenta los juegos de protocolos, tanto en lugares específicos como a nivel de la red global.

Una aproximación incremental a la migración a ATM combina lo mejor de las distintas tecnologías mejorando de tres maneras la inversión en red existente:

1. El despliegue del ATM alarga la vida útil de la infraestructura existente de red, al incrementar considerablemente su rendimiento.
2. Al combinarlo con ciertas habilidades tales como la emulación de LAN, ATM mejora la gestión y el manejo de la red, permitiendo configuraciones de redes virtuales.
3. Las ampliaciones incrementales mantienen la inversión económica y el riesgo técnico a niveles bajos, mientras madura la tecnología ATM.

Las figuras siguientes muestran una manera de incorporar paulatinamente ATM, comenzando por la incorporación de un soporte ATM.

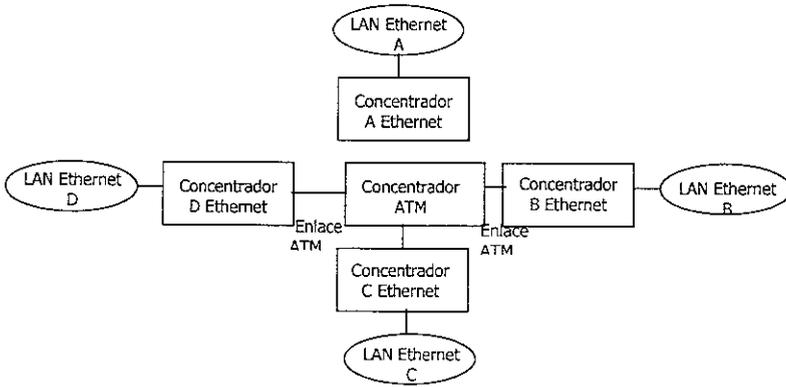


Figura 3.49 Primer paso para incorporar ATM

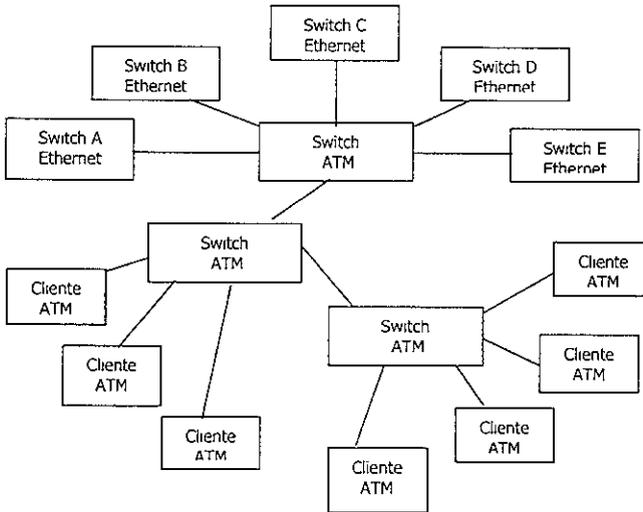


Figura 3.50 Segundo paso para incorporar ATM

La planificación de la red pasa a incorporar segmentos de grupo de trabajo ATM, utilizando emulación de LAN para permitir que todos los usuarios de la red se comuniquen entre sí. Por último, un router de soporte colapsado (un único router de alto rendimiento) conecta múltiples segmentos en una red lógica

3.8.9 Emulación LAN ATM (LANE: LAN Emulation)

El objetivo principal del servicio LANE es habilitar el acceso de las aplicaciones actuales, sobre una red ATM por medio de pilas de protocolos como IP, NetBIOS, IPX, etc., como si estuviesen sobre una

red LAN tradicional. LANE trabaja al nivel de la subcapa MAC y habilita al tráfico de las redes heredadas Ethernet, Token Ring o FDDI, correr sobre ATM sin tener que modificar las aplicaciones o sistemas operativos de red o adaptadores de escritorio. Como su nombre lo indica, emula una red de área local tradicional (heredada) sobre una red ATM.

Este protocolo define mecanismos para emular de manera lógica un segmento de red local Ethernet (802.3) o Token Ring. Definiendo así, un servicio de interfaz para protocolos de capas superiores, con lo cual las estaciones finales de sistemas heredados pueden utilizar LANE para conectarse a otros sistemas heredados, como también a servidores conectados directamente a ATM, enrutadores, concentradores y otros dispositivos de red.

3.8.9.1 Funcionamiento de Emulación LAN

La función básica del protocolo LANE es la de resolver las direcciones MAC en direcciones ATM. Para esto, la emulación de LAN es conformada por una colección de servicios que trasladan la información entre los protocolos de las capas superiores (orientados a la no conexión) y los de capas inferiores (orientados a conexión). Cabe mencionarse que el protocolo actual de LANE no define una encapsulación individual para FDDI, por lo que un paquete FDDI debe ser mapeado dentro de una emulación de red LAN Ethernet o Token Ring. Las dos nuevas tecnologías en redes LAN; Fast Ethernet (100Base T) y 100VG-AnyLAN (IEEE 802.12) pueden ser mapeadas sin cambio dentro de los formatos y procedimientos LANE Ethernet y Token Ring, a partir de que ellos ocupan el mismo formato de datos.

Como se explicó anteriormente, ATM puede llevar múltiples tipos de tráfico y requiere de varios protocolos de adaptación, los cuales operan de manera simultánea (desde AAL-1 hasta AAL-5). Siendo AAL-5 el protocolo sobre el cuál trabaja la emulación LAN.

La emulación LAN se sitúa por encima del AAL-5 en la jerarquía de protocolos. En la conversión de ATM a LAN al nivel de red, la emulación LAN resuelve los problemas de datos para todos los protocolos, ya sean enrutables o no. Es también, completamente independiente de los protocolos de capas superiores, servicios y aplicaciones.

3.8.9.2 Componentes de LANE

La especificación LANE esta basada en un modelo cliente servidor; una red LAN emulada se lleva a cabo en un servicio de emulación LAN y múltiples LECs comunicándose a través de un enlace llamado LUNI. Una red LAN emulada es constituida por las siguientes entidades:

- Cliente LANE (Cliente de Emulación de LAN o LEC)
Un LEC es una combinación de agentes de software y hardware implantados; dentro de dispositivos de red o sistemas finales, para el manejo de envío de datos, resolución de direcciones, y otras funciones de control. También provee una interfaz de servicio de LAN estándar para cualquier protocolo de la capa superior del sistema final. Cada componente de red puede soportar múltiples instancias de un LEC, permitiendo de esta manera que múltiples redes LAN emuladas puedan existir simultáneamente sobre la misma red física. Cada LEC es identificado por una dirección ATM única, la cuál es asociada con una o más direcciones MAC, las cuales pueden ser alcanzadas a través de la dirección ATM. En el caso de una NIC ATM, por ejemplo, el LEC puede estar asociado con una sola dirección MAC, mientras en el caso de un switch de red LAN, el LEC debe estar asociado con todas las direcciones MAC que se pueden alcanzar a través de los puertos de ese switch de LAN, los cuales son asignados para una ELAN particular. Se debe notar que en el último caso, este conjunto de direcciones puede cambiar, esto es, que tanto direcciones de nodos MAC pueden darse de alta/baja, como rutas particulares pueden ser reconfiguradas ya sea por

cambios lógicos o físicos en la topología de red LAN (por ejemplo, al utilizar el protocolo de árbol expandido o «Spanning tree»).

Las especificaciones actuales de LANE definen dos tipos de redes LAN emuladas, una para Ethernet y otra para Token Ring, pero no permiten la conectividad directa entre un LEC que implanta a una y otro que implanta a la otra. Es decir, LANE no intenta resolver el problema de traducción (puenteo) entre tecnología. Los dos tipos de ELANs solo pueden ser interconectados a través de un enrutador ATM que actúe como un cliente de cada ELAN.

Existen dos tipos de LECs, proxy y no proxy:

- Un **LEC proxy** es aquel que representa la dirección MAC de otros dispositivos además de la de él mismo. En otras palabras, actúa como un puente.
- Un **LEC no-proxy es un** dispositivo como un anfitrión que tiene una dirección MAC única, es decir la dirección de él mismo solamente.

La versión 1.0 de LANE, permite a los servidores distinguir entre estos tipos de LECs, para agregar eficiencia en la resolución de direcciones. En este caso, el servidor mantiene dos árboles punto-a-multipunto, uno para LECs proxy y otro para LECs no proxy. Los LECs se identifican así mismos como proxy y no proxy, cuando se conectan a una red LAN emulada.

Cuando llega un mensaje LE-ARP (LAN Emulation Address Resolution Protocol), el servidor (LES) verifica su tabla de direcciones y responde si encuentra el mapeo, con la dirección ATM apropiada. Si no encuentra el mapeo en sus tablas, el LES puede asumir que la dirección MAC está asociada a un LEC proxy. Éste entonces direcciona la petición hacia aquellas estaciones sobre el árbol punto-a-multipunto proxy para su resolución.

3.8.9.3 Servicio LANE

El servicio LANE consiste de tres entidades, un servidor de emulación LAN (LES), un servidor de broadcast y desconocido (BUS) y por último, un servidor de configuración (LECS). La especificación LANE no especifica algún lugar en especial donde deban estar localizados los tres servidores, cualquier dispositivo o dispositivos con conectividad ATM deberán ser suficientes. Aunque, por desempeño y eficacia, la mayoría de los proveedores implantan los componentes con funciones de servicio sobre los equipos de red, tales como switches o enrutadores ATM, en lugar de estaciones.

- **Servidor de emulación de LAN (LES. LANEmulation Server)**
La entidad LES, es el centro de control para una LAN emulada, ya que realiza el manejo de resolución de direcciones y control de información. Su primer tarea es la de registrar y resolver las direcciones MAC a direcciones ATM. Existe solamente un LES lógico por cada red LAN emulada (ELAN), y para poder pertenecer a una ELAN particular significa tener un control de relación con ese servidor LES. El LES implanta la función de control para una ELAN particular. Cada LES es identificado por una dirección ATM única. Todos los dispositivos registrados dentro de un mismo servidor LES llegan a ser parte de una misma ELAN. Esta red LAN emulada es esencialmente una capa MAC basada en una red LAN virtual, definiendo un dominio de broadcast común entre todas las estaciones finales registradas en un mismo servidor LES.
- **Servidor de Broadcast y Desconocido (BUS.- Broadcast and Unknown Server)**
Este servidor está diseñado para ser multicast, el cuál, es usado para llevar tráfico hacia direcciones con destino desconocido, direccionar tráfico de broadcast y tráfico multicast, hacia clientes dentro de una ELAN particular. Cada LEC está asociado con un sólo servidor BUS por ELAN pero pueden existir múltiples servidores BUS dentro de una ELAN particular. Los servidores LES y BUS, trabajan conjuntamente para transferir tanto tráfico unibroadcast como de broadcast. Generalmente estos servidores son localizados dentro de un solo dispositivo

- Servidor de Configuración de Emulación de LAN (LECS: LAN Emulation Configuration Server)
El servidor LECS, es **una entidad que** asigna clientes LANE individuales a redes LAN emuladas particulares. Esto se lleva a cabo, al dirigir a estos clientes hacia el LES que corresponde a una ELAN determinada. Además, mantiene una tabla de las asociaciones resultantes. El LECS puede determinar la asignación de un LEC individual a una determinada ELAN, basado en la localización física del LEC (como se especifica en la dirección ATM del LEC) o por su asociación lógica (cuando se definen VLANs o redes virtuales). Es por esta razón, que el servidor LECS es generalmente configurado por el administrador de la red con la información inicial que indica a que red LAN virtual pertenece cada LEC (donde una LAN virtual corresponde a una ELAN). Existe lógicamente un servidor LECS por dominio administrativo, y éste sirve a todas las ELANs dentro de ese dominio. Como se puede observar, el software que entrega el servicio de emulación LAN se encuentra implantado principalmente en estos servidores lógicos: LES, BUS y LECS.

A continuación se explica como trabajan conjuntamente los diferentes componentes del LUN para implantar la especificación LANE.

Iniciación y configuración

Al encender un dispositivo final (LEC), en principio se debe obtener la información de configuración (su propia dirección ATM) del servidor LECS para poder unirse a una red LAN emulada. El LEC entonces establece una conexión de configuración con el LECS.

Una vez que el LEC obtiene la dirección del servidor LES, establece una conexión directa (VCC) con él. Una vez hecho esto, el LES asigna al LEC con un identificador LEC único (LECID: LEC Identifier). El LES, entonces registra la dirección MAC y dirección ATM del cliente LEC. A partir de este momento, el cliente LEC puede resolver el mapeo de direcciones MAC a direcciones ATM.

Una vez conectados, el LEC le envía alguna información importante como es: su dirección ATM, su dirección MAC, su tipo de LAN y su máximo tamaño de trama. El servidor LECS responde con el tipo de LAN emulada actual (Ethernet o Token Ring), el tamaño máximo de trama actual, y la dirección ATM de un servidor LES (dependiendo si es por redes virtuales o por localización física).

La primera dirección que necesita el LEC es la dirección del servidor BUS, para lo cual envía una petición de la dirección MAC con el valor de todos los bits en uno (dirección de broadcast) al servidor LES.

Cuando un LEC recibe una trama de datos unicast de las capas superiores para su transmisión, este primero verifica sus tablas locales para ver si conoce la dirección ATM asociada con la dirección MAC. Si no se encuentra en sus tablas locales, el LEC tiene entonces tres opciones:

- Puede emitir la trama hacia la red para inicializar la resolución de la dirección MAC a una dirección ATM.
- Puede retener la trama hasta que pueda aprender la dirección ATM del destino y establecer hasta entonces una conexión directa.
- Puede dirigir la trama hacia el servidor BUS para mantener los datos en movimiento. En este caso, el BUS responde en forma de servidor broadcast (envía el paquete hacia cada uno de los clientes de la red LAN emulada por medio de inundación). Esta opción se explica con detalle a continuación:

Cuando un LEC origen envía los paquetes hacia el servidor BUS, de manera simultánea, envía una petición LE-ARP hacia el servidor LES, tratando de que resuelva la dirección MAC desconocida. Si el LES reconoce este mapeo, puede contestar directamente sobre el Control Directo VCC al LEC origen. Si no reconoce el mapeo, éste redirige la petición hacia todos los clientes por medio de una

conexión de control distribuido para solicitar una respuesta de un LEC que conozca la dirección MAC de la petición.

El destino, al reconocer su dirección MAC envía un LE-ARP de respuesta hacia el servidor LES, el cual incluye las direcciones ATM tanto del LEC originario de la petición como la del LEC destino. El servidor LES envía el mensaje de respuesta con la dirección ATM del destino hacia todos los LECs (en la modalidad de broadcast) para que todos los LECs puedan aprender esta dirección especial. El ciclo termina cuando el LEC fuente reconoce su propia dirección contenida en el mensaje de respuesta. En este punto, ha aprendido la dirección ATM de la dirección MAC desconocida y puede establecer una conexión directa con el LEC destino.

Generalmente, cualquier dirección MAC no conocida por el LES, deberá encontrarse sólo en un cliente LEC proxy (un concentrador o un puente) y no dentro de una tarjeta NIC ATM, y solamente los LECs que no son ATM (dispositivos detrás de un dispositivo proxy) necesitan necesariamente recibir LE-ARPs redirigidos por el dispositivo proxy. Para llevar esto a cabo, algunos dispositivos LECs pueden registrarse con el LES como un nodo "proxy", indicando que este puede ser alcanzado a través de otra dirección (la dirección del dispositivo LEC proxy). El LES entonces tiene la opción de establecer controles distribuidos VCCs de manera que los LE-ARPs sean solo enviados de tales LECs proxy.

Mientras el cliente LEC origen espera la respuesta de la petición del LE-ARP, el BUS correspondiente, por medio de inundación enviará paquetes hacia todos los LECs registrados. Esto debe realizarse, en el caso de que un dispositivo pasivo se encuentre detrás de un switch LAN (LE-Proxy). El procedimiento de inundación es análogo al utilizado por el mecanismo de árbol expandido usado por los puentes tradicionales para paquetes con destino desconocido, de aquí el nombre del servidor. Generalmente una vez que un paquete es inundado por medio del servidor BUS el destino responde con un LE-ARP de respuesta.

Si se recibe una respuesta al LE-ARP, el LEC puede establecer una conexión directa (VCC) hasta el nodo destino, y utilizarla para transferir los datos en lugar de la opción de inundación del servidor BUS. Antes de que se realice la conexión directa, el LEC origen necesita dar de baja la ruta de inundación del BUS y utiliza el procedimiento llamado "desecho" (flush) para asegurar que todos los paquetes previamente enviados por medio del BUS hayan sido entregados al destino y posteriormente se de baja el método de inundación, una vez realizado esto, se puede hacer uso de una nueva ruta con la conexión directa de datos. Este mecanismo se lleva a cabo para poder garantizar la preservación del orden de los frames.

Si no se recibe una respuesta del LE-ARP, el LEC continuará enviando paquetes vía el servidor BUS, y regularmente seguirá enviando peticiones de LE-ARP hasta que se reciba un LE-ARP de respuesta.

Cada LEC construye su propia tabla de direcciones MAC, direcciones ATM y conexiones VCC. Si una dirección MAC particular no ha estado activa durante algún tiempo, un LEC eventualmente desechará esta dirección de su tabla, es decir, cuando no existen direcciones MAC asociadas con una conexión VCC de datos directos, el LEC puede desechar la conexión.

Basándose en la versión 1.0 de LANE, todas las implantaciones de clientes LEC estandarizados son garantizados para interoperar, pero por otro lado, no existe una manera estandarizada por la cual servidores de múltiples proveedores actualmente puedan intercomunicarse, la segunda versión de la emulación LAN (2.0 actualmente bajo desarrollo) definirá protocolos servidor-a-servidor que permitirán el trabajo conjunto de servidores multiproveedor incrementando la escalabilidad y robustez de LANE. Mientras tanto los administradores de redes deberán escoger sus funciones de servicio de un proveedor para asegurar una amplia interoperabilidad ATM.

3.8.9.4 Múltiples redes LAN Emuladas

El estándar de emulación LAN del forum ATM, también soporta la implantación de múltiples redes LAN emuladas dentro de una sola red ATM. La emulación LAN está basada en el modelo cliente-servidor, en el que cada cliente se conecta al servidor a través de una conexión virtual. Sólo aquellos clientes conectados al mismo servidor pueden aprender acerca de los otros clientes y comunicarse directamente. Lógicamente la segmentación de la red es a través de múltiples funciones de servicio (LECS, LES y BUS) los cuales pueden ser dispositivos en modo único (stand alone), o como software en los sistemas finales o en módulos de conmutador ATM. Permitiendo a múltiples redes LAN emuladas coexistir simultáneamente sobre la misma red física por tal motivo, la intercomunicación entre redes LAN emuladas requiere de un puente o enrutador convencional. Sin embargo, el protocolo LAN emulado solamente define los mecanismos de operación dentro de una sola red LAN emulada (ELAN).

Una red LAN Virtual (VLAN) resulta cuando existen varios dominios LANE diferentes a través de uno o más conmutadores ATM. Esta red desarrolla grupos de trabajo más seguros y puede crear una protección contra ráfagas de broadcast para un mejor uso de la red.

Un mensaje de broadcast proveniente de un LEC, sólo puede alcanzar a otros LECS de la misma red VLAN, pero no a otros, de esta manera, estaciones finales que no pertenecen a la misma VLAN no desperdician recursos procesando datos no relacionados con su grupo de interés. Las redes Virtuales o VLANs simplifican la administración de la red al permitir la estructuración de grupos de trabajo, basándose en el interés común de los usuarios y no en la localización física de las computadoras. Los administradores de la red, pueden adicionar, mover, cambiar o simplemente redefinir la agrupación de los grupos de trabajo además de poder configurar los dispositivos finales a través de una sesión remota. Todo esto se lleva a cabo sin la necesidad de cambiar el sistema de cableado o adicionar nuevos dispositivos a la red.

Limitaciones de Múltiples redes LAN Emuladas

Como se puede observar, se requiere un número de conexiones VCCs para establecer y mantener una red LAN emulada. Cada LEC tiene conexiones VCC desde y hasta el servidor LES y el servidor BUS las cuales pueden ser bidireccionales o unidireccionales en el peor caso (se requiere 4 conexiones unidireccionales por LEC).

Los servidores no son capaces de soportar un número infinito de VCCs, por tal motivo, existe un límite para el número de LECs que puede contener una red LAN emulada.

LANE 2.0 frente a LANE 1.0

LANE 2.0 fue desarrollado por el forum ATM específicamente para dirigir algunos de los defectos de LANE 1.0. Primeramente soportar QoS, grupos multicast y escalabilidad.

Esta especificación fue aprobada como estándar en julio de 1997 y esta constituida por dos estándares separados: la Interfaz de Usuario a Red LANE (LUNI) y la Interfaz de Red a Red LANE (LNNI). El estándar LUNI, tal como en LANE 1.0 define la operación del LEC y su operación con servicios LAN y otros LECs. El protocolo LNNI define un método que permite a múltiples entidades de servicio LAN comunicarse con alguna otra en una ELAN.

A diferencia de 1.0, LANE 2.0 permite que los servicios sean distribuidos a través de dispositivos múltiples en la misma ELAN. Lo que permite escalar el tamaño de una ELAN y la distribución de LAN al procesar múltiples dispositivos.

LANE 2.0 también agrega la habilidad de tener múltiples grupos multicast en una ELAN particular. Con LANE 1.0 solo hay un BUS, el cual se usa para la transmisión de todo broadcast.

multicast y tráfico desconocido. Cada LEC recibe todo el tráfico del BUS, esté o no interesado en él. LANE 2.0 permite Servidores Multicast en adición al estándar BUS de LANE.

Si un usuario quiere tener un servidor de video multicast en la red, podría ponerse en un grupo multicast selectivo. El grupo podría tener su propio Servidor Multicast Selectivo (SMS), y los LECs registrarían a miembros de este grupo al inicializarse. Solo los clientes registrados para recibir esa corriente de video por unión al grupo multicast, lo podrían recibir. El SMS provee una función multicast de la capa MAC.

En LANE 1.0, cada LEC crea un VC (canal o conexión virtual) directo de datos con cada uno de los otros LEC que se comunica en una ELAN. Esto es, cada LEC requiere tener su propio VC directo de datos, si dos dispositivos terminales tienen cada uno cinco LECs configurados a ellos, requerirán cinco VCs separados entre ellos. LANE 2.0 permite un VC directo de datos para usarse por múltiples LECs en un dispositivo final. Dos dispositivos extremos con cinco LECs cada uno podría solo requerir un VC entre ellos. Esta característica requiere un nuevo formato de encapsulación de la trama para usarse por LANE 2.0 que no se usa en LANE 1.0.

La diferencia importante entre estos tipos de frame es la trama LLC de LANE 2.0 que incluye un campo de "ELAN-ID". Si se multiplexan las tramas de múltiples LECs en un simple VC, el dispositivo que recibe al final del VC solo necesita checar el campo ELAN ID para determinar cual LEC envió la(s) trama(s).

LANE 1.0 no soporta cualquier característica QoS; provee un servicio UBR estricto. LANE 2.0 provee localmente Servicio de Calidad (QoS) administrado para comunicación entre LECs. Los mecanismos del protocolo están provistos para determinar si un sistema final remoto es capaz de soportar un QoS deseado. Cada QoS definido localmente puede incluir un indicador de si un conjunto VCC con ese QoS puede compartirse con otros protocolos o aplicaciones.

LANE 2.0 permite al administrador de la red asignar por LEC parámetros QoS por arriba de ocho calidades de servicio. Su diseño se basa en la especificación 802.1p de IEEE, la cual define ocho niveles de prioridad

Cada ELAN puede ser configurada con ocho conjuntos de parámetros QoS. Por ejemplo, cada nivel de prioridad pudiera ser asignado a una conexión de período de bit constante (CBR), variable (VBR), available (ABR) o no especificado (UBR) y podría definir los parámetros de tráfico para cada uno.

3.8.10 Multiprotocolo Sobre ATM (MPOA)

Una vez que el forum ATM terminó su especificación de emulación LAN versión 1.0 (la cuál define como puentear tráfico proveniente de redes heredadas), puso su atención hacia como puede ser enrutado el tráfico sobre una red ATM.

Para esto se desarrolló el estándar referido como Multiprotocolo Sobre ATM (MPOA, Multiprotocol Over ATM) el cuál, es un método nativo de protocolo de interconectividad en red para sintetizar, enrutar y puentear tráfico de protocolos diversos sobre ambientes conmutados ATM. Es decir, provee métodos unificados para sobreponer los protocolos de capa 3 sobre ATM.

De acuerdo al documento, MPOA define una arquitectura de servidor de enrutamiento (arquitectura de enrutamiento virtual) en el cual los conmutadores consultarán una entidad de enrutamiento central cuando tengan la necesidad de conocer donde se deben enviar los datos. Para ello, el MPOA espera que definan varios protocolos diferentes, incluyendo un protocolo conmutador a servidor (comunicación entre el servidor de enrutamiento y el conmutador) y un

protocolo interservidor (mantendrá la información con diferentes servidores de enrutamiento en la misma red).

Control de Flujo

La congestión es definida como el estado de elementos de red en el cuál, debido a la sobre carga de tráfico, la red no es capaz de garantizar una Calidad de Servicio (QoS) en las conexiones establecidas en el momento de la congestión, ni tampoco las nuevas peticiones de conexión. El control de flujo trata de minimizar los efectos de la congestión.

Cuando varios conmutadores ATM se enfrentan a la congestión, descartan celdas de acuerdo al parámetro CLP (Cell Loss Priority). La voz y el video no son tolerantes a la pérdida de celdas. Por otro lado, el tráfico de datos es más tolerante a la pérdida y retraso de datos, pero si las celdas que contienen información de un paquete de alto nivel son desechadas, el paquete entero tiene que ser retransmitido. Considerando que los paquetes IP son 1500 bytes de largo y los paquetes FDDI son de 4500 bytes, la pérdida de una sola celda puede significar retransmisiones significantes además de agravar más la congestión.

Es por esto que para redes ATM de mayor tamaño y que lleven diferente tipo de tráfico se hace necesario el manejo de mecanismos más sofisticados para el control de la congestión.

El forum ATM consideró dos enfoques. El primero, está basado en un esquema salto-a-salto con concesión-de-crédito (credit-granting), donde el conmutador o una estación final no pueden enviar celdas sobre una conexión dada, hasta que ésta le haya proporcionado el crédito de ancho de banda. Este enfoque no fue ampliamente aceptado por varios vendedores, ya que su implantación requería utilizar nuevos chips, ocasionando que los conmutadores, actuales de ATM llegaran a ser obsoletos. El segundo enfoque, esta basado en un control de velocidad fin-a-fin. En éste, la celdas que pasan a través de un conmutador y que experimenten congestión serán marcadas con un bit en su encabezado. La estación destino observará el status de este bit y enviará una celda especial de regreso a la estación fuente, ocasionando que esta, retarde o acelere el envío de las celdas. Esto es fácil de implantar en los conmutadores, pero aumenta la tarea de procesamiento en las estaciones terminales.

3.8.11 ATM y voz

Aunque se resalta el hecho de que ATM es un sistema válido para el transporte de tráfico de voz, se ha progresado muy poco en el desarrollo de tecnología ATM orientada a este fin. Por el momento no existe un protocolo de capa de adaptación ATM optimizado para el manejo de tráfico de voz. Los protocolos AAL existentes manejan el tráfico vocal de forma muy poco eficiente. Tanto que de hecho, las redes T1/T3 basadas en el estándar de multiplexación por división en el tiempo son capaces de transportar a menudo muchas más conexiones de voz que las redes ATM T1/T3. Así, salvo que haya contemplado el costoso paso a SONET (las interfaces le proporcionarán un ancho de banda tan grande que probablemente no se vuelva a pensar en ATM), convendría esperar un poco para implementar ATM para voz.

3.8.12 Aspectos de la migración hacia ATM

Es posible que la instalación de ATM requiera cambios importantes en el diseño y equipamiento de la red. Los conceptos y reglas que rigen el ATM son muy distintos de los utilizados en la mayor parte de los protocolos de redes de área local o extensa. Si el objetivo final del ATM es servir a las redes públicas de área extensa, va a ser necesario utilizar direcciones largas para acomodar a los millones de dispositivos potenciales de una red pública. Como resultado, habrá que desarrollar un esquema que permita traducir las direcciones cortas de las redes de área local a las direcciones largas de ATM. También existe un problema de compatibilidad entre equipos (interoperabilidad); los productos de

ATM de vendedores distintos no funcionan de manera conjunta, y las LAN de ATM tienen capacidad limitada para interactuar con otros protocolos de LAN. La instalación y configuración, entre otros, obstaculizan la interconexión entre ATM y redes LAN existentes. Saber estos aspectos es preciso para asegurarse de adoptar la solución adecuada, tanto a corto como a largo plazo. Por tanto, cualquier integración y/o migración de protocolos de red heredados hacia entornos conmutados ATM, dedicados y orientados a conexión requerirá una cuidadosa planificación.

especificaciones de interfaces incompletas

Aunque UNI dispone de una especificación bien fundamentada y estable, el foro de ATM debe aún especificar y estandarizar otras interfaces que aseguren la compatibilidad entre equipos de las redes ATM. La interfaz red-red para redes privadas o P-NNI, es una de esas interfaces.

La P-NNI es todavía inestable y en gran manera sigue asociada a cada fabricante, encargándose del arbitrio de las conexiones virtuales, el control de congestión y gestión de la topología. Sin una definición estable de la P-NNI, los fabricantes no pueden desarrollar equipos ATM que garanticen una compatibilidad suficiente entre equipos.

Emulación de LAN

La integración de protocolos en uso tales como Ethernet, anillo con testigo y FDDI constituye un gran obstáculo para la aceptación generalizada de ATM en entornos de LAN. Siendo un protocolo extremo a extremo, orientado a conexión, ATM no admite tal cual los mecanismos de trabajo de los protocolos de LAN heredados.

Las redes Ethernet instaladas no van a desaparecer a corto plazo. De hecho, continuará creciendo durante algún tiempo, sobre todo a causa de su bajo costo, alta estandarización, extensiones con otras tecnologías (como conmutadores Ethernet) y el gran número de instalaciones en funcionamiento. Por tanto, resulta obvio el hecho de que, salvo que se proporcione un esquema que permita integrar el parque de redes existente, el ATM seguirá siendo un nicho tecnológico sólo para bolsillos aislados o para usuarios muy avanzados.

La emulación de LAN en ATM es la tecnología de migración que permite que las estaciones que ejecutan aplicaciones existentes incluso aquellas que requieren características propias de protocolos heredados se adapten a los servicios de ATM. La emulación de LAN consiste en un programa que emula el funcionamiento de una red de área local convencional. Proporciona un puente entre los protocolos de LAN heredados y los segmentos de ATM. La emulación de LAN es breve, ya que el ATM se comporta en muchos aspectos de manera muy distinta a como lo hacen los protocolos de transporte de LAN más convencionales. Además, las estaciones de ATM tendrán que proporcionar mecanismos para las operaciones de difusión y multidifusión que habitualmente se utilizan en Ethernet y anillos con testigo. Adicionalmente, el ATM utiliza un esquema de direccionamiento de 20 bytes, mientras que Ethernet y los anillos con testigo utilizan direcciones MAC de 48 bits. Ésta es la razón por la que la emulación debe resolver la diferencia entre direcciones MAC y ATM.

Hay muchos aspectos que dificultan la implementación de emulaciones de LAN. Entre ellos puede citarse

- Resolución de direcciones
- Admisión de difusión y multi-difusión
- Velocidad
- Establecimiento de la conexión.

Para proporcionar el rendimiento necesario para enlazar satisfactoriamente redes heredadas y ATM es necesario que los dispositivos de emulación de LAN realicen la conversión y conmutación a velocidades equivalentes a las de transmisión.

Como ya se mencionó anteriormente, ATM es un servicio de transporte orientado a conexión. Los protocolos de LAN heredados, por otro lado, son no orientados a conexión, lo que significa que envían los paquetes conteniendo la dirección completa del receptor, y sin establecer primero una conexión. La estación receptora supervisa todos los paquetes transmitidos sobre el medio y acepta los que están dirigidos a ella. Con tan sólo 5 bytes de cabecera, las celdas ATM no pueden albergar la dirección completa en cada celda, por esta razón, adapta los protocolos de red existentes, que requieren la dirección de destino completa.

La interfaz LUNI se ha desarrollado para dar solución a este problema de compatibilidad entre equipos. El protocolo LUNI permite que la red ATM y los dispositivos de inter-red controlen las conexiones virtuales necesarias para la transmisión, así como la emulación no orientada a conexión de una LAN.

3.8.12.1 Aspectos de la migración aplicables al equipo de usuario

Aunque el ATM se considera principalmente como una solución para los enlaces de soporte, la mayor parte de las redes ATM son hoy en día grupos de trabajo en los que las estaciones y los servidores conectan directamente a un conmutador ATM. Aunque generalmente estos grupos de trabajo son pequeños y están geográficamente centralizados, lo que simplifica la implementación, quedan algunos puntos a considerar como los siguientes:

- **Medios compatibles**
Revisar la infraestructura de red actual ya que la mayor parte de los productos comerciales ATM funcionan con fibra multimodo y par trenzado de cobre, sin blindar, de categoría 5, con velocidades de entre 25 Mbps y 155 Mbps. A causa de sus características de atenuación, la distancia máxima para el cable de categoría 5 es de unos 100 metros. La fibra multimodo, sin embargo, permite conexiones con longitudes máximas, de 2000 metros. Debe asegurarse que las necesidades de cableado satisfacen estos requisitos.
- **Compatibilidad con las aplicaciones**
Al ser ATM un protocolo de bajo nivel, las aplicaciones que ya se tienen pueden ejecutarse sobre una red ATM. La mayoría de las veces, estas aplicaciones utilizan TCP/IP o, si son para PC, Novell NetWare o Windows de Microsoft. Para obtener el máximo rendimiento del ATM deben elegir, siempre que sea posible, aplicaciones que saquen el máximo provecho de las habilidades de ATM en lo que respecta al ancho de banda dedicado y la asignación de prioridades a los datos.
- **Compatibilidad con las computadoras**
En un grupo de trabajo ATM cada estación de trabajo debe disponer de una tarjeta de interfaz de red (NIC) ATM. La NIC tiene que ser compatible con el bus de la estación de trabajo, así como con la propia estación y su sistema operativo de red. Es importante que la tarjeta NIC se haya probado con anterioridad, tanto con el tipo de estación de trabajo como con los conmutadores ATM que se vayan a utilizar.

3.8.12.2 Aspectos de integración en WAN

Aunque es posible, con cierta frecuencia, integrar ATM en redes de área extensa (WAN) sin sustituir ningún equipo, se tendrá que contar con algún equipo adicional, conocimiento profundo de las interfaces ATM en juego y una cuidadosa planificación.

Hay cuatro puntos fundamentales necesarios para una correcta interconexión en área extensa, que son:

- Interfaz pública usuario-red (UNI).
- Interfaz pública red-red (NNI).
- Interfaz entre compañías de telecomunicaciones (ICI).
- Interfaz para intercambio de datos (DXI).

Interfaz pública usuario-red (UNI)

Como ya se mencionó anteriormente, el protocolo UNI de ATM proporciona diferentes tipos de servicios y modos de reserva del ancho de banda durante el establecimiento de conexiones virtuales conmutadas. Define la compatibilidad entre equipos: entre el equipo del usuario y el puerto del conmutador ATM. Una UNI pública define la interfaz entre una red ATM de uso público, y suele ir ligada a interfaces tales como SONET o DS3, constituyendo el enlace entre el usuario y el conmutador de la red pública ATM de la compañía de telecomunicaciones.

Interfaz pública red-red (NNI)

Como también mencionamos anteriormente, el protocolo NNI proporciona un mecanismo de arbitrio de la conexión virtual, control de congestión y gestión de la topología en conexiones a redes ATM públicas o privadas. Constituye el enlace entre los conmutadores ATM de un servicio de transporte de datos en una red ATM pública.

Interfaz entre compañías de telecomunicaciones (ICI)

El protocolo ICI define los mecanismos de interconexión en redes ATM de área extensa, permitiendo establecer enlaces entre redes ATM de dos compañías distintas.

Interfaz para intercambio de datos (DXI)

El protocolo DXI proporciona una interfaz ATM estándar para los equipos heredados, admitiendo el encaminamiento en ATM al estar basado en paquetes en vez de celdas.

Al utilizar, a diferencia de las interfaces basadas en celdas, tramas del estándar HDLC (control del enlace de datos de alto nivel), no necesita hardware adicional para cursar tráfico de paquetes. Por tanto, es el protocolo que permite conectar el equipo existente a una red ATM.

Para ilustrar cómo afecta cada una de las interfaces descritas a la implementación de una red ATM, podemos hacer uso de la figura 3.51, donde se muestra cómo se puede integrar un enlace de soporte ATM de área extensa en una red FDDI y IOBASE-T ya existente.

El ancho de banda asociado al soporte de la red FDDI es de 100 Mbps, compartido por todos los dispositivos conectados a él. El conmutador ATM de área extensa mostrado en la figura 16 tiene ocho puertos, cada uno de 155 Mbps. Como los 155 Mbps están asignados a cada dispositivo conectado, el ancho de banda total es 8 veces 155 Mbps o aproximadamente, 1.2Gbps. En realidad, el ancho de banda total de este ejemplo estará entre 155 Mbps y 1.1Gbps, en función del tipo de tráfico y su utilización.

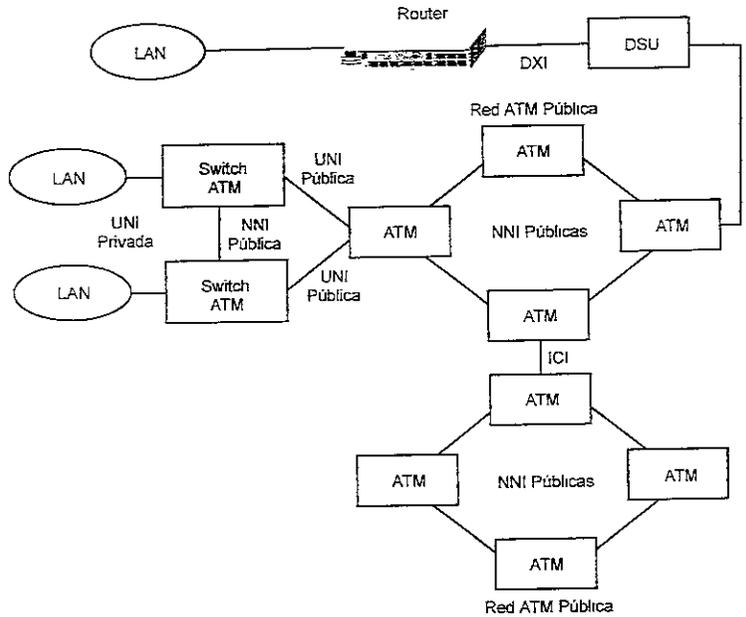


Figura 3.51 Integración de un enlace de soporte ATM en una red FDDI y 10BaseT

Tanto en el router FDDI como en el switch 10BASE-T se instaló una UNI de ATM, para que ambos dispositivos pudiesen conectarse al switch ATM. La conexión WAN al switch ATM se realiza a través de una interfaz para intercambio de datos (DXI) con el servicio de multiplexación, que típicamente toma la forma de una CSU/CIDU especial. Gracias a la DXI, además de multiplexar el tráfico cursado por el enlace de área extensa, el servicio de multiplexación lleva a cabo las tareas de segmentación y reensamblado del AAL, permitiendo así que los dispositivos no ATM accedan al nuevo hardware de la red.

3.8.13 Facilidad de ampliación

El ATM puede añadir facilidad de ampliación a los protocolos de red heredados. Más aún, se aumenta el número de usuarios y switches, una fracción mayor de la capacidad de conmutación se destina a los enlaces de soporte, antes que a los enlaces de interfaz con los equipos de usuario.

Los switches ATM ampliables para LAN, disponibles actualmente en el mercado, pueden soportar hasta 100 puertos de 155 Mbps en configuración sin bloqueo. Junto con dispositivos de acceso a Ethernet dedicados, los switches proporcionan los cimientos necesarios para una red de 1000 usuarios Ethernet en modo sin bloqueo. Según madure el mercado de ATM, se conseguirán redes de 1000 puertos de 155 Mbps, 10.000 puertos Ethernet sin bloqueo. La necesidad de redes sin bloqueo de conexiones extremo a extremo de alta velocidad no es imprescindible para justificar la utilización de ATM. Aunque el máximo beneficio del ATM se obtiene en configuraciones LAN sin bloqueo, también puede utilizarse en configuraciones con bloqueo para maximizar el aprovechamiento del ancho de banda.

En una configuración con bloqueo, la suma de los anchos de banda de los puertos excede el ancho de banda del enlace de soporte, y puede presentarse contención en dicho enlace. Al ins...

ATM, es posible que la carga de procesamiento de las estaciones de trabajo con que se cuenta no haga uso de la totalidad del ancho de banda disponible. En tal caso, pueden conectarse a la red más usuarios de los que la capacidad del enlace de soporte podría admitir en una configuración sin bloqueo. Cuando comiencen a aparecer aplicaciones para estaciones de trabajo que consuman un gran ancho de banda, tanto el ancho de banda como la capacidad de conmutación pueden ajustarse para dar lugar a una configuración sin bloqueo. Una red ATM con bloqueo puede superar ampliamente el rendimiento de una LAN que comparta el medio, si se combina con técnicas de gestión de tráfico adecuadas.

3.8.14 Facilidad de administración

Los soportes de ATM resultan más fáciles de administrar que los habituales en la mayoría de las redes con encaminamiento, ya que el ATM elimina la mayor parte de la complejidad involucrada en la configuración de las grandes redes interconectadas entre sí, que presentan diferentes esquemas de direccionamiento y procedimientos de encaminamiento. Los concentradores ATM proporcionan conexiones entre dos puertos cualesquiera del concentrador, con independencia del tipo de dispositivo conectado a él. La dirección de los dispositivos está preasignada, facilitando así el envío de un mensaje. De hecho, la gestión de red simplificada puede ser la razón fundamental por la que muchos usuarios migren a soluciones basadas en ATM, incluso antes de tener en cuenta los requisitos de rendimiento.

3.8.14.1 Otros aspectos a tener en cuenta

Implementar un soporte con ATM implica considerar muchos aspectos puestos en juego por los demás protocolos, tales como: Seguridad, tolerancia a fallos, requisitos de ancho de banda y sistemas de administración.

A la hora de implementar una red ATM de área extensa, uno de los mayores retos que se puede afrontar es la localización de una compañía de telecomunicaciones que proporcione ATM a un precio razonable. Aunque la mayor parte de los proveedores de servicios digitales ofrecen ATM, su disponibilidad no está del todo generalizada a causa de la falta de demanda.

Las principales compañías de telecomunicaciones reconocen que el ATM es, definitivamente, el futuro en temas de conexión de redes de área extensa, y entienden que elimina las barreras entre LAN y WAN. Sin embargo, no todas las compañías de telecomunicaciones locales (LEC) ni las compañías de interconexión (IXC) han instalado redes digitales ATM/SONET integradas con el fin de proporcionar servicios de red privada de datos a un costo razonable. Y cuando lo hagan, puede suponerse que cargarán los elevados costos de instalación de las nuevas redes al consumidor. Las buenas noticias son que el ATM transporta más tráfico con costos reducidos, lo que traerá, un cierto ahorro para el usuario. Pero eso puede tardar algún tiempo.

Podemos decir que el conjunto ATM representa una excelente opción para casi cualquier red. Proporciona rendimiento y funcionalidad antes nunca vistas para:

- Transferencia electrónica de dinero.
- Anotaciones de voz y memorando.
- Videos didácticos interactivos
- Desarrollos en diseño y fabricación, en los que se implique objetos de datos complejos que residan en procesadores distintos y geográficamente dispersos.

3.9 RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS (ISDN)

El estándar RDSI de banda estrecha (narrowband ISDN) es el origen de la red digital de servicios integrados. La RDSI ha sido considerada como un avance al especificar servicios de red digital que pueden llevarse a cabo sobre la existente red telefónica digital integrada además de ofrecer un alto desempeño de 2Mbps en un enlace local, y de 64Kbps o 128Kbps sobre área amplia.

La Red Digital de Servicios Integrados (ISDN-Integrated Services Digital Network) es una red de telecomunicaciones pública con una infraestructura diseñada para integrar voz, datos, video y otros servicios y aplicaciones. La RDSI de banda estrecha (narrowband ISDN) provee servicios a baja velocidad que van desde 2 hasta 56kbps; mientras que la RDSI de banda ancha (broadband ISDN) está basada en la tecnología de celdas de tamaño fijo o modo de transferencia asíncrono (ATM) y proporciona un servicio de direccionamiento de 2 hasta 600Mbps.

La RDSI es definida por la Unión de Comunicaciones Internacionales y Sector de Estandarización de Telecomunicaciones (ITU-TSS) como una red que evolucionó de la telefonía de Red Digital Integrada (IDN-Integrated Digital Network) que provee una conectividad digital fin a fin y que soporta varios servicios. Hay dos características que distinguen a la RDSI de las redes de telefonía tradicionales: es una conexión digital entre dos puntos y define un conjunto de protocolos de interfaz usuario-red en base a estándares internacionales, y por lo tanto, todos los dispositivos RDSI pueden utilizar el mismo tipo de conexión física y el mismo conjunto de protocolos de señal.

La RDSI combina la extensa red de telefonía con la capacidad de acarreo de datos digitales dentro de una estructura bien definida que puede soportar simultáneamente aplicaciones de voz, datos y vídeo. La RDSI es una opción viable para redes de área amplia.

3.9.1 Estructura de la RDSI

La RDSI es un servicio compuesto por dos tipos de canales: canales portadores (bearer channels) y canales de señalización (signaling channels).

Canales Portadores (canal B):

- *Canal B (canal portador)*. Estos canales transmiten a 64kbps en modo de conmutación de circuitos o de paquetes para enviar la información (voz, datos, información multiplexada de los usuarios). Todos los servicios de red están disponibles a través de canales tipo B. El canal B puede ser usado en la conmutación de paquetes y circuitos. Para la conexión por conmutación de circuitos el canal B es dado completamente a una sola interfaz de usuario en modo transparente y no se permiten señales de control de la conexión en el canal B. Para la conexión por conmutación de paquetes, el flujo de datos del canal B puede ser conmutada en diferentes circuitos virtuales para la separación de destinos.
- *Canal H*. Este tipo de canales son funcionalmente equivalentes a los canales B pero operando a velocidades mayores a 64kbps. Su función principal es la de transmitir la información del usuario a tasas de transmisión de datos mayores a 64kbps y un poco mas de 100Mbps, como por ejemplo: video digital, audio, resolución para televisión, teleconferencia y datos. Existen varios tipos de canal H:

Canal	Tasa de transmisión (kbps)	Tasa múltiplo de canales B	Tasa múltiplo de canales H0
H0	384	6	1
H11	1536	24	4
H12	1920	30	5
H21	32768	512	-
H22	44160	690	115
H4	135168	2112	352

La tasa de transmisión de cada uno de estos es una combinación de los canales B o canales H
 Tabla 3.14 Ejemplos de canales tipo H

Los proveedores combinan estos dos tipos de canales para definir dos tipos de servicio RDSI: interfaz de Tasa Básica (BRI-Basic Rate Interfase) y la interfaz de Tasa Primaria (PRI-Primary Rate Interfase). Estos dos canales lógicos definen propiamente su función y capacidad. Las funciones que se definen son la transmisión de datos, y la administración de la señal y control de llamada.

Canal de señalización (canal D):

- **Canal D.** Los canales D transmiten a 16kbps para la interfaz BRI, y a 64kbps para interfaz PRI. Las funciones principales de estos canales es la de transmitir información de señalización para establecer una llamada, control de la conexión y terminación de la llamada. Es decir, lleva la señal de llamada y configuración para establecer una conexión de red, petición de servicios de red, enrutamiento de datos sobre canales B y la terminación de la llamada cuando se ha completado la transferencia de datos. El canal D es separado de los canales B, es decir, está fuera de banda y proporciona un tiempo de conexión mas rápido a la RDSI. El ancho de banda no requerido para la señalización y control sobre el canal D puede ser utilizado para transportar paquetes de usuario o tramas de datos cuando sea necesario. La señalización del canal D es una función de la capa de red, de enlace de datos y nivel físico del modelo de referencia OSI.

El canal de señalización D trabaja en los primeros tres capas del modelo de referencia OSI de la siguiente manera

Funciones de la capa física. El protocolo de capa física de la RDSI establece una conexión de conmutación de circuitos a 64kbps. Este también soporta la interfaz física por el adaptador terminal de red (NTA-Network Terminal Adapter), el cual soporta la conexión de múltiples dispositivos de manera simultánea. Finalmente, este protocolo administra la verificación del circuito y funciones de monitoreo.

Funciones de la capa de enlace de datos. La capa de enlace de datos de la RDSI establece rutas virtuales en la red para tramas de datos. Este protocolo también maneja el control de llamadas y funciones de señalización por medio del Procedimiento de Acceso al Enlace por el Canal D (LAP-D-Link Access Procedure for D Channel), el cual es el procedimiento que trabaja cruzando la señalización o canal D.

Funciones de la capa de red. Esta capa de la RDSI maneja los servicios de tanto conmutación de circuitos como conmutación de paquetes. La capa de red crea el direccionamiento y determina la información de ruta que la capa de enlace de datos usará para establecer las rutas virtuales.

3.9.2 Estándares de interfaz de usuario

La RDSI ha desarrollado dos servicios estándar de interfase de usuario y definidos por la ITU-TSS. Estos servicios estándar, llamados interfases de Tasa, combinan canales portadores y el canal de señalización en diferentes densidades. Estos servicios son:

- Interfase de Tasa Básica (BRI).** Consiste usualmente de dos canales B y un canal D de 16kbps para la señalización (2B+D), dando una tasa de transmisión de datos de 144kbps²². Algunos proveedores de RDSI también pueden ofrecer un solo canal B y otro D (1B+D). Los canales B se usan de forma simultánea pero independiente uno de otro en la misma conexión. Con este esquema se tiene la posibilidad de enviar de manera simultánea e independiente voz y datos de una sola o diferentes terminales sobre una misma interfase de usuario. Al enviar la información de control por un canal distinto (canal D) permite crear una tercera conexión para la transmisión de información de control y datos de baja velocidad a un usuario final. La BRI fue diseñada para dispositivos caseros o de pequeñas empresas como telefonía digital, terminales de datos, computadoras personales, fax e impresoras, debido a que la tasa pico de datos generadas en las aplicaciones que se ejecutan en estos dispositivos están por debajo de 100Mbps.

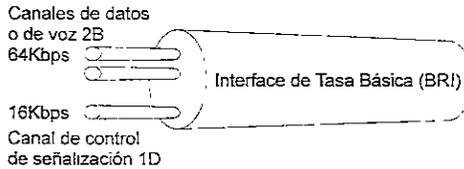


Figura 3.52 Interfaz de Red-Usuario BRI

- Interfase de Tasa Primaria (PRI).** Esta es una interfase 23B+D²³ en los Estados Unidos y Japón, y una interfase 30B+D en Europa. Los canales B pueden ser adicionados para formar las configuraciones referidas en una terminología de intercambio local como servicios H (tabla X). El canal D es un canal de 24Mbps (o 31Mbps, dependiendo del país), y controla los procedimientos de señalización para algunos o todos los canales B.

Las líneas pueden ser usadas como troncales para transferencia de archivos grandes y flujos de datos continuos, o ser subdivididos con un multiplexor para proveer múltiples canales para varios dispositivos.

La Interfase de Tasa Primaria se diseñó para ajustarse al manejo de video comprimido, dispositivos de audio de alta calidad, terminales gráficas de alta velocidad, dispositivos fax digitales y tele servicios. La tasa de datos transmitidos para los dispositivos que usan PRI llegan al rango de hasta 2Mbps.

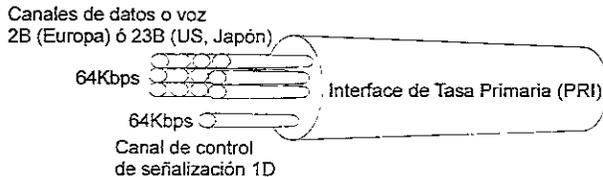


Figura 3.53 Interfaz de Red-Usuario PRI

²² Con velocidades de hasta 128Kbps, RDSI BRI ofrece un mayor ancho de banda que las soluciones basadas en módems analógicos, con rangos desde 4.8Kbps a 28.8Kbps. Utilizando una proporción de compresión desde 2:1 a 4:1, este puede entregar tasas de transmisión efectiva desde 256Kbps hasta 632Kbps.

²³ Generalmente, la versión de 1.544Mbps se obtiene como una combinación de los canales B y H0 y puede o no contener un canal D de 16Kbps. El más utilizado es el de 23B+D con el canal D a 64Kbps y obteniendo así 1536Kbps. La información del usuario se transmite por canales B y las señales de control por el canal D, además de que en cada trama se agrega un bit para señalización obteniéndose de esta manera una tasa global de 1.544Mbps.

Interfase de Tasa de Banda Ancha. Este es un tipo de estructura que está basada en un par de formatos de la llamada Red Óptica Síncrona (SONET-Synchronous Optical Network) definido por ANSI. La tasa de bits y la combinación de señales se eligen para unir la tasa de datos de algunas señales de televisión estándar que han sido digitalizadas ya sea por PCM o por algunas de las codificaciones de reducción de tasa.

Existen únicamente dos estructuras definidas: la primera que equivale a 2016 canales B para una tasa de 129.024Mbps y la segunda que equivale a 8064 canales B para una tasa de 516.0096Mbps.

La interfase de banda ancha provee la capacidad requerida para la transmisión de cuadros de movimiento, televisión estándar y de alta definición, videoconferencias y datos de video.

9.3 Modo de Operación de la RDSI

En una red analógica donde un ciclo de dos alambres que van desde una oficina central de la compañía local hasta el usuario, soporta un solo canal de transmisión el cual puede acarrear solamente un servicio de voz, datos o video a la vez. Con la RDSI este mismo par de alambres de cobre trenzado es dividido de manera lógica en múltiples canales, lo que permite tener varios servicios simultáneamente.

LA RDSI utiliza la misma conexión canalizada para su transmisión de larga distancia como el tráfico de larga distancia entre oficinas de conmutación de teléfonos que corren sobre enlaces troncales T1/E1 que consisten de cuatro alambres divididos lógicamente en múltiples canales.

9.3.1 Designación del ancho de banda dinámico

La arquitectura de la RDSI permite la designación de ancho de banda para lograr una velocidad de transmisión efectiva. El ancho de banda dinámico o designación de canal, es la agregación lógica²⁴ de ambos canales B dentro de BRI para una capacidad total de 128Kbps, y cualquiera de todos los canales B para línea PRI, para un rendimiento efectivo de hasta 1.536Mbps en Estados Unidos y de 92Mbps en Europa. También es conocido como ancho de banda sobre demanda o multiplexaje verso

9.3.2 Servicios sobre la RDSI

El CCITT define en tres categorías los servicios de la RSI:

1. Servicios de Portadora (bearer services): Estos son las existentes redes analógicas o digitales que se han especializado en entregar información de un punto a otro (incluyendo voz y datos, ya sea de conmutación de circuitos o conmutación de paquetes) como la telefonía digital, datos de conmutación de circuitos a 64Kbps y datos de conmutación de paquetes (X 25) y datos Frame Relay.
2. Teleservicios: Estos son servicios sofisticados que RDSI puede ofrecer gracias a que opera a niveles muy altos en el modelo de referencia OSI. Algunos de estos servicios son el correo electrónico, videotex, telefax, teletex, fax y videotelefonía (provee servicios de transmisión de televisión sobre la RDSI)

²⁴ La agregación de canales es frecuentemente abreviada como Nx64Kbps, donde N es el número de canales lógicos combinados.

3. Servicios Suplementarios: Estos servicios suplementarios amplían las funciones de tanto la servicios de portadora como los de teleservicio²⁵. Estos abarcan mas las características asociadas con llamadas fast dialing, calling line ID, calling waiting, call forwarding conferencing, etc. Estos servicios suplementarios pueden ser ofrecidos o no por el proveedor RDSI.

3.9.3.3 Beneficios de la RDSI para aplicaciones intensivas de datos

La RDSI es utilizada para proveer redundancia en redes de área amplia en casos como recuperación en fallas y respaldo por marcaje en caso de saturación (backup overflow). La RDSI interopera con otros servicios de red de área amplia como X.25, Frame Relay, servicios analógicos existentes, servicios de datos multimegabit conmutado (SMDS-Switched Multimegabit Data Service) y servicios de alta velocidad como ATM.

La instalación de equipo RDSI para redes de área local, requiere de un puente o un enrutador con interfase RDSI. El enrutador RDSI es conectado directamente al cable RDSI, de manera que debe ser configurado no solo para enrutar tráfico sino también para interoperar con la red RDSI.

La RDSI soporta servicios de conmutación de circuitos y conmutación de paquetes, además de dos servicios a nivel de tramas, uno conocido como Frame Relay y el otro como Conmutación de Tramas. En estos dos servicios en modo de tramas es utilizado el mismo esquema de señalización, la principal diferencia es que la red desarrolla procedimientos de control de error y flujo para cada trama dentro de la Conmutación de Tramas mientras que en el servicio Frame Relay no se desarrolla ninguna tarea de este tipo en los nodos intermedios y simplemente soporta un servicio de mejor esfuerzo (best try). En la práctica, Frame Relay es por mucho el servicio dominante²⁶.

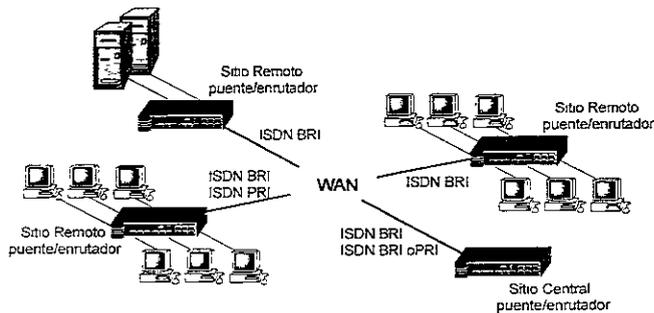


Figura 3.54 Interconexión remota de LAN a LAN a través de RDSI

3.9.4 RDSI de banda ancha (Broadband ISDN)

Este es un servicio que entrega hasta 62.08Mbps en una transmisión de datos de modo full dúplex. Por medio de estas altas velocidades se soportan transmisiones interactivas sofisticadas, almacenamiento y envío de difusión multimedia y servicios de reparación. El estándar B-RDSI es también la base para el Modo de Transferencia Asíncrono (ATM).

²⁵ Por definición, los servicios suplementarios no se pueden encontrar solos.

²⁶ Los procedimientos asociados con los servicios de tramas son definidos en la recomendación CCITT I.122/Q.922.

10 LAN VIRTUALES (VLANs)

Una LAN virtual es una lista de direcciones de tipo control de acceso al medio (MAC) o de red de dispositivos, independientes de los puertos físicos. Un dispositivo puede acceder a cualquier otro dispositivo de la misma LAN virtual. Pueden definirse filtros entre éstas de igual manera que pueden hacerlo los routers.

Pueden formar parte de la misma LAN virtual dispositivos que se encuentren conectados a medios distintos. Más aún, los usuarios pueden cambiar la localización física de sus equipos a cualquier segmento de la subred virtual sin necesitar reconfigurar la dirección.

Las LAN virtuales capacitan a los administradores de red para agrupar lógicamente los dispositivos con independencia de su localización física, proporcionando anchos de banda dedicados y servicios a cada uno de ellos.

Los usuarios pueden conectarse a cualquier puerto de la red, y la LAN virtual se encarga del resto. Además del filtro de direcciones, las LAN virtuales proporcionan:

- Traslados, incorporaciones y cambios sencillos
- Asignación de ancho de banda
- Características de seguridad

Uno de los principales problemas de los administradores de red que deben manejar redes de encaminamiento de grandes dimensiones, es el inmenso esfuerzo administrativo necesario para llevar a cabo traslados, incorporaciones y cambios. Resulta especialmente complejo en redes con Protocolos Internet (IP), donde cada LAN física está asociada a una subred lógica, tal y como lo muestra la figura 3.55

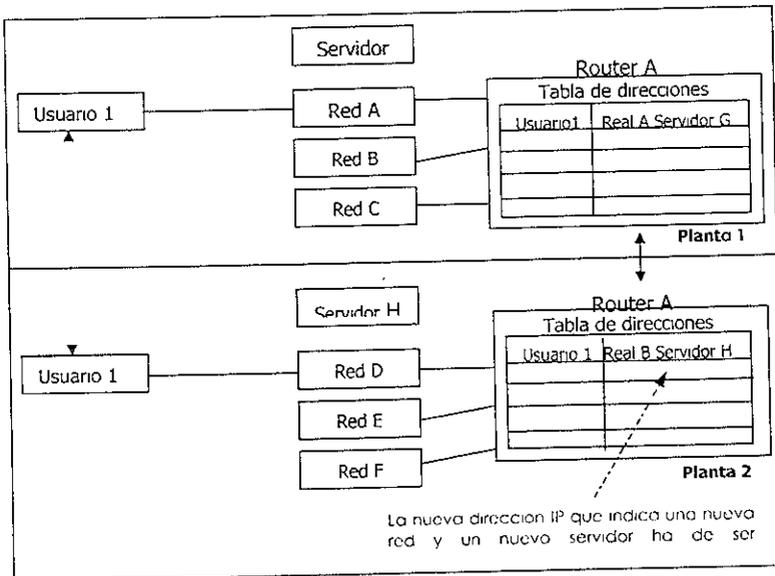


Figura 3.55 Red LAN clásica con protocolo IP

Si un usuario tiene que trasladarse de una planta del edificio a otra, suele ser necesario reconfigurar la estación de trabajo con una dirección IP válida en la nueva subred. Para manejar dichos cambios, los administradores de redes heredadas tienen que reconfigurar manualmente los routers. Las LAN virtuales, sin embargo, eliminan todo este proceso, permitiendo que se agrupen de manera lógica los dispositivos con independencia de su localización física, proporcionando ancho de banda dedicados y servicios a cada uno de ellos. Esquemáticamente esto se ve en la siguiente figura 3.56.

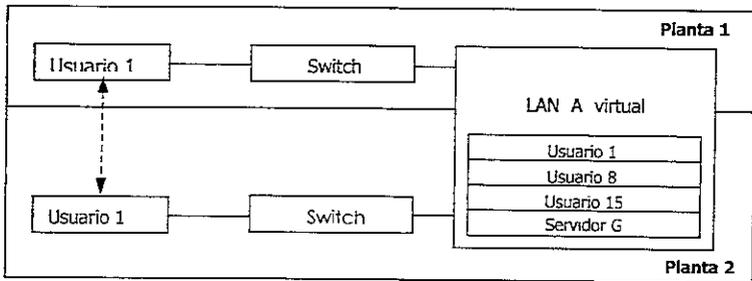


Figura 3.56 LAN Virtual

Esto es, el usuario se conecta, a cualquier puerto de la red, y la LAN virtual se encarga del resto. Las redes virtuales identifican la dirección física de un nuevo dispositivo y la asocian a una dirección de capa de red basándose sólo en asignaciones previas, sin intervención de administradores de red en el sistema, o en el equipo del usuario.

Las LAN virtuales pueden ser definidas por diferentes criterios, incluyendo conmutación de puertos, direcciones de control de acceso al medio, direcciones de subredes, tipo de protocolos, tipo de aplicaciones e identificadores de LAN virtuales especiales etiqueta para cada uno de los paquetes. Existen diferentes maneras en las que se pueden asociar las LAN virtuales para su definición, sin embargo, se pueden dividir estas definiciones de LAN virtuales en tres grupos: LAN virtuales por agrupación de puertos (port grouping), LAN virtuales por agrupación a nivel MAC y LAN virtuales por agrupación a nivel de red.

3.10.1 LAN virtuales por agrupación de puertos

La definición de LAN virtuales por medio de agrupación de puertos es la manera más simple para crearlas dentro de una red. Específicamente, cada puerto sobre un switch constituye un segmento físico de la red local. Definiendo una LAN virtual utilizando este método es simplemente cuestión de asociar un grupo de puertos del switch para formar un solo segmento virtual.

Los conmutadores de puertos son concentradores alambreados que proveen backplanes compuestos por múltiples segmentos. Cada uno de estos backplanes ofrece un ancho de banda compartido. Los concentradores de conmutación de puertos difieren de los concentradores tradicionales en que los puertos sobre el concentrador de conmutación pueden ser dinámicamente asociados con diferentes backplanes, los cuales pueden ser fácilmente llevados a cabo mediante software. En esta arquitectura, un segmento de Backplane iguala a un grupo de trabajo o LAN virtual.

Algunos puertos de los switches tienen múltiples estaciones finales conectados a ellos (mediante uno o más concentradores), mientras que otros puertos tienen solamente una estación. Todas las estaciones conectadas a los puertos asociados con una LAN virtual comparten un dominio de broadcast común. La definición de una LAN virtual por agrupación de puertos no permite múltiples

LAN virtuales ser incluidas en el mismo segmento físico (o puerto del switch). Sin embargo, la primera limitación de la definición de LAN virtuales por puertos es que el administrador de la red debe configurar la asociación LAN virtual cuando una estación es movida desde un puerto hacia otro, es decir, el cambio de una estación a una LAN virtual diferente requiere la conexión física hacia un concentrador sobre un puerto de switch diferente. El tráfico entre LAN virtuales deberá pasar a través de un router.

10.2 LAN virtuales por agrupación a nivel MAC

La agrupación por lista de direcciones MAC es en la cual la dirección MAC de cada estación es declarada conjuntamente con la LAN virtual a la cual pertenece. Este método es altamente flexible y permite a diferentes estaciones sobre un mismo puerto del switch ser parte de diferentes LAN virtuales.

Este sistema de agrupación también elimina la necesidad de mover estaciones hacia diferentes puertos del switch cuando estas deben cambiar de red virtual. De otra manera, permiten a los administradores de red mover una estación a diferentes locaciones físicas sobre la red y esta automáticamente mantiene su asociación con la LAN virtual. Una LAN virtual definida por direcciones MAC puede ser pensada como una red virtual basada en usuarios.

Una de las desventajas de la solución de LAN virtuales basadas en direcciones MAC es el requerimiento de que todos los usuarios deberán inicialmente ser configurados para estar dentro de una LAN virtual mínima. Después de la configuración manual inicial, es posible un seguimiento automático de los usuarios. Sin embargo, la desventaja de tener la configuración inicial de LAN virtuales llega a ser clara en redes grandes con miles de usuarios, donde cada uno es explícitamente asignado a una LAN virtual particular. Las LAN virtuales basadas en direcciones MAC que están implantadas en ambientes de medios compartidos corren dentro de una seria degradación de desempeño como miembros diferentes de LAN virtuales coexistan sobre un solo puerto del switch. Al igual que las LAN virtuales basadas en agrupación de puertos, las basadas en direcciones MAC deberán ser utilizadas en conjunto con routers para proveer conectividad entre las LAN virtuales y el resto de la red.

10.3 LAN virtuales por agrupación a nivel de red

Las LAN virtuales de nivel de capa de red utilizan direcciones del nivel de red del modelo de referencia OSI. Por esta razón son frecuentemente llamadas "subredes virtuales". Cada estación dentro de una LAN virtual es asignada con la misma dirección de subred. Los miembros de una subred particular son tratados como un grupo puentado. Esto es, el tráfico es puentado a nivel 2 dentro de la subred virtual. Pero aún se mantiene la necesidad de enrutar la conexión entre LAN virtuales, es decir, se necesita de un router para establecer conexión entre estaciones pertenecientes a diferentes LAN virtuales.

Un switch inspecciona un paquete con dirección IP para determinar la asociación con la LAN virtual, no se lleva a cabo ninguna operación de enrutamiento y no se emplea ningún protocolo RIP o OSPF, los paquetes que pasan por el switch son usualmente puentados de acuerdo a la implantación del algoritmo de árbol expandido. Desde el punto de vista de un switch empleado en una LAN virtual basada en el nivel de la capa 3, la conectividad dentro de una LAN virtual dada es aún vista como plano con topología de puente.

Teniendo en cuenta lo anterior, los switches están siendo habilitados con funciones asociadas normalmente con el enrutamiento, es decir, capacidades de inteligencia de capa 3. Los switches de capa 3 o switches multicapas frecuentemente tienen la función de envío de paquetes de enrutamiento construido dentro de un conjunto de circuitos ASIC. Sin embargo, el punto principal permanece ya que no importa donde este localizada una estación en una solución LAN virtual. Con

este método de agrupación de LAN virtuales, los administradores de red pueden segmentar una red dentro de LAN virtuales basadas en información del nivel de red contenida en cada paquete. Una red conmutada puede ser configurada para actuar como un enrutador de segmentos de red pero con una gran diferencia: múltiples estaciones pueden estar conectadas al mismo puerto del switch y ser miembros de diferentes LAN virtuales. También, al estar basadas en la capa de red son sensitivas a los protocolos de la capa de red que ocupan en dicha red, diferentes LAN virtuales pueden ser definidas para diferentes grupos de protocolos tales como IP, IPX y Apple Talk.

La principal desventaja de las subredes virtuales las cuales son dependientes de los protocolos es que los switches deben ser capaces de leer los diferentes formatos para cada uno de los protocolos utilizados sobre las LAN virtuales. Sin embargo, la realización de subredes virtuales basadas en direcciones IP son las más usuales en las LAN virtuales de capa de red.

Existen varias ventajas al definir LAN virtuales en el nivel 3 o de red. Primero, habilitan el particionamiento por el tipo de protocolo. Segundo, los usuarios pueden mover físicamente a una localidad sus estaciones sin necesidad de reconfigurar cada dirección de red de las estaciones. Tercero, definiendo LAN virtuales al nivel 3 se puede eliminar la necesidad de etiquetar el paquete en un orden para comunicar asociaciones de LAN virtuales entre switches, reduciendo el transporte indirecto. Una de las desventajas de definir LAN virtuales al nivel 3 puede ser el desempeño en comparación con las LAN virtuales basadas en MAC o puertos, ya que al inspeccionar las direcciones del nivel 3 en los paquetes, consume más tiempo que al buscar las direcciones en el nivel 2 o direcciones MAC en los paquetes.

La agrupación multicast IP representa un aprovechamiento un poco diferente de la definición de LAN virtual, aún que el concepto principal de LAN virtual como dominio de broadcast aún se aplica. Cuando un paquete es enviado vía multicast, este es enviado hacia una dirección que es una aproximación para un grupo definido explícitamente de direcciones IP que es establecido dinámicamente. A cada estación se le da la oportunidad para unirse a un grupo multicast particular al responder afirmativamente a la notificación de broadcast, las cuales señalan la existencia de ese grupo. Todas las estaciones unidas en un grupo multicast pueden ser vistas como miembros de una misma LAN virtual. Sin embargo, ellos son solo miembros de un grupo multicast particular durante un período de tiempo. De esta manera, la naturaleza dinámica de las LAN virtuales definidas por grupos multicast IP habilitan un alto grado de flexibilidad y sensibilidad de aplicación. En adición, las LAN virtuales definidas por grupos multicast IP deberían ser intrínsecamente capaces para extenderse sobre routers y de esta manera conexiones con redes de área amplia (WANs).

	Switch de puertos	Switch Capa 2	Switch Multicapas
Reconfiguración por software	Si	Si	Si
Aumentan el ancho de banda del grupo de trabajo	No	Si	Si
Conectividad entre LAN virtuales	No	No	Si
LAN virtuales se pueden expandir sobre múltiples switches	No	No	Si

Tabla 3.15 Características de los switches

CAPÍTULO IV

CONCEPTOS DE TELECOMUNICACIONES APLICADOS A EDIFICIOS INTELIGENTES

necesarias durante el día permitiendo un gran ahorro en la energía, así mismo proporcionan todos aquellos elementos de carácter tecnológico para apoyar la productividad de los empleados.

Un edificio inteligente está diseñado para facilitar el flujo de información y permitir que los habitantes tengan una comunicación rápida usando transmisiones de voz, datos y vídeo. Las comunicaciones en un edificio inteligente pueden ser de persona-a-persona, persona-a-máquina, persona-a-terminal ó terminal-a-terminal. El edificio inteligente construye enlaces entre dispositivos de oficina a través de una red de información de área local. El cableado estructurado de la red local puede soportar equipo moderno automatizado para hacer intercomunicaciones tan rápido y fácil como sea posible.

En un edificio inteligente, el administrador de energía y control de sistemas (EMCS – Energy Management and Control System) supervisa la calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC – Heating, Ventilation and Air Conditioning), los cuales mantienen la temperatura, humedad y calidad del aire dentro del edificio.

Para que un edificio inteligente pueda proveer un ambiente de trabajo eficiente y adecuado a las personas, el Sistema de Administración del Edificio (BMS – Building Management System) funciona como el cerebro del mismo, ya que este controla la mayor parte de los servicios y la planeación del funcionamiento interno. El BMS lo constituyen el administrador de energía y control de sistema, el sistema de protección contra incendios (FLS), el sistema de control de elevadores y control de iluminación, seguridad y control de acceso (SAC). Usualmente, como lo habíamos mencionado, cada uno de estos sistemas es controlado por una computadora dedicada.

Comúnmente se han diseñado cada uno de los sistemas en un edificio, como una isla de automatización. Cada sistema típicamente tendrá su propio tipo de cable y cada sistema estipula un método por el cual el cable será distribuido; conduit, charola para cable, escalerilla y demás. El Edificio Inteligente integra todos los sistemas separados presentes hasta hoy en las estructuras modernas con una plataforma común de distribución y cableado (figura 4.1). Los sistemas pueden incluir:

- Telecomunicaciones:
 - Sistemas de voz
 - Conmutadores Telefónicos (PBX)
 - Red Integral de Servicios Digitales (ISDN) (RDI)
- Automatización de Oficinas:
 - Sistemas de Datos y Computadoras
 - Redes de Área Local (LAN) (INTRANET)
 - Redes de Área Amplia (WAN) (INTERNET)
- Administración de Edificios “Building Management Systems” (BMS):
 - Protección contra incendio (FLS)
 - Seguridad y Control de Acceso (SAC)
 - Ventilación, Calefacción y Aire Acondicionado (HVAC)
 - Sistemas de Administración de Energía (EMS)

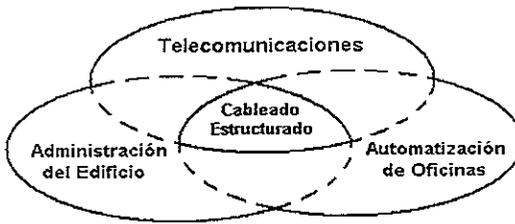


Figura 4.1 Sistemas integrados utilizando un único sistema de cableado estructurado

1.2 TÉCNICAS DE PLANEACIÓN Y CONSIDERACIONES PARA LA TORRE DE INGENIERÍA COMO UN EDIFICIO INTELIGENTE

Un edificio inteligente debe ser capaz de modificarse y de aceptar tecnología de punta, de manera que su periodo de vida útil se pueda prolongar constantemente. Por lo tanto, para tratar de lograr lo anterior, la inteligencia debe planearse desde el inicio del proyecto, con la integración conveniente de la tecnología y las características tradicionales de la arquitectura que implican el buen manejo de los recursos.

Entre muchos factores que se deben considerar en la planeación de un edificio inteligente están los conceptos básicos de la arquitectura, como la investigación del cliente, el entorno físico, el entorno social y económico, las tecnologías disponibles en el momento, así mismo se debe tomar en cuenta una larga lista de especificaciones, recomendaciones y normas tanto nacionales como internacionales que ya están establecidas y que se utilizan en el desarrollo de estos proyectos. Los tiempos de edificación de estos edificios dependerán de un correcto desarrollo del proyecto, es decir, una arquitectura e ingenierías definidas que funcionen como un todo.

Durante la planeación de un edificio inteligente, existen ciertas etapas que deben ser tomadas en cuenta:

- Estructura
- Sistemas
- Servicios
- Administración

Los estudios de mercado indican que mientras los costos iniciales de la estructura son el aspecto de mayor preocupación, los costos operacionales a lo largo de la vida útil del inmueble deben ser un aspecto de gran importancia a ser considerado. Estos costos operacionales pueden exceder los costos iniciales del inmueble. Debido a esto, para que la técnica de ingeniería utilizada tenga éxito, esta debe ser considerada en las primeras etapas de planeación del proyecto, afín de asegurar que las técnicas necesarias de acceso sean incorporadas al edificio.

1.2.1 Estructura del edificio

Esta etapa se refiere a los aspectos estructurales que seleccione el arquitecto, ingeniero o constructor, los cuales determinan la flexibilidad para implantar los sistemas del edificio y sus servicios en el proyecto. Podemos hablar de dos atributos principales a la flexibilidad: capacidad para poder incorporar nuevos y futuros servicios, y capacidad para poder modificar la distribución física tanto de departamentos como personas de una determinada organización, sin perder el nivel de servicios

disponibles, ya que esto determinará los gastos operacionales subsecuentes para estos requerimientos.

Si el punto de la estructura no se analiza en la etapa inicial del proceso de planeación del proyecto, las técnicas de distribución integrada inteligente y toda su flexibilidad pueden ser afectadas seriamente. Estas técnicas se refieren a los tipos de pisos y techos, tuberías, etc., las cuales serán utilizadas en el diseño para suministrar los diferentes sistemas y servicios del edificio. El cableado que se requiere para los edificios modernos en la actualidad debe ser modular y por consiguiente flexible para poder proporcionar los sistemas y servicios requeridos.

4.2.2 Sistemas del edificio

El segundo aspecto a considerar en el diseño de cualquier red de distribución es la selección de los sistemas necesarios o redes. Los sistemas son los elementos que puede albergar la estructura, normalmente de índole tecnológica, por ejemplo: telecomunicaciones, iluminación, seguridad, control de acceso, etc., así como los equipos asociados a cada uno de los sistemas (sensores, terminales, actuadores, etc.). En el área de automatización del edificio incluye el control, la gestión o uso óptimo, y el mantenimiento de los distintos sistemas de ingeniería del edificio. Las telecomunicaciones son el aspecto central y de importancia absolutamente decisiva en los edificios inteligentes, ya que se encargan de dar soporte a muchos de los servicios que se ofrecen. Normalmente están basadas en sistemas digitales de conmutación de voz y datos a gran escala que unen sistemas electrónicos con redes exteriores y ofrecen, de este modo, la posibilidad de transferir datos entre los usuarios del edificio y el mundo exterior. El diseño del sistema de telecomunicaciones del edificio debe contemplar los siguientes puntos: proveer espacio suficiente y acondicionado para los equipos y cableado, aceptar el compromiso de una continua planificación, seguimiento, documentación y gestión de los sistemas de telecomunicaciones con el costo que ello implica, y permitir un diseño flexible del sistema de telecomunicaciones de tal manera que se pueda adecuar a las necesidades futuras de los usuarios y a las tecnologías emergentes sin generar un gran costo. Los sistemas que podemos encontrar en un edificio inteligente en la actualidad son los siguientes:

- Voz, datos y video
- Control y vigilancia
- Control de acceso
- Control central de los servicios del edificio
- Seguridad contra incendios
- Control de energía e iluminación
- Altoparlante
- Centralización de equipo

4.2.3 Servicios del edificio

Un edificio inteligente debe integrar servicios, esto significa facilitar el intercambio de información entre los recursos disponibles. La mayoría de los inversionistas no saben cuántos o dónde ubicar los servicios necesarios antes de identificar al usuario final. Por esta razón, la integración inteligente del cableado estructurado puede proporcionar altos beneficios en los costos y un importante método de mercadotecnia para el diseño, venta o renta de edificios modernos de oficinas o industrias. Esta tendencia a la integración de servicios tiene dos grandes vertientes: la integración del control, gestión y mantenimiento de todos los sistemas y servicios del edificio, automatización de la actividad y telecomunicaciones (interfuncionamiento automático entre sistemas y servicios técnicos), y la integración de las infraestructuras de cableado, combinando en un determinado soporte físico señales de varios sistemas distintos. Algunos de los servicios típicos son:

- Extensiones de conmutador (PBX)
- Terminales de datos
- Sensores de humo, temperatura y humedad
- Seguridad-acceso y detección
- Dispositivos de control de energía
- Audio y video

Para el dueño o inversionista de un edificio, siempre existe una gran preocupación sobre la gran cantidad de cambios que existen durante el período de construcción. Esto, por supuesto, no solo ocurre cierto durante el inicio del proyecto, sino también a lo largo del ciclo de vida del edificio. El sistema de cableado estructurado de arquitectura abierta es modular y flexible, y por consiguiente permite la realización de cambios de manera fácil, rápida y económica, con pocos o ningún cambio en la plataforma básica del cableado.

4.4 Administración del edificio (Facility Management)

La administración, operación y mantenimiento de manera integral de un inmueble se ha definido con el título internacional de Facility Management. Una vez que los sistemas del edificio se han seleccionado, los servicios deseados deben ser configurados e instalados en todas las áreas necesarias. Y por supuesto, la habilidad de administrar estos sistemas y servicios a lo largo del ciclo de vida del edificio, es una medida del éxito de una red estructurada bien planeada.

El desarrollo intenso de las economías ha generado mayores demandas y capacidades de las condiciones físicas del lugar de trabajo, con el fin de buscar incrementos en la productividad, la calidad y mejoras en el tiempo de respuesta de sus propios procesos internos.

La tecnología aplicada a inmuebles destinados a oficinas se ve reflejada en los sistemas de aire acondicionado, iluminación, sistemas de control de acceso, telecomunicaciones, sistemas de seguridad y vigilancia, elevadores, sistemas de riego, monitoreo y control de equipos, transmisión de energía eléctrica y equipos de emergencia, suministro de agua potable, entre otros. Pero el fin de la tecnología no persigue satisfacerse así misma, busca de manera recurrente servir al ser humano en todos los ámbitos de su vida.

El administrador y su equipo de trabajo son los responsables de unir tecnología y servicio, y solo podrán hacer si contribuyen a la generación de un hábitat favorable a sus clientes, entendiendo entonces al hábitat como el conjunto de condiciones favorables relativas al entorno de trabajo. Para lograr esto, se debe conocer a quienes están dirigidos los servicios, y para ello sirve tener a la mano datos como el porcentaje de ocupación del inmueble y su tendencia. Una administración de inmuebles que ostente modernidad en sus procesos y que tenga la madurez de redefinir su incorporación respecto a sus propios talentos medulares, es capaz de identificar sus fortalezas y debilidades.

El éxito de un proyecto inmobiliario no se obtiene con la colocación en el mercado del producto cualquiera que éste sea: edificio, conjunto habitacional, corporativo, complejo hospitalario, centro comercial, etc., el éxito real sobreviene de que el mercado y la opinión concedora conozcan la excelente planeación, proyecto, construcción, colocación en el mercado, y su excelencia en la administración, operación y mantenimiento del inmueble. Si el ciclo no se completa el proyecto no es un éxito, si la empresa y su gente que ocupan los inmuebles y sus visitas captan que el proyecto fue pensado y es administrado en función del servicio hacia ellos, entonces se está en el camino del éxito.

4.3 BENEFICIOS DEL CABLEADO ESTRUCTURADO EN UN EDIFICIO INTELIGENTE

Un sistema de cableado estructurado puede ser instalado en un edificio inteligente nuevo o en un edificio ya existente, el cual permite conectar telecomunicaciones, procesamiento de datos y sistemas tradicionales de automatización de edificios. Desde la perspectiva del inversionista y del usuario final, los beneficios incluyen menos costos por material y mano de obra, reducciones en los requerimientos del espacio físico, menos gastos por movimientos y cambios, reducción en los costos de mantenimiento y administración, un ambiente más cómodo y seguro, y la capacidad de emigrar a nuevas tecnologías con mayor flexibilidad, menos riesgo y menores costos.

Combinando este método con la eliminación de costos por cables tradicionales, inmediatamente se puede ver que este sistema ofrece una integración de todos los sistemas de un edificio en una plataforma común y presenta la mejor oportunidad para reducir los costos, aumentar la flexibilidad y productividad.

Para los proveedores, existen muchas opciones al considerar los requerimientos de conectividad. La decisión de incorporar el medio correcto, es decir, cable coaxial, cable par trenzado blindado o sin blindar, o fibra óptica, y el apego a estándares, sistemas y productos futuros tendrá un impacto directo en el éxito para que dicho sistema del proveedor pueda ser integrado a la plataforma de la red de un edificio inteligente.

La integración debe comenzar desde el momento que comienza el proyecto de la estructura y arquitectura del edificio. Para lograr un edificio inteligente debe reunirse un grupo de ingenieros de las distintas disciplinas para llevar a cabo y solidificar el concepto del proyecto, pero además el edificio debe tener una plataforma única de cableado para los distintos servicios, ejemplo: voz comúnmente llamada telefonía, datos, video, y controles tales como aire acondicionado, luces e incendio utilizando medios e interfaces estandarizadas. Esta plataforma de cableado único o sistema de cableado uniforme para todos estos servicios, es el comúnmente llamado cableado estructurado para edificios inteligentes, el cual emplea un enfoque de subsistemas, los cuales comprenden los siguientes:

- Subsistema de cableado horizontal
- Subsistema de cableado vertical (backbone)
- Subsistema de área de trabajo
- Subsistema de closet de telecomunicaciones
- Subsistema de cuarto de equipos (NOC)
- Subsistema de campus (facilidades de entrada)

Además los sistemas integrados de cableado uniforme generalmente están basados en estándares existentes y están posicionados de tal forma que cumplan con los estándares futuros a medida que éstos emergen. Proporcionan una conexión transparente entre sistemas de varios proveedores y equipos. Esta característica le proporciona al cliente la capacidad de mezclar y acoplar dispositivos y sistemas de diferentes proveedores. Desde el punto de vista de un proveedor, una conexión transparente permite la retención de características propias sin problemas de administración.

Utilizando un enfoque de subsistemas, el sistema de cableado estructurado puede ser modificado y fácilmente aumentado para soportar tecnologías futuras cuando se requieran. Esto es posible gracias a los esfuerzos de investigación y desarrollo de industrias claves, las cuales aseguran que los enfoques de un cableado estructurado avanzarán a medida de que se desarrollen e implanten nuevas aplicaciones y estándares. Esto permite que el edificio siga operando inteligentemente.

En conclusión, el cableado estructurado hace más flexible el manejo de los distintos dispositivos ya que la administración de estos servicios es centralizada, modular y con posibilidades de crecimiento fácil en el tiempo. También una edificación inteligentemente conceptualizada nos permite ahorrar tiempo y dinero ya que cualquier cambio en la parte interna de la estructura puede hacerse sin mayores complicaciones y al menor costo.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS Y DISEÑO DEL PROYECTO RED DE CÓMPUTO TORRE DE INGENIERÍA

INTRODUCCIÓN

Las bases para el análisis y diseño de la red de cómputo de la Torre de Ingeniería (posteriormente se hará referencia a ésta como "Red TI") fueron tratadas en los capítulos anteriores del presente trabajo. El conocimiento de los estándares internacionales que rigen la construcción de un sistema de cableado estructurado en edificios, los tipos de medios de transmisión, las especificaciones de operación de las tecnologías de red de alta velocidad, y los conceptos de telecomunicaciones que deben establecerse en una red de datos para un edificio inteligente, conforman en conjunto el entorno que ayuda a definir la mejor opción para cada uno de los sistemas de la red de la Torre, de manera tal que lleguen a constituirla como una red de altas especificaciones y con tecnología de punta. Para lograr este objetivo es importante también considerar los requerimientos con los que debe cumplir la red de cómputo para cubrir las necesidades y servicios que sean demandados por los usuarios de la Torre de Ingeniería (posteriormente se hará referencia a ésta simplemente como "Torre I").

En la actualidad existen metodologías para la planeación y evaluación de proyectos de informática, mientras que para proyectos de diseño de redes de cómputo no hay disponibles aún. En este capítulo se hace uso de una de estas metodologías adaptada al proyecto de la red de la Torre. La importancia de seguir una metodología apegada a este tipo de proyectos puede ofrecer las bases estructuradas para llevar a cabo una planeación adecuada y la toma de decisiones oportunas para cada punto en análisis. La planeación y diseño de la red de la Torre por etapas en este capítulo ayuda a definir las funciones específicas que deben cumplir cada parte o sistema de la red para finalmente cumplir el objetivo de obtener el diseño de la arquitectura de la red de la Torre I que garantice un alto desempeño y con características de ser flexible, escalable y confiable.

1 PLANEACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INFORMÁTICA

Los objetivos de una metodología para llevar a cabo un proyecto de informática son la planeación, preparación y evaluación de éste. Para el caso del proyecto de la red de cómputo de la Torre de Ingeniería, esta metodología puede ser adaptada y de este modo permitirá hacer un estudio de los requerimientos y configuración de la Red TI de manera tal que ésta sea capaz de soportar las exigencias actuales y futuras de todos los servicios que de ella demanden los usuarios, además de que cumpla con las normas y restricciones que plantea el Instituto de Ingeniería, la Dirección de Telecomunicaciones (DTD) de la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico (DGSCA) y Red UNAM concerniente a la implantación de redes de datos.

1.1 Metodología para evaluación de equipo computacional

La finalidad de esta metodología es la de proporcionar un esquema estructurado de cómo llevar a cabo la planeación de una red de computadoras y por otra parte a contribuir en la toma de decisiones en el proyecto. Los criterios de evaluación económica son herramientas útiles en la toma de decisiones. En proyectos de informática se requiere efectuar una evaluación económica para tomar decisiones en la asignación de recursos a una alternativa de inversión en equipo computacional. Por tanto, es importante realizar un análisis costo-efectividad ya que esta evaluación lleva a cabo a partir del planteamiento de objetivos bien definidos para posteriormente elegir la opción de menor costo y que alcance todos los objetivos.

Generalmente los proyectos de cómputo traen beneficios, y por lo tanto cabe centrarse en la optimización del proyecto por medio de una buena selección de las alternativas existentes. El análisis costo-efectividad plantea que la conveniencia de realizar un proyecto se determina por el análisis conjunto de dos parámetros: el costo y la efectividad. El costo involucra la implantación de la solución informática desde la adquisición del equipo hasta la puesta en marcha del sistema y los

costos de operación asociados. La efectividad se entiende como la capacidad del proyecto para satisfacer las necesidades o lograr los objetivos por los cuales fueron hechos.

Existen tres estados posibles en el desarrollo de un proyecto: preinversión, inversión y operación. El análisis costo-efectividad se encuentra en el nivel de preinversión ya que establece la preparación y evaluación de un proyecto a fin de determinar la conveniencia en su inversión y posterior puesta en operación.

5.1.1.1 Etapas de la metodología

Esta metodología comprende las siguientes etapas:

- Antecedentes Generales
- Diagnóstico
- Definición de requerimientos y presentación de problemas para la licitación
- Alternativas de diseño y proyecto
- Selección y proyección de alternativas
- Método de implantación

Antecedentes Generales

En esta etapa se hace un estudio de los datos referentes a la organización y el medio ambiente donde se desarrollará el proyecto con los fines de conocer el sistema donde se implementará la solución informática identificando sus finalidades y restricciones. La descripción del problema y el planteamiento de las necesidades a cubrir u objetivos a alcanzar con dicho proyecto apoyado por la descripción general del entorno organizacional, ayudarán a la justificación, análisis y comprensión del problema en estudio, y en consecuencia, de las distintas alternativas de solución.

El análisis del entorno de la organización puede estar formado por los objetivos, funciones y estructura de la organización, flujos de información más relevantes, descripción de las áreas que serán afectadas por el proyecto, los recursos humanos y de capital, y los recursos computacionales (en los casos donde existan).

Diagnóstico

La información que se genere de esta etapa será clave para las etapas posteriores. El diagnóstico debe presentar como resultado la traducción del problema en estudio en términos de requerimientos informáticos. Estos justificarán la inversión en soluciones tecnológicas.

En la etapa de diagnóstico se deben especificar los requerimientos del sistema a diseñar, considerando las necesidades de los usuarios. Con esta información pueden quedar definidos los problemas y requerimientos, diferenciando cuales son asociados a problemas de informática y cuales a problemas de gerencia. Para los problemas de informática es importante sintetizarlos en requerimientos técnicos con el fin de que posteriormente puedan ser solucionados con distintas alternativas tecnológicas. Los problemas de gerencia deben ser solucionados previo a la introducción de soluciones tecnológicas.

Definición de requerimientos y presentación de problemas para la licitación

La determinación de los requerimientos puede ser abordado bajo la modalidad de que en la organización previamente exista o no equipo computacional. Si la organización nunca ha poseído equipo computacional, los requerimientos se deben obtener a base de la información generada por los bosquejos del sistema requerido. Si la organización tiene experiencia en el manejo de equipos computacionales, los requerimientos se deben fundamentar de acuerdo a la información generada

el diagnóstico técnico realizado al sistema bajo análisis, además de las necesidades que a partir de este se detectaron.

El objetivo de esta información es la de definir una base de requerimientos técnicos que permitan las necesidades que deben satisfacer los proveedores que se presenten a la licitación. Esta información es útil cuando se hable de proyectos de inversión. Los resultados obtenidos de esta etapa permitirán determinar las características del equipo de cómputo que la organización requiere, incluyendo las características nuevas que surjan de los diseños lógicos y físicos, específicamente basados en aspectos técnicos. Finalmente en esta etapa se debe presentar de manera explícita el problema que debe resolver la organización para tener la idea clara de lo que se sigue.

Alternativas de diseño y proyecto

Los resultados de la etapa anterior en conjunto con un análisis previo de las bases técnicas de las diferentes tecnologías de redes de alta velocidad y con la determinación de las necesidades de la organización, se deben planear distintas alternativas de solución. La información en esta etapa estará resumida en un conjunto de parámetros y atributos, para elaborar la ficha técnica que permitirá determinar el diseño y especificaciones del equipo requerido. En esta etapa hay dos alternativas de dar a la práctica.

La primera alternativa dicta la relación con la preparación del diseño del equipo necesario por parte del personal encargado de efectuar el proyecto completo, sea éste propio de la empresa perteneciente a consultores externos contratados para tal efecto.

La segunda alternativa, es la que dicta la relación al efectuar un llamado a propuesta pública a las empresas proveedoras de sistemas computacionales (licitación), para que ellas sean las encargadas de efectuar los respectivos diseños, basándose en los requerimientos presentados por la organización, y entreguen sus propuestas al o los evaluadores del proyecto. El equipo evaluador del proyecto fijará los marcos de referencia dentro de los cuales se deban limitar los proveedores.

En esta etapa el estudio es de carácter dinámico e interactivo, es decir, se pueden realizar modificaciones de los procesos durante el desarrollo del proyecto. Por tal motivo, debe existir disposición por parte del evaluador de la organización, o de los proveedores, para hacer cambios oportunos en el proyecto. Una vez presentado un conjunto de alternativas técnicamente factibles, se puede realizar el prediseño respectivo. Este corresponde a la presentación de cada alternativa con énfasis en sus puntos técnicos y económicos más importantes.

Selección y proyección de alternativas

Las alternativas que sean técnicamente factibles de implantar deben ser rigurosamente evaluadas. Los análisis deben ser del tipo técnico-económico, es decir, deben de relacionar aspectos tales como capacidad de operación, crecimiento, velocidad, etc., con aspectos como los costos, tipo de financiamiento, entre otros.

Para tener conocimiento del comportamiento de cada alternativa estudiada, se pueden utilizar técnicas de simulación que permitirán obtener una proyección del comportamiento de las alternativas bajo análisis. Ésta información producirá diferencias entre las alternativas de equipos postulados. La propuesta de una configuración óptima de red es una alternativa tecnológica y no una alternativa de marca específica de equipos. Este criterio debe mantenerse en las especificaciones referidas en la licitación.

Para elegir la mejor opción entre el conjunto de alternativas técnicamente factibles, se puede recurrir al método de puntuación aditiva, el cual consiste en hacer matrices compuestas de parámetros y atributos con ponderaciones

En el caso en que la preselección anterior de alternativas diera como resultado dos o más opciones a evaluar por tener razones de costo-efectividad similares, se deberá entonces hacer entre estas una evaluación costo-beneficio. La selección final se hace sobre el proceso de licitación. Sin embargo, el análisis previo de generación y selección de alternativas que se proponen ayudarán a una mejor especificación de las bases técnicas para la licitación. La selección entre alternativas puede hacer en forma cualitativa en proyectos pequeños. Para proyectos a mayor escala se recomienda usar el método de puntuación aditiva.

Método de implantación

Por último, es indispensable llevar a cabo un plan apropiado para la implantación del sistema. Esto de acuerdo a la organización y el problema que se está buscando dar solución

5.1.1.2 Método de puntuación aditiva

El método de puntuación aditiva propone un método de selección jerárquico, en particular un método de puntuación (aditivo) en el cual se definen los atributos más importantes de cada configuración, y se les asigna puntuaciones y ponderaciones a cada atributo. Finalmente se estudia el puntaje de cada alternativa propuesta en base a la función 1, conocida como función de modo aditivo.

$$P_j = \sum W_i U_{ij} \quad (1)$$

donde: P_j es el puntaje de la alternativa j

W_i es el ponderador del atributo i

U_{ij} es la puntuación de la alternativa j respecto al atributo i

En el modelo aditivo se pueden representar las puntuaciones y ponderaciones en una matriz. Si algún atributo es irrelevante para el evaluador, se le asigna un valor de ponderación igual a cero. En esta matriz se le pueden agregar atributos tales como los resultados de las pruebas llevadas a cabo por empresas independientes (benchmarks) y pruebas de carga²⁷ cuando sean factibles hacerlas. Los atributos que se les pueda asignar puntajes en base a los mostrados en la tabla 5.1.

Puntaje	Calidad
< 50	Mala
50 – 70	Regular
70 – 80	Buena
80 – 90	Muy Buena
90 – 100	Excelente

Tabla 5.1 Ejemplo de rango de calificaciones a atributos

En la aplicación de este modelo es posible que pueda presentarse el problema de la estimación de las ponderaciones W_i . El proceso de asignación de puntajes y ponderaciones presupone claridad respecto a los requerimientos y objetivos del sistema a implantar, funciones administrativas y sistemas administrativos a ser apoyados por la configuración, ya que de lo anterior dependerán los ponderadores que se le asignen a cada atributo. Si se presentan las condiciones anteriores y los evaluadores disponen del tiempo necesario para acceder a la información relevante

²⁷ Para proyectos que por su complejidad lo requieran, se recomienda usar una matriz más compleja y realizar las pruebas de carga pertinentes. Estas pruebas de carga son simulaciones que permiten proyectar el funcionamiento del equipo en situaciones ficticias.

hacer los análisis correspondientes, debería obtenerse como resultado que el valor asignado a los ponderadores refleje las necesidades de la organización con respecto al sistema informático.

Al no darse las condiciones anteriores, queda abierta la posibilidad de que el evaluador manipule los ponderadores para seleccionar alguna alternativa preconcebida, lo que hace que la herramienta resulte inútil para los objetivos de aproximarse a la elección óptima de una configuración computacional. Una posible manera de salvar esta dificultad es la de seguir un proceso interactivo entre el evaluador y la persona encargada de revisar el proyecto hasta lograr acercarse a un valor adecuado para las ponderaciones de los atributos $\{W_i\}$.

2.2 ASPECTOS GENERALES DE LA TORRE DE INGENIERÍA

Objetivo

El Instituto de Ingeniería de la UNAM ha sido considerado como un centro donde se realiza y se da impulso a la investigación teórica. Sin embargo, en la actualidad el Instituto lleva a cabo actividades como el establecimiento de convenios de trabajo y asociación temporal con empresas privadas e instituciones de gobierno, esto con el fin de impulsar la investigación aplicada.

Las aplicaciones prácticas que se generan en el Instituto de Ingeniería contribuyen al desarrollo de la industria y tecnología de México, a partir del conocimiento y habilidad de los investigadores universitarios. El objetivo principal del proyecto de la Torre de Ingeniería es la de brindar un espacio adecuado donde se favorezcan las labores de investigación vinculadas a las empresas e instituciones interesadas en promover y aprovechar los avances de la ingeniería²⁸. La Torre de Ingeniería es también un esfuerzo de la UNAM para el fortalecimiento de sus actividades de colaboración con los sectores productivos, social y de servicios dirigidos al desarrollo tecnológico. En la Torre de Ingeniería se desarrollarán proyectos de investigación y de asistencia técnica patrocinados por organizaciones del sector productivo, social y de servicios, además de actividades de capacitación técnica de alto nivel.

Las actividades a desarrollarse en la Torre de Ingeniería son las siguientes:

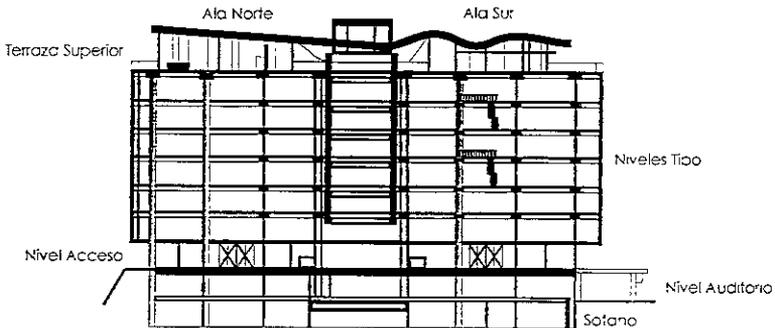
- Realizar proyectos de investigación y desarrollo tecnológico dirigidos a resolver problemas específicos de los sectores productivos, social y de servicios con aportación de soluciones innovadoras.
- Fomentar la formación de estudiantes universitarios con capacidad para identificar y participar en proyectos de investigación y desarrollo tecnológico que permitan resolver problemas específicos.
- Crear mecanismos de colaboración entre grupos académicos universitarios que permitan abordar problemas tecnológicos de gran alcance de interés para los sectores productivo y social del país, y de esta manera contribuir a la superación del personal académico de la UNAM mediante su participación en proyectos con académicos de otras disciplinas y con especialistas de la práctica.

²⁸ En este proyecto dirigido a impulsar la colaboración de la UNAM con el sector productivo, con el fin de propiciar la participación y colaboración de diversas entidades académicas de la UNAM en el tipo de proyectos a realizarse en la TI se creó la Unidad Administradora de la Torre de Ingeniería. A la fecha, en esta Unidad Administradora de la TI se encuentra el Instituto de Ingeniería participando en conjunto con el Centro de Instrumentos y las Facultades de Ingeniería y de Química de la UNAM. La misión de esta Unidad Administradora de la TI es reforzar las capacidades de la UNAM para participar en la solución de problemas de investigación y desarrollo tecnológicos de los sectores productivo y social nacionales.

- Fomentar la generación de conocimiento científico y tecnológico, a través de la colaboración de la UNAM con los sectores productivos, social y de servicios de la empresa privada y de gobierno.

Descripción General de los Espacios

La Torre de Ingeniería consta de nueve niveles sobre el piso: nivel de acceso y auditorio, seis niveles tipo, una bodega en el sótano y una azotea cubierta, mejor conocida como terraza superior, como se muestran en el plano 5.1. Para una mejor ubicación de los espacios, los seis niveles tipo y la terraza superior han sido divididos en dos áreas: ala norte y ala sur.



Plano 5.1 Descripción general de los espacios en la Torre de Ingeniería

En la Torre de Ingeniería el Instituto de Ingeniería dispondrá de dos pisos en los niveles tipo, para albergar a grupos de investigación vinculados con los sectores productivos, así como el nivel sótano y las áreas del basamento en donde se ubica el laboratorio del túnel de viento y las áreas de servicio.

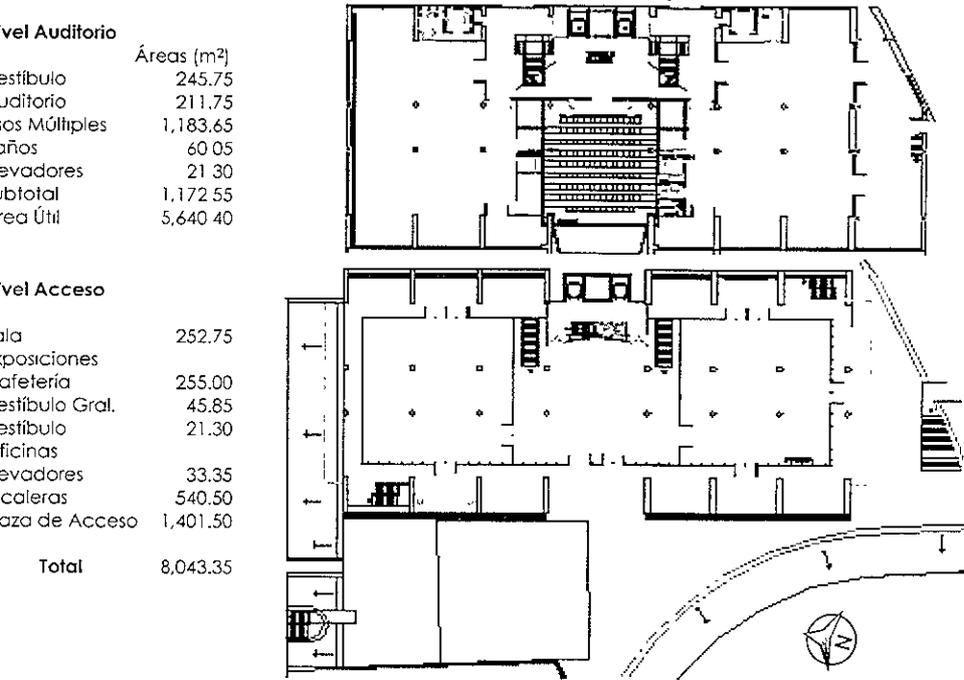
El nivel sótano cuenta con un estacionamiento con veintinueve cajones estándar, de 5m de largo cada uno, con un área total de 1000m² donde están también ubicadas bodegas.

La Torre de Ingeniería dispone de un auditorio (plano 5.2) con capacidad para 135 usuarios, sala de traducción, cabina de control, sala de espera para expositores y dos salas de uso múltiple que pueden ser divididas hasta en 16 espacios. Esto se encuentra ubicado a nivel de terreno (nivel auditorio). Además se cuenta con servicios sanitarios, un vestíbulo de distribución, y lugares para almacenamiento. Hacia la fachada poniente se ubica un área de 370m² para servicios y archivos, un espacio para alojar las instalaciones de Sismex²⁹ (Sistema de Información Sismotelemétrica de México) y el laboratorio de túnel de viento del Instituto de Ingeniería el cual quedó integrado a la Torre.

La Torre consta de seis niveles tipo (plano 5.3), un nivel de acceso (plano 5.2) y terraza superior (plano 5.4). En el nivel acceso se ubica un vestíbulo general de acceso, el área de cafetería y la zona de exposiciones temporales. En el primer nivel se ubica una plaza de distribución central y dos zonas laterales con cubículos de trabajo, salas de reunión y servicios sanitarios, además tiene zonas de apoyo para alojar y permitir el paso de instalaciones.

²⁹ Sismex, como parte del Instituto de Ingeniería, es un sistema que se encuentra operando desde hace más de 25 años en la obtención de registros de temblores locales, regionales y tectónicos. Esta base de datos ha servido para el estudio de un número importante de investigaciones de terremotos a lo largo de la zona de subducción, así como el reconocimiento de zonas sismogénicas dentro y fuera de la cuenca de México.

El segundo nivel tiene dos zonas laterales para cubículos de trabajo, servicios sanitarios y zonas de apoyo para instalaciones. En este piso el espacio central queda vacío con vista hacia el primer nivel. En el tercer nivel hay una zona central o atrio, que dispone de cuatro alturas; dos zonas laterales para alojar cubículos de trabajo, servicios sanitarios y zonas de apoyo para instalaciones.

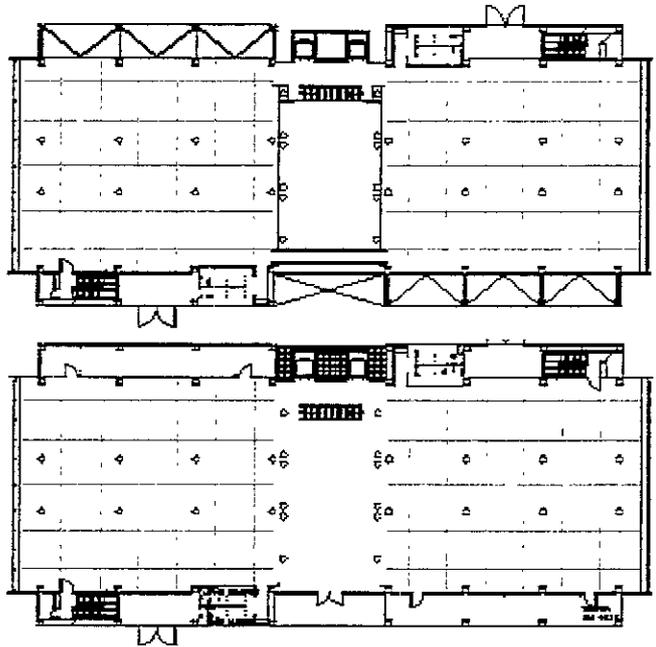


Plano 5 2 Niveles Auditorio y Acceso de la Torre

Los niveles cuarto, quinto y sexto (plano5.3) presentan un atrio central que da al atrio ubicado en el cuarto nivel, y dos zonas laterales para la instalación de cubículos u oficinas de trabajo. Se consideran también los sanitarios respectivos y zonas de apoyo para alojar instalaciones.

Niveles Tipo

	Áreas (m ²)
Servicios	632.40
Circulaciones	405.90
Terrazas	819.00
Atrios	378.50
Elevadores	38.60
Patios	1,172.55
Interiores	
Área Útil	5,640.40
Total	8,043.35

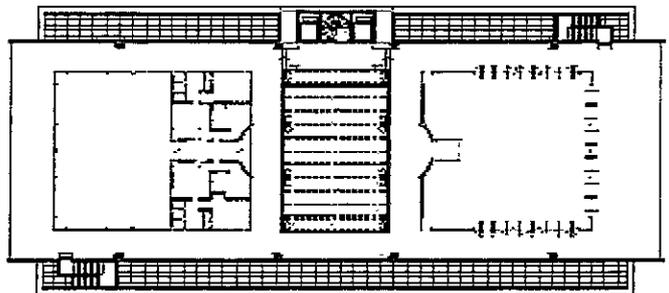


Plano 5.3 Niveles tipo de la Torre II

La terraza superior (plano 5.4) está techada por una cubierta ligera, ondulada y dinámica. Aquí se ubican una sala de profesores, un vestíbulo, gimnasio y un área de servicios (cocina, bar). La terraza es perimetral.

Terraza Superior

	Áreas (m ²)
Servicios	43.80
Vestíbulo	19.30
Gimnasio	166.30
Vestidores	88.70
Cafetería	176.20
Terraza Perimetral	1,172.55
Total	989.40



Plano 5.4 Terraza Superior de la Torre II

La Torre de Ingeniería se localiza en Ciudad Universitaria (figura 5.1), 205m al oriente de la alberca olímpica universitaria, en el centro del corredor que une a los edificios de la Facultad y e

Instituto de Ingeniería. Este predio era antes ocupado por los talleres y bodegas del Instituto de Ingeniería. El área que abarca es de 1377m² aproximadamente (54m en dirección norte-sur y 25.5m en dirección este-oeste)

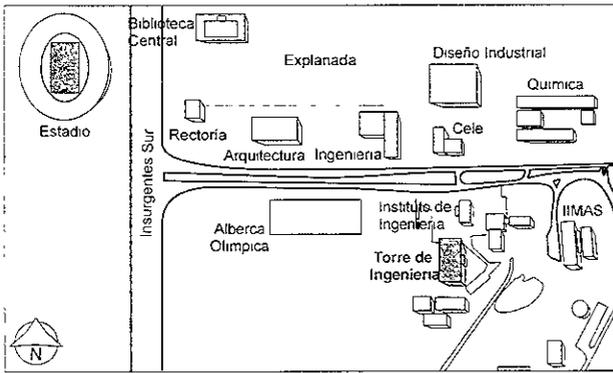


Figura 5.1 Diagrama de ubicación de la Torre II

La base del proyecto de la Torre de Ingeniería está bajo los conceptos de un edificio inteligente, donde las características importantes son la funcionalidad y el confort para el desarrollo de las actividades de investigación. Sin embargo, la Torre de Ingeniería como un espacio para el desarrollo de la investigación también tiene como característica importante la de ofrecer los servicios de comunicación y procesamiento de información que hoy en día se demandan en grupos de trabajo dentro de la Universidad y en todo el mundo. Por tal motivo, se requiere de una red de cómputo que además de que permita compartir recursos tanto de software como de hardware y realizar tareas en un esquema distribuido de procesos para la solución de problemas, sea también el medio de enlace de los usuarios de la Torre con las demás dependencias de la UNAM (facultades, institutos, centros de difusión, coordinaciones, etc.), instituciones y universidades del país, y alrededor del mundo a través del enlace con la red mundial Internet.

Para que la red de cómputo de la Torre cumpla con los servicios que de esta se demanden, debe contar con la infraestructura necesaria y la tecnología de punta para enfrentarse a las exigencias actuales y futuras de comunicación, así como las aplicaciones de nuevo desarrollo.

3 ANÁLISIS DEL PROYECTO RED TI

3.1 Objetivo

El objetivo de este proyecto es la planeación de la red de cómputo de la Torre de Ingeniería, así como la plataforma de administración y monitoreo de esta, introduciendo tecnología de punta que sea capaz de soportar las exigencias actuales y futuras de todos los servicios que de ella se demanden, además de ser lo suficientemente flexible para permitir el mantenimiento y actualizaciones cuando estos sean necesarios, y que mantenga esquemas de seguridad a nivel de red.

5.3.2 Requerimientos de la Red TI

Para cumplir el objetivo de instalar la Red TI con altas especificaciones garantizando un buen funcionamiento y un alto nivel en su instalación, es indispensable que cumpla con las siguientes características en la parte de cableado estructurado y de equipo:

- Seguimiento y cumplimiento de las especificaciones de normas y estándares internacionales²⁹.
- Apego a las normas del Instituto de Ingeniería de la UNAM, DGSCA-DTD y Red UNAM.
- Contar con la infraestructura necesaria y la tecnología de punta para enfrentarse a las exigencias actuales y futuras de comunicación, así como las aplicaciones de nuevo desarrollo.
- Basados en criterios lógicos, tener la posibilidad de agrupación del flujo de tráfico, independientemente de la ubicación geográfica.
- Proporcionar mayores expectativas de administración y de nivel de servicio en las aplicaciones que se demanden en la Torre.
- Ofrecer expectativas en esquemas de seguridad a nivel de red.
- Contar con el ancho de banda que ofrecen las tecnologías de punta para satisfacer las necesidades de los usuarios de la Torre.
- Simplificar el mantenimiento, administración y operación.
- Soporte a la pila de protocolos de transporte y comunicación TCP/IP.
- Conexión con la red mundial "Internet".
- La Red TI debe ser el medio de enlace entre los usuarios de la Torre y las demás dependencias de la UNAM (facultades, institutos, centros de difusión, coordinaciones, etc.), instituciones y universidades del país y de todo el mundo.
- Ubicar a la Red TI como una de las redes de cómputo ejemplar dentro de la UNAM. Con un futuro que garantice el desempeño del total de las aplicaciones y servicios que de ella se demanden.

El esquema de administración y monitoreo de los diferentes dispositivos o equipos conectados a la Red TI ayudará a prevenir, detectar y corregir fallas que se presenten, además de tener estadísticas de como serán utilizados los recursos de la red. Introduciendo tecnología de punta en la Red TI permitirá cumplir cada una de las características antes mencionadas y se logrará implantar una red de cómputo que cumpla con las características de operación de un edificio "inteligente".

La función básica de una red de cómputo es la de satisfacer las necesidades y expectativas de comunicación de los usuarios, y por tanto, es necesario considerar el número necesario de servicios de datos que se requieren para las áreas de trabajo de cada nivel de la Torre.

La asignación de los espacios como áreas de trabajo y el número de servicios de datos que se requieren por cada una, fueron definidos por el Instituto de Ingeniería y la Dirección de Telecomunicaciones (DTD) de la DGSCA, los cuales se muestran en la tabla 5.2. Los números de servicios de red por área en la Torre fueron determinados tomando como referencia la población y el número de servicios de datos que se registran en las áreas de cubículos en los edificios del Instituto de Ingeniería, sin considerar áreas de laboratorios³⁰. También se considera la instalación de servicios de red en la zona de butacas y estribo del Auditorio de la Torre, así como del nivel de Talleres.

²⁹ Los estándares y normas internacionales a los que se debe apegar la implantación de la Red TI son los abarcados en el capítulo II de este proyecto (estándares ANSI/TIA/EIA 568-A, ANSI/TIA/EIA 569-A, ANSI/TIA/EIA-606 y ANSI/TIA/EIA-607).

³⁰ El edificio número 5 del Instituto de Ingeniería fue uno de las mejores opciones para ser considerado como punto de referencia.

Torre de Ingeniería			
Localización	ALA SUR	ALA NORTE	Total servicios por planta
	Servicios de datos	Servicios de datos	
P. nivel azotea	25	16	41
Planta tipo nivel 6	40	40	80
Planta tipo nivel 5	43	43	86
Planta tipo nivel 4	40	40	80
Planta tipo nivel 3	43	43	86
Planta tipo nivel 2	45	45	90
Planta tipo nivel 1	53	48	101
Planta nivel acceso	Servicios de datos		74
	74		
Planta nivel talleres	21		21
Planta nivel auditorio	Butacas: 135, Estribo: 6 y Salas	56	197
Total de servicios de datos			856

Fuente: Datos proporcionados por el Instituto de Ingeniería y la DTD-DGSCA.

Tabla 5.2 Número de servicios de datos y su distribución en la Torre II

2.1 Aplicaciones y Servicios de Red

El sistema de cableado estructurado de la Red TI que es más propenso a la congestión o a crearse un cuello de botella es el "backbone", el cual es objeto de análisis más adelante en este capítulo. Como resultado, el backbone (o cableado vertical) es la primera parte donde se implementará a la Red TI como una red de alta velocidad, además de ofrecer otras características como la calidad de servicios y/o manejo de prioridades si es necesario, para poder soportar aplicaciones tanto de consumo intensivo de ancho de banda como las orientadas a clases de servicios. Algunos ejemplos de las aplicaciones que debe soportar la Red TI se muestran en la tabla siguiente, así como las necesidades que implican en la red.

	En tiempo real	En tiempo no real
Multimedia	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Videoconferencia ➤ Visualización ➤ Educación a distancia ➤ Aplicaciones compartidas de escritorio 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Documentos con manejo de voz (p. Ej correo de voz) ➤ Reproducción de video ➤ Manejo de imágenes ➤ Acceso a páginas Web (texto, imágenes y audio) ➤ Aplicaciones científicas
No Multimedia	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Servicios de información de tiempo crítico (p. ej monitoreo de la Red TI en tiempo real) ➤ Manejo de voz sobre IP ➤ Super computo 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Correo electrónico ➤ Gestión de Bases de Datos convencionales ➤ Transferencia de datos ➤ Sesiones remotas ➤ Herramientas con interfases gráficas ➤ Aplicaciones científicas (investigación)

Tabla 5.3a Servicios, aplicaciones y necesidades en la Red TI

Aplicación	Tipos de datos/tamaño	Implicación de tráfico	Necesidad en la Red TI
Proyectos de investigación en Ingeniería y desarrollo tecnológico	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Archivo de datos ➢ Cientos de megabits a gigabits. 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Archivos grandes aumentan el ancho de banda requerido 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Anchos de banda grandes para escritorio, servidores y backbone
Internet / Intranet	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Archivo de datos ➢ Audio ➢ Tasa de transacción alta ➢ Archivos grandes a 100Mb 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Archivos grandes aumentan el ancho de banda requerido ➢ Grandes volúmenes de flujo de datos 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Anchos de banda grandes para servidores y backbone ➢ Latencia baja
Almacenamiento de datos, respaldo en red	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Archivo de datos ➢ Gigabits y Terabits 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Archivos grandes aumentan el ancho de banda requerido ➢ Transmitidos durante periodos de tiempo fijo 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Anchos de banda grandes para servidores y backbone ➢ Latencia baja
Videoconferencia de escritorio	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Flujo constante de datos ➢ 1.5 a 3.5 Mbps en el escritorio 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Reservación clase de servicio ➢ Grandes volúmenes de flujo de datos 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Anchos de banda grandes para servidores y backbone ➢ Latencia baja ➢ Latencia predecible

Tabla 5.3b Servicios, aplicaciones y necesidades en la Red TI

5.3.2.2 Conectividad

Los equipos de interconexión que conformen la arquitectura de la Red TI deberán permitir la escalabilidad de manera organizada por medio de productos apilables o modulares que faciliten el crecimiento de números de servicios a manera que aumente el número de usuarios de la Torre.

Otro punto importante en el aspecto de la conectividad es que de acuerdo al tipo de tecnologías utilizadas en Red TI estas deberán cumplir los requisitos de distancias de cableado para que la red pueda ser accesible desde cualquier punto de la Torre, el tipo de medio de transmisión adecuado así como las instalaciones para éste en cada subsistema del cableado estructurado deben cubrir los requerimientos actuales y futuros relativos a la velocidad de transmisión de datos, la topologías a ser implantadas, cumplir con las normas y estándares internacionales de cableado estructurado y las medidas de seguridad físicas requeridas como: conductos especiales de cableado, closets de telecomunicaciones de acceso restringido, inmunidad a interferencias electromagnética etc.

Es importante también que la infraestructura de la Red TI permita el uso de redes LAN virtuales (VLANs), las cuales permiten organizar de manera lógica a los usuarios sin que haya limitaciones por la localización física de estos. Asimismo, una organización lógica permitirá llevar un eficiente control de tráfico de red al poder realizar un control multicast, limitar los congestionamientos ocasionados por señales de broadcast, además de mantener una mayor seguridad de transmisión y un esquema más sencillo para llevar a cabo las tareas de administración de grupos de trabajo (workgroups).

5.3.2.3 Interoperabilidad

Los elementos de hardware y de software de red a ser utilizados deberán cumplir con los estándares abiertos para garantizar la interoperabilidad entre diferentes plataformas a ser utilizadas en la Torre de Ingeniería y con la Red UNAM.

3.2.4 Capacidad de desempeño

Existen además del ancho de banda otros aspectos a considerar en el diseño de la Red TI para que opere a alta velocidad, uno de estos es la capacidad de procesamiento y de conexión con que cuentan los equipos terminales de datos (DTE) y principalmente aquellos cuya función sea la de operar como servidores.

El avance en el poder de procesamiento de equipos conectados a la red y la creación de aplicaciones que cada vez requieren de un mayor consumo de ancho de banda pueden llegar a ocasionar tráfico excesivo en la red. La arquitectura de la Red TI deberá ser lo suficientemente flexible para que permita ser configurada para llevar a cabo modificaciones y alcanzar un nivel de desempeño óptimo cuando sea requerido.

3.2.5 Administración

La plataforma de administración de la Red TI deberá ser capaz de proporcionar estadísticas de tráfico en la red, presentación gráfica de la red en forma completa con acercamiento a nivel de tarjetas (NIC), puertos y circuitos virtuales. Bajo esta plataforma de administración debe ser posible la asignación de puertos de usuario, anchos de banda y calidad de servicio QoS en forma dinámica y flexible, además de proporcionar datos sobre el rendimiento de la red y generar los reportes correspondientes.

El monitoreo y análisis de tráfico, la modificación de las configuraciones de los equipos en forma remota y la generación de diagnósticos sobre el rendimiento y funcionamiento de cada uno de los dispositivos de la red son otras de las características importantes con las que debe de contar la plataforma de administración de la Red TI³¹. Esta plataforma de administración deberá estar basada en los estándares de administración SNMP (Simple Network Manager Protocol) MIB-2, Ethernet MIB, Bridge MIB, Route MIB, Virtual LAN MIB, RMON y RMON II. La plataforma de administración de la Red TI ayudará al diagnóstico de fallas y control de recursos, y básicamente a mantener un alto nivel de seguridad.

La plataforma de administración de las aplicaciones de escritorio requiere de estaciones de trabajo o computadoras que funcionen como servidores que centralicen en cada área de trabajo de la Torre ciertas aplicaciones y servicios de escritorio (tabla 5.3) y la administración de recursos de hardware. Estos equipos también ofrecerán los servicios de seguridad en las aplicaciones de escritorio como lo son, autenticación de usuarios, confidencialidad, integridad de los datos y la administración de llaves para la autenticación de los usuarios y evitar accesos no autorizados. Estos servicios de seguridad se describen en el siguiente requerimiento para la Red TI.

3.2.6 Seguridad

La seguridad es una característica importante, o la más importante, en redes de área local privadas. Los principales esquemas de seguridad en la Red TI deben estar contemplados a nivel de los usuarios, dispositivos de red, de los medios de transmisión internos y de enlaces hacia el exterior. Para el caso de un esquema de seguridad a nivel de los usuarios y de los equipos terminales de datos, este puede estar basado en los siguientes servicios:

- **Servicios de autenticación:** estos servicios identifican a los usuarios cuando estos requieren acceder a los recursos y servicios de la red. Los usuarios deben proporcionar una prueba de autenticidad

³¹ Es importante tomar en cuenta que los sistemas de administración pueden añadir un exceso de tráfico a la red, dependiendo de las funciones de administración que se encuentren activas

- Servicios de confidencialidad: estos servicios ocultan los datos al acceso no autorizado y aseguran al emisor y receptor que la información no sea vista por usuarios no autorizados.
- Servicios de integridad: estos servicios son importantes para la transacción de información de alta confidencialidad ya que proporcionan la garantía de que los datos enviados y recibidos son auténticos y que no han sido modificados.
- Filtrado de paquetes: este servicio evita el acceso no autorizado tanto a información como dispositivos de red críticos.
- Administración de llaves: este servicio incluye la distribución y mantenimiento de llaves seguras utilizadas para la encriptación y autenticación, la creación y mantenimiento del acceso, y sistemas de protección de claves de acceso (passwords), además de la integración de éstos con la plataforma de administración completa de la red.

NOTA: En este proyecto solo son de análisis las características referentes a la seguridad que ofrecen los dispositivos de interconexión de red, es decir, seguridad a nivel de red, por lo que esta fuera del alcance de este trabajo la implantación del esquema completo de seguridad descrito en los servicios anteriores.

El esquema de seguridad de los medios de transmisión internos de la Red TI debe estar basado en la protección mecánica de medios guiados (como el cable de cobre y la fibra óptica) para evitar la interceptación de las señales. La fibra óptica es un caso especial ya que por sus características de operación no permite llevar a cabo derivaciones. La protección mecánica se debe implantar principalmente para medios guiados de cobre con el fin de evitar la posible instalación de dispositivos que permitan el desvío de señales que viajan en el medio de cobre, como los vampiros con transceivers. Para el caso de medios no guiados (señales de radio, rayos láser a través del aire y la transmisión celular) las medidas de seguridad pueden estar habilitadas por medio de identificadores de red (Network IDs) para permitir únicamente accesos autorizados, encriptación de llaves (passwords) y listas de control de acceso (ACL: Access Control List) donde se especifiquen las direcciones MAC de los dispositivos que tienen acceso a la red inalámbrica. Hoy en día la transmisión celular presenta serias deficiencias en esquemas de seguridad ya que es fácil de interceptar, pero se espera que con los avances en la compresión de datos, seguridad y algoritmos de verificación de errores se permita que las redes celulares sean una opción redituable en algunas situaciones. Para el caso de la Red TI se debe considerar como opción la transmisión inalámbrica basada en ondas de radio.

El esquema de seguridad de la Red TI de acceso hacia y desde el exterior debe estar basado en un grupo de sistemas que pueda imponer una política de seguridad, es decir, mediante un muro de fuego o "Firewall" por medio del cual pasará todo el tráfico de información de los enlaces externos y podrá ser inspeccionada para autorizar su paso a la Red TI. Las LAN virtuales pueden ser una herramienta útil para incrementar la seguridad al permitir que los administradores de la red utilicen LAN virtuales para definir restricciones de acceso entre grupos de dispositivos, proporcionando así mas barreras de seguridad.

5.3.2.7 Tolerancia a fallos

Para lograr que una infraestructura de red de cómputo tenga grado de disponibilidad y confiabilidad, es necesario que existan medidas tolerantes a fallos en la red. No se puede permitir que la falla de un solo componente afecte a toda la Red TI, por lo que es indispensable tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Enlaces múltiples. Los enlaces múltiples aseguran que todos los dispositivos principales de red estarán interconectados por lo menos a dos rutas, además de proveer un incremento en la capacidad de transmisión de la red excediendo la capacidad requerida (balanceo de cargas). Estos enlaces pueden ser usados como parte de la operación normal de la red y en el momento de que ocurra una falla en un enlace, el otro estará como respaldo.

- Dispositivos de red. Los equipos de interconexión que conformen la arquitectura de la Red TI deberán incluir componentes que ofrezcan características de tolerancia a fallos como módulos redundantes y módulos de intercambio rápido (hot swap) en tiempo de operación de la red
- Fuentes de poder ininterrumpible. Estas fuentes (UPS: Uninterruptible Power Supplies) son capaces de soportar las operaciones de red durante unos minutos u horas cuando se suspende el suministro de energía eléctrica.

2.8 Flexibilidad topológica

Red TI debe permitir los cambios que demande la Torre de Ingeniería sin la necesidad de un diseño total o cambios abruptos en el diseño de ésta. Una simple actualización no deberá requerir cambios significativos y podrá garantizar la protección de la inversión lo más posible.

Una característica importante que brinda la flexibilidad topológica es que establece los principales puntos para que las tecnologías de las próximas generaciones puedan ser integradas en la base de la Red TI.

2.9 Documentación

Importante que la arquitectura de la Red TI esté documentada en su totalidad para tener una base de información útil para la administración mantenimiento y actualizaciones de la misma. Esta documentación puede estar constituida por manuales de instalación, operación y mantenimiento de equipos de red, reportes de revisiones técnicas del hardware y su software asociado, los proyectos de migración y actualización, las instalaciones de nuevas versiones de software, la integración con otras tecnologías de red, y la limpieza periódica de los equipos. Esta información permitirá diagnosticar problemas potenciales que se lleguen a presentar.

EVALUACIÓN Y DISEÑO DE LA ARQUITECTURA DE LA RED TI

El diseño de la arquitectura de la Red TI se puede entender como la planeación donde se establecen estrategias y anteproyectos para definir mejor los elementos de la red y la relación que estos tendrán entre sí. Para llevar a cabo el estudio y análisis de una solución óptima para la Red TI es importante considerar el desarrollo de una arquitectura de red que permita la implantación de tecnologías de red apropiadas, esquemas de interconexión compatible con la pila de protocolos TCP/IP (para definirla como un sistema abierto), y sistemas de administración y monitoreo.

Este tipo de proyectos tiene un esquema complejo de configuración, por tal motivo este debe ser analizado y evaluado por etapas. No todos los requerimientos de la Red TI antes establecidos tienen la misma prioridad. Un diseño por etapas puede ofrecer un esquema ordenado y controlado. Este proyecto de diseño, además de servir como guía para la UNAM y el Instituto de Ingeniería de manera que puedan asegurar la protección de la inversión.

Antes de determinar las etapas en las que se estudiará y analizará el diseño de la Red TI, es importante definir una arquitectura modular en base al modelo de referencia OSI que nos permita definir las funciones de la red y que delimite el alcance de este proyecto

5.4.1 Arquitectura Modular de la Red TI basada en el Modelo de Referencia OSI

El modelo de referencia OSI (arquitectura por niveles) es la base para definir la arquitectura modular de la Red TI³². Este modelo consta de siete niveles, los cuales a su vez se pueden dividir en dos grupos (figura 5.2): los protocolos de servicio de red y los protocolos de alto nivel. Los protocolos de servicio de red están formados por las tres capas inferiores, las cuales se encargan de todas las funciones de comunicación y transmisión propias de la red. Los protocolos de alto nivel están formados por las cuatro capas superiores, las cuales ofrecen los servicios propios de los usuarios finales.

Este trabajo de análisis y diseño está enfocado principalmente al estudio de los protocolos de servicio de red y en menor grado a los protocolos de alto nivel. Una buena planeación de las tres capas inferiores del modelo OSI trasladadas a la arquitectura de la Red TI, pueden sobreponer cualquier conjunto de protocolos de nivel superior que se adapten a las necesidades de los usuarios de la Torre de Ingeniería.

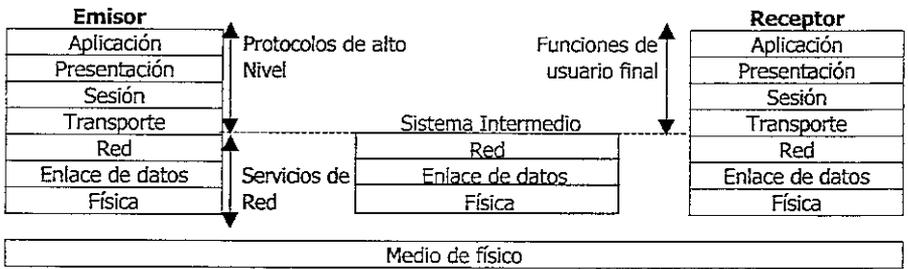


Figura 5.2 Modelo de referencia OSI

Tomando como referencia el párrafo anterior, es necesario llevar a cabo un diseño basado en las funciones que realizan cada una de las partes que integran la arquitectura de Red TI, es decir, dividir el análisis de la Red TI en dos secciones, las cuales tendrán una función bien definida. Las dos secciones en que podemos dividir a la arquitectura de la Red TI son:

- Sistema de cableado estructurado para telecomunicaciones de la Torre de Ingeniería.
- Tecnología de red de alta velocidad.

Esta arquitectura deberá proporcionar la flexibilidad requerida en la Red TI para soportar actualizaciones sin la necesidad de un rediseño total de la red.

5.4.2 Etapas de análisis y evaluación de la Red TI

Cada uno de los componentes de la arquitectura modular de la Red TI se puede dividir en etapas para su análisis. Esta definición de etapas puede ofrecer un esquema organizado para cada una de las partes críticas que conforman los subsistemas de la red. Estas etapas tienen distintas soluciones que pueden ofrecer beneficios específicos para cubrir un conjunto particular de necesidades y especificaciones de la Red TI.

³² El modelo de referencia OSI es un esquema bien estructurado que delimita las funciones que debe de tener una red de comunicaciones, ya que abarca desde las aplicaciones de los usuarios finales hasta los métodos de comunicación entre los diferentes dispositivos electrónicos. Por tales motivos se toma al modelo de referencia OSI como base de la Red TI.

5.2.1 Sistema de cableado estructurado para telecomunicaciones de la Torre de Ingeniería

La Torre I, como un edificio inteligente, no se debe permitir que cada uno de sus sistemas sea aislado, es decir, evitar que cada sistema tenga su propio tipo de cable y método por el cual es distribuido (charola para cable, conduit, escalerilla y demás). En la Torre I se deben integrar los sistemas de telecomunicaciones (voz, datos y video) y de administración del edificio en una plataforma común de distribución y cableado.

En esta etapa se hará un análisis y evaluación de cada uno de los componentes que integran el sistema de cableado estructurado para telecomunicaciones de la Torre I, el cual debe cumplir las especificaciones del estándar EIA/TIA 568-A.

5.2.1.1 Análisis y Evaluación del sistema de cableado estructurado

El sistema de cableado estructurado para telecomunicaciones de la Torre I es la columna vertebral de la Red TI. Este sistema establece los principales puntos para que las tecnologías de red de las próximas generaciones puedan ser integradas sobre la base de la Red TI.

El sistema de cableado estructurado de la Torre I se puede definir como la integración de tres subsistemas y que pueden formar una etapa específica de análisis. Estos subsistemas, que a su vez se denominarán como etapas, son:

- a) Campus (enlace principal y redundante)
- b) Cableado vertical (Backbone)
- c) Cableado horizontal

Etapa 1: Campus (enlace principal y redundante)

Objetivo de la etapa

En esta etapa se pretende definir las características principales con las que debe contar el cableado que servirá de enlace entre la Red TI y la Red UNAM (ver anexo B). Este cableado es conocido como backbone entre edificios, y deberá ser confiable en su operación, tener sistemas de seguridad para su integración física, y soporte hacia las nuevas tecnologías sin la necesidad de realizar cambios significativos en su esquema.

Desarrollo

La Torre I como parte de las instalaciones de la UNAM necesita que la Red TI esté integrada a la Red UNAM. Las conexiones hacia Red UNAM de las redes locales de las dependencias universitarias que se encuentran en el Campus Universitario deben hacerse por medio de fibra óptica, esto establecido por la DGSCA-DTD.

La conexión o punto de enlace de la Red TI con la Red UNAM se puede considerar a través de la red del Instituto de Ingeniería. Sin embargo, esta opción no podría corresponder a las demandas de los servicios de red en la Torre ya que éstos superan en un 30% al total de servicios en el Instituto de Ingeniería (alrededor de 600). Por tal motivo, se requiere de otro punto de enlace donde exista un equipo de conexión de red que pueda soportar la carga de los servicios de red en la Torre (Tabla 5.2); estos puntos de enlace pueden ser aquellos que son nodos en la parte medular (backbone) de la Red UNAM y los geográficamente más cercanos a la Torre I, planteando un esquema con un enlace principal y un enlace redundante que asegure que por lo menos exista una ruta opcional como tolerancia a fallos y balanceo de cargas (estos enlaces pueden ser usados como parte de la operación normal de la red y en el momento de que ocurra una falla en un enlace, el otro estará como respaldo).

Los puntos de enlace más cercanos geográficamente a la Torre I y que forman parte de backbone de la red universitaria de datos son: el edificio del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas (IIMAS) y el edificio de la Facultad de Arquitectura. Se considera como enlace principal el que proviene del edificio del IIMAS, y para tener un esquema confiable, se establece como enlace redundante el que proviene de la Facultad de Arquitectura. A este sistema de cableado entre la Torre I y los edificios del IIMAS y la Facultad de Arquitectura se define entonces como el “Campus” en el sistema de cableado estructurado de la Torre I.

Sistema de Cableado

Para hacer un análisis del tipo de medio de transmisión a utilizar para construir el sistema de cableado del Campus es importante conocer las distancias en metros entre la Torre I con el edificio del IIMAS y la Facultad de Arquitectura (tabla 5.4) y considerar a estos datos como puntos críticos en el modo de operación de los diferentes medios de transmisión.

Procedencia \ Destino	Torre de Ingeniería
IIMAS	547 m
Facultad de Arquitectura	1260 m

Tabla 5.4 Longitud del cable entre edificios

El estándar EIA/TIA 568-A establece como tipos de medios para construir el cableado de Backbone al cable par trenzado sin blindar (UTP) de 100 Ohms, cable par trenzado blindado (STP) de 150 Ohms, fibra óptica 62.5/125 μm y el cable coaxial grueso de 50 Ohms³³. Para el caso de redes inalámbricas el estándar Wi-Fi³⁴ especifica el uso de señales de radio.

Comparación de los medios de comunicación

Los tipos de medio de transmisión tienen diferentes características de operación para distintas áreas dentro del diseño de una red. Por tal motivo, a continuación se comparan y evalúan en la tabla 5.5 las posibles soluciones de medio de transmisión para el Campus.

³³ El estándar EIA/TIA 568-A establece al cable coaxial grueso como una opción para construir los sistemas de cableado de Backbone, sin embargo, este no es recomendado para instalaciones nuevas. En la próxima revisión de este estándar, es posible que sea eliminado el cable coaxial como tipo de medio reconocido.

³⁴ El estándar Wi-Fi es una certificación para redes inalámbricas respaldado por la Alianza de Compatibilidad de Redes Inalámbricas Ethernet (WECA: Wireless Ethernet Compatibility Alliance) y el estándar IEEE 802.11.

	Cable UTP	Fibra Óptica	Inalámbrico
Topología soportada	Anillo, estrella y bus	Anillo, estrella y árbol	-
Máxima distancia permitida *	800m	2000m	550m entre edificios 100m intra edificios
Tipo de señal	Canal único, unidireccional, dependiendo del tipo de modulación puede ser analógico o digital; half o full dúplex	Canal único, unidireccional, half dúplex, señal codificada en luz por fibra, múltiples fibras por cable, full dúplex cuando se usan dos fibras	Señales de radio en un rango de frecuencia de 2.4Ghz, utilizando la tecnología de espectro disperso
Máximo Ancho de Banda**	155Mbps 1000Mbps (Para cable UTP cat. 5 y 100m de distancia máxima)	Mas de 155Mbps	11Mbps
susceptibilidad a interferencias	alta	ninguna	baja
Confiabilidad	media	alta	media
Seguridad	baja	alta	baja
Soporte a nuevas tecnologías	alta	alta	baja
Flexibilidad	Muy flexible	No Flexible	Muy flexible
Tiempo de vida (años)	3 - 5	10 - 15	-

La máxima distancia puede variar de acuerdo con las especificaciones de instalación de redes. Las mejoras o actualizaciones de la tecnologías de red permite que la distancia máxima también incremente.

De acuerdo a los avances de las tecnologías de red, se produce también incremento en la velocidad de transferencia de datos a los considerados en esta tabla

Tabla 5.5 Comparación de los tipos de medios para el Campus

Al aplicar el método de puntuación aditiva, se consideran como atributos las siguientes características de operación de los medios de transmisión propuestos en la tabla anterior: el ancho de banda que soportan, la distancia máxima que soportan para el envío de señales con un nivel mínimo de atenuación, el soporte a nuevas tecnologías de red, la seguridad y la susceptibilidad a interferencias. La justificación de la elección de las características de operación de los medios a evaluar y la asignación de los ponderadores a cada una, se establecen mediante los siguientes criterios:

Ponderación Atributo

- 0.25 **Ancho de Banda-** El medio de transmisión del Campus debe soportar la velocidad de enlace de 100Mbps que ofrece hoy en día Red UNAM, así como el incremento de la velocidad de transmisión que se presente en el futuro. El soporte del ancho de banda debe corresponder a longitudes de los enlaces principal y redundante de 547 m y 1260 m respectivamente, es decir, que el soporte de las velocidades de transmisión no dependa de un máximo de distancia en el caso de los medios guiados (fibra óptica y cobre).
- 0.25 **Susceptibilidad a interferencias-** El Campus es la parte mas susceptible a interferencias electromagnéticas, descargas eléctricas y vibraciones mecánicas por ser el sistema de enlace de red de la Torre de Ingeniería hacia los edificios del IIMAS y la Facultad de Arquitectura. Dichas interferencias al ser generadas en el ambiente estarán fuera del control del personal que administre y de soporte a la red.

- 0.2 **Distancia máxima**- Las características de operación del medio de transmisión del Campus no debe rebasar el máximo nivel de atenuación de 3 dB/Km en el envío de las señales, considerando la distancia máxima de 1260m hacia el edificio de la Facultad de Arquitectura. En el Campus no se deben considerar la instalación de repetidores o regeneradores intermedios de señales.
- 0.2 **Soporte a tecnologías**- El medio de transmisión del Campus debe soportar la tecnología Fast Ethernet que en este momento ofrece Red UNAM en sus enlaces. Es importante que el tipo de medio del Campus soporte las actualizaciones o migraciones del backbone de datos de Red UNAM dirigidas a Gigabit Ethernet.
- 0.1 **Seguridad**- Referente a seguridad física, el medio de transmisión guiado del Campus puede ser dañado por vibraciones mecánicas y otros efectos en el ambiente, lo que ocasionaría problemas de conexión hacia Red UNAM. El medio de transmisión debe proveer confiabilidad de operación, complementado con protecciones mecánicas y elementos de refuerzo. Referente a seguridad lógica, se debe seleccionar un medio de transmisión que no permita derivaciones para la interceptación de señales.

	Cable par trenzado sin blindar (UTP)	Fibra Óptica	Inalámbrico	Ponderación
Ancho de Banda	3	5	2	0.25
Susceptibilidad a interferencias	2	5	2	0.25
Máx. distancia	2	5	2	0.2
Soporte a tecnologías	2	5	2	0.2
Seguridad	2	5	3	0.1
Calificación	2.25	5.0	2.10	

Tabla 5.6 Tabla de calificaciones de los tipos de medio para el Campus de la Red TI

Criterio	Calificación	Explicación del criterio
Excelente	5	Casos en que el funcionamiento supera en gran medida las expectativas deseadas
Bueno	4	Satisface los criterios estándar e incluye algunas características especiales
Suficiente	3	Su función o características son las esperadas
Pobre	2	Escaso cumplimiento en las funciones o características esenciales
Inaceptable	1	Es seriamente deficiente

Tabla 5.7 Criterios de calificación que se consideran para el proyecto Red TI

En la tabla 5.6 el medio fibra óptica es el que mas alta calificación obtuvo en base a la evaluación de las características más importantes a considerar en un medio de transmisión a ser implantado en el Campus. La fibra óptica al utilizar el envío de señales codificadas por luz en lugar de diferencia de señales eléctricas la hace totalmente inmune a las interferencias electromagnéticas, no es afectada por sustancias corrosivas en el ambiente, además de ser altamente seguro al resistir accesos no autorizados debido a que no se puede interceptar o interferir la señal. La fibra óptica no permite llevar a cabo derivaciones ya que cualquier ruptura en la fibra óptica ocasionaría fallas para transmitir la señal luminosa.

La fibra óptica permite extender a grandes distancias el contexto de redes de área local sin la necesidad de uso de repetidores (solamente se usan repetidores cada 30 Km aproximadamente). Por otro lado, permite tener alta integridad en los datos ya que tiene una tasa baja de error en la transferencia de datos. El ancho de banda que la fibra soporta es virtualmente ilimitado y puede soportar la transmisión de todo tipo de datos. Las desventajas de la fibra es el costo alto de los empalmes en las interconexiones y los generadores de señales ópticas. La fibra óptica es una tecnología que requiere habilidades que la mayoría del personal o ingenieros del Instituto de Ingeniería y de la DTD-DGSCA no tiene. Como por su naturaleza la transmisión óptica es bidireccional, la comunicación en ambos sentidos requiere ya sea de dos fibras o dos bandas de frecuencia en una fibra. Existen dos tipos de cable de fibra óptica: mono modo y multimodo (tabla 5.8).

Para los requerimientos del Campus de la Red TI, la fibra óptica multimodo es la mejor opción como medio de transmisión ya que cumple con las necesidades de longitud de cable entre los edificios. En un análisis costo efectividad la fibra óptica multimodo podría proveer resultados que justifiquen su elección ya que el ancho de banda que soporta permite transmisiones de voz, datos y video. Sin embargo, la especificación de la fibra óptica multimodo como tipo de medio para el Campus puede cambiar a fibra óptica mono modo en base a la selección de la tecnología de red a ser implantada en este sistema.

	Fibra óptica Multimodo	Fibra óptica Mono modo
Emisión de señal	Por LED	Por láser
Ancho de Banda	500Mbps	Multimegabit
Distancia de transmisión	2,000m*	10,000m*
Sensible a la temperatura	menor	Mayor
Apoyo a multimedia	Si	Si
Facilidad de identificación de llamadas y pruebas de instalación	Simple	Simple
Costo (cable)	Bajo en comparación con la fibra mono modo	Alto, dos veces más que la fibra multimodo
Costo de generadores de señal y dispositivos de interconexión	Bajo en comparación con la fibra mono modo	Alto, dos veces más que la fibra multimodo

* Sin uso de repetidores

Tabla 5.8 Principales diferencias entre los tipos de fibra óptica multimodo y mono modo

Especificaciones finales para el Campus

La fibra óptica a ser implantada en el sistema de cableado del Campus deberá cumplir las especificaciones mostradas en la tabla 5.9. Estas especificaciones son en base al estándar EIA/TIA 568-A

Longitud del cable de fibra óptica		Especificaciones ópticas fibra óptica para exteriores	Especificaciones físicas fibra óptica para exteriores
Destino	Torre de Ingeniería	-Fibra óptica de cristal de índice graduado.	-Protección mecánica contra roedores. -Elementos de refuerzo para la fibra. -Temperatura de operación: -40 a 70 grados centígrados. -Radio mínimo de curvatura 25 centímetros. -Gel de bloqueo contra agua.
Procedencia	IIMAS	-Diámetro del núcleo 62.5 micras para fibra multimodo y 10 micras para fibra mono modo.	
	547 m	-Diámetro del recubrimiento: 125 micras.	
	Facultad de Arquitectura	-Ventana de operación de 850nm y 1300nm.	
	1260 m	-Ancho de banda mínimo: 250 MHz/Km – 850 nm. 500MHz/Km – 1300nm. -Atenuación máxima: 3.75dB/Km – 850nm 1dB/Km – 1300 nm.	

Tabla 5.9 Especificaciones de la fibra óptica para el Campus.

El sistema de cableado del Campus con fibra óptica es flexible en el aspecto de que puede ser configurado en una topología de estrella o anillo dependiendo de la tecnología de red que se desee implantar (por ejemplo ATM o FDDI).

Para facilidades de instalación, mantenimiento y administración, el enlace principal de la Red TI a Red UNAM debe ser hacia el nodo perteneciente a la parte medular de la Red UNAM más cercano geográficamente a la Torre I. Por tanto, el enlace principal de la Red TI hacia Red UNAM debe provenir del IIMAS y como enlace redundante aquel que proviene de la Facultad de Arquitectura. Ambos enlaces deben entonces acometer en el closet principal de voz (MDF Voz) de la Torre, el cual se ubica en el Nivel Auditorio (figura 5.3 y plano 5.7). La elección del MDF Voz corresponde a que es un cuarto de equipo de telecomunicaciones que se ubica más cercano al punto de la acometida en la Torre I y evita que la ruta del cableado con fibra óptica del Campus se extienda aún más, esto permite evitar daños que puedan ocurrirle a la fibra en una guía extensa dentro de la Torre. El MDF Voz es un cuarto con suficiente espacio para albergar las terminaciones de la fibra y el equipo principal de voz, cuenta con un área aproximada de 13.4m² (5.21m x 2.68m).

Estos enlaces deberán realizarse con cable de fibra óptica para exteriores de 24 hilos. Se deberá identificar y etiquetar el cable de fibra óptica de uso rudo en cada registro, indicando el lugar de donde viene y el lugar hacia donde se dirige, así como el número de fibras que componen el cable correspondiente. Las terminaciones de la fibra ubicadas en el MDF de Voz deberán instalarse en distribuidores de fibra, los cuales deben montarse en rack's de piso de 19 pulgadas de ancho. Estos distribuidores deben cumplir con las características mostradas en la siguiente tabla.

Ubicación	Características del distribuidor de fibra óptica
MDF VOZ Torre de Ingeniería	<ul style="list-style-type: none"> - Horizontal - Montable/Desmontable en rack de 19 pulgadas de ancho. - Entrada de la fibra óptica por la parte lateral - Puerta para servicio de mantenimiento por la parte frontal - Organizadores - Capacidad para 72 conectores SC, considerar paneles y acopladores
IIMAS Arquitectura	<ul style="list-style-type: none"> - Horizontal. - Altura: 1 unidad de rack - Montable/Desmontable en rack de 19 pulgadas de ancho. - Entrada de la fibra óptica por la parte lateral. - Puerta para servicio de mantenimiento por la parte de arriba - Organizadores - Capacidad para distribuidores: 24 conectores SC, considerar panel y acopladores.

Tabla 5.10 Características de los distribuidores de fibra óptica

Es importante considerar que todos los accesorios que se requieren para llevar a cabo la terminación de la fibra óptica en los distribuidores deben ser armados de fábrica y no aceptar terminaciones de sitio. La atenuación máxima permitida por conector en la fibra óptica debe ser de 0.3dB. Las terminaciones de fibra óptica deben quedar perfectamente identificadas en cada uno de los distribuidores de fibra, indicando el origen y el destino de cada una. En la figura 5.3 se muestra un ejemplo del sistema Campus de la Red TI. Para la ubicación del MDF de Voz ver el plano 5.7 (plano del auditorio).

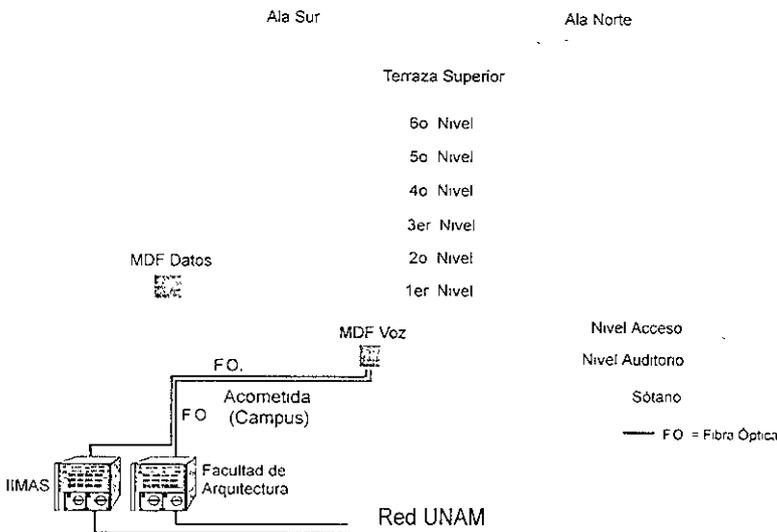


Figura 5.3 Esquema del Campus de la Red TI

Etapas 2 : Cableado Vertical (Backbone)

Alcance de la etapa

En esta etapa, se pretende definir las características del sistema de cableado vertical (Backbone) de la Red TI para que cumpla con las especificaciones de confiabilidad, flexibilidad, y que pueda soportar tecnologías de red de alta velocidad sin necesidad de realizar cambios significativos en el esquema.

Desarrollo

En el Backbone de la Red TI se estima que reciba un enorme volumen de tráfico de datos debido a su función central de proveer una ruta física y lógica del envío de información a los nodos conectados en este en cada piso. La primera parte para empezar a construir una red de alta velocidad es precisamente el sistema de cableado vertical.

Se puede especificar al Backbone como una red que conectará cada segmento de la Red TI transmitiendo el tráfico que genere un segmento a otro. A consecuencia de que el backbone provee una ruta física y lógica de datos a todos los nodos conectados a este, cada segmento de la Red TI debe estar conectado al backbone por medio de dispositivos capaces de ejecutar tareas de puenteo y ruteo de los paquetes a ser transmitidos. Estos dispositivos pueden ser routers, bridges, switches o servidores de archivos ejecutando funciones de puenteo y ruteo. La selección de dispositivos adecuados para los requerimientos y operación de la Red TI son analizados en el siguiente capítulo de este proyecto. Para el inicio de este análisis, se define el tipo de topología a implementar para el sistema de cableado vertical.

Definición de la topología para el sistema de cableado del backbone

Para el sistema de cableado del backbone, basándose en el estándar EIA/TIA 568-A, la topología debe ser tipo estrella donde cada enlace debe partir desde el distribuidor principal, el MDF de Datos hacia los closets de telecomunicaciones (IDF's) de cada área de trabajo. En esta configuración debe existir más de dos niveles de jerarquía en la topología tipo estrella en el backbone. La limitación a dos niveles jerárquicos permite eliminar la atenuación de la señal para sistemas pasivos, y simplificar movimientos, actualizaciones y cambios en el backbone. Las principales ventajas de una topología de red tipo estrella es que provee una administración centralizada que permite fácil mantenimiento, detección rápida y aislamiento de fallas en la red. La topología tipo estrella es aplicable a los medios de transmisión como la fibra óptica o el cable par trenzado.

MDF Datos (Distribuidor Principal)

El MDF Datos como distribuidor principal del cableado del Backbone contendrá el equipo principal de interconexión de la Red TI y de enlace hacia la Red UNAM. El MDF Datos se considera entonces como un "cuarto de equipo" por la complejidad del equipo que albergará y porque desde aquí partirán los servicios de telecomunicaciones hacia los closets de cada área de trabajo en la Torre I.

A consecuencia de que el equipo principal de interconexión de red será instalado en el MDF Datos, la acometida principal y redundante debe llegar hasta éste, y es importante considerar que la ruta de la acometida desde el MDF Voz debe ser la más corta para evitar que el trayecto de cableado de la acometida se extienda aún más dentro del edificio. Por tanto, se define la ubicación del MDF Datos en el primer nivel al sur por ser área de cubículos y el lugar más próximo al MDF Voz sin considerar espacio en el nivel auditorio por ser asignado para la instalación del auditorio y salas de uso múltiple (instalación de cubículos no fijos). La ubicación del MDF Datos en el primer nivel al sur (figura 5.4) se establece considerando el diseño arquitectónico, criterios de construcción y los estándares para instalaciones y espacios de telecomunicaciones (EIA/TIA 568-A y 569-A) como se describe en los siguientes incisos:

- a) La ubicación del MDF Datos es descentralizada de las instalaciones sanitarias y de los elevadores de la Torre que puedan limitar su expansión.
- b) El MDF Datos está lejos de fuentes de interferencia electromagnética como: transformadores, motores y generadores eléctricos, además de fuentes de vibración mecánica.
- c) El MDF Datos no se ubica bajo niveles de agua que puedan ocasionar filtraciones, además de que no existen tuberías de agua o drenaje en su interior.
- d) El MDF Datos está ubicado en un área accesible en el primer nivel ala sur.

Las especificaciones de construcción e instalaciones en el cuarto de equipo de la Red TI, son:

- El piso debe estar diseñado para un rango mínimo de carga distribuida de 4.8Kpa y un rango mínimo de carga concentrada de 8.8KN
- El estándar EIA/TIA 569-A especifica proveer al cuarto de equipo 0.72m² por cada 10m² del espacio total de las áreas de trabajo, el mínimo de área especificada es de 14m². El área aproximada del MDF Datos es de 5.198m² (2.42m x1.9m+1.5mx0.4m, ver plano 5.14). Esta área del MDF Datos ha sido aprobada por Instituto de Ingeniería y de la DTD-DGSCA bajo una evaluación de construcción de espacios para instalación de telecomunicaciones, tomando como referencia instalaciones previas en los centros de investigación y desarrollo científico dentro de la UNAM.
- El estándar especifica un mínimo de 2.44m de espacio en altura para el cuarto de equipo. El MDF Datos cuenta con un espacio aproximado de altura de 3.35m.
- El sistema HVAC debe estar funcionando las 24 horas del día y los 365 días del año.
- La temperatura (medida a partir de 1.5m del nivel de piso terminado) y humedad deben ser controladas en un rango de 18°C a 24°C y con una humedad relativa de 30% a 50%.
- La puerta de acceso debe estar dentro del rango mínimo de 0.94m de ancho por 2m de alto.
- Tener el acceso restringido y controlado.

El backbone ofrece orden, facilidades de administración y el potencial para el crecimiento de la Red TI. El backbone permitirá la administración de la red centralizando las estructuras principales de esta en un punto único de monitoreo y control, el MDF Datos. Esta centralización permite que la Red TI sea fácil de configurar y segura, ya que los trabajos de mantenimiento y reparación pueden ser fáciles de programar y de llevarse a cabo. El MDF Datos está ubicado en un sitio accesible, y se puede considerar como un punto intermedio hacia los closets de telecomunicaciones lo cual permite pronta atención a las fallas en equipos de red o herramientas de conexión que en cada uno puedan ocurrir.

Temas de cableado

El estándar EIA/TIA 568-A establece como tipos de medios para construir el cableado de Backbone al cable par trenzado sin blindar (UTP) de 100 Ohms, cable par trenzado blindado (STP) a 150 Ohms, fibra óptica 62.5/125 μm y la fibra óptica mono modo. Para analizar y definir el tipo de medio adecuado para el backbone, es importante conocer las longitudes del cable que se requiere para entazar los sets de telecomunicaciones de cada nivel al distribuidor principal (el MDF Datos). En la tabla 5.11 se muestran las trayectorias y las longitudes estimadas de cable para el cableado vertical.

Longitud del cable para interiores (en metros)								
Destino	Ala sur					Acceso	Talleres	MDF Voz
Origen	nivel 6	nivel 5	nivel 4	nivel 3	nivel 2			
MDF Datos	45	40	35	30	25	71	185	70
Destino	Ala norte							
Origen	nivel 6	nivel 5	nivel 4	nivel 3	nivel 2	nivel 1		
MDF Datos	140	135	130	125	120	115		

Tabla 5.11 Trayectorias y longitudes de cable estimadas en la Torre II

Comparación de los medios de comunicación

Los medios reconocidos por el estándar EIA/TIA 568-A para el sistema de cableado del backbone tienen distintas características de funcionamiento. Para evaluar y comparar las posibles soluciones para el sistema de cableado del backbone, se consideran los medios de fibra óptica y cable trenzado sin blindar (UTP) que se muestran en la tabla 5.5.

Aplicando el método de puntuación aditiva, se consideran como atributos las siguientes características de operación de los medios de transmisión: el ancho de banda que soportan, el soporte a nuevas tecnologías de red, la seguridad, la susceptibilidad a interferencias y flexibilidad para su instalación en un sistema de cableado vertical. La justificación de la elección de las características de operación de los medios a evaluar y la asignación de los ponderadores a cada uno, se establece mediante los siguientes criterios:

Ponderación Atributo

- | | |
|------|---|
| 0.25 | Ancho de Banda- En el Backbone de la Red TI se estima que reciba un enorme volumen de tráfico de datos debido a la función central de proveer una ruta física y lógica del envío de información a los nodos conectados a este en cada piso. La velocidad de envío de datos a través del medio de transmisión del Backbone debe ser capaz de soportar el consumo de ancho de banda que requieren las aplicaciones y servicios de red (tabla 5.3), requeridos en las actividades de investigación científica y desarrollo tecnológico en la Torre, además de proveer soporte al incremento de velocidades de transmisión a futuro. |
| 0.25 | Susceptibilidad a interferencias- Una sección del tendido del medio del Backbone que parte del MDF Datos hacia cada closet de telecomunicaciones secundario (IDF's), se hará por medio de un sistema de distribución con escalerilla por plafón en el nivel acceso, donde además estarán ubicadas las escalerillas del sistema eléctrico e iluminación para este mismo nivel. Por tanto, se debe evaluar entre los medios la capacidad del envío de señales sin que sean afectadas por estas fuentes de interferencia electromagnética. |
| 0.2 | Distancia máxima- Las características de operación del medio de transmisión del Backbone deben cumplir con el mínimo nivel de atenuación en el envío de las señales, considerando que la longitud máxima de cableado de Backbone es hacia el IDF del área de talleres de 185 m. En las trayectorias de tendido del cableado vertical de la Red TI no se debe considerar la instalación de repetidores o regeneradores intermedios de señales. |
| 0.2 | Soporte a tecnologías- Es importante considerar que el medio de transmisión del Backbone de la Red TI esté soportado y probado en las principales tecnologías de red de alta velocidad consideradas para este proyecto (Fast y Gigabit Ethernet, ATM y FDDI) y que provea soporte a futuras actualizaciones que se presenten en dichas tecnologías. El soporte del medio a las tecnologías debe corresponder a longitud máxima de cable de 185 m hacia el closet de telecomunicaciones del área de Talleres. |
| 0.1 | Seguridad- Referente a seguridad física, el medio de transmisión del Backbone puede ser dañado y ocasionar la pérdida de conexión hacia un piso ala de la Torre. El medio de transmisión debe proveer confiabilidad de operación, complementado con protecciones y elementos de refuerzo. Referente a |

seguridad lógica, el tipo de proyectos y actividades a realizarse en la Torre de Ingeniería solo requiere del tipo de seguridad local a nivel de red donde no se permita fácilmente el desvío o interceptación de señales en el medio de transmisión para evitar así la revisión del tráfico de datos por personas ajenas a esta

En base a las características requeridas para el tipo de medio de transmisión a implantarse en el sistema de cableado vertical, a la elección de los atributos a ser evaluados y a los valores de ponderación establecidos a cada uno, en la siguiente tabla se muestra la asignación de calificaciones bajo el criterio del comportamiento de cada medio en un ambiente de cableado de backbone y a los requerimientos de la Red TI.

	Cable par trenzado sin blindar (UTP)	Fibra Óptica	Ponderación
Ancho de Banda	3	5	0.25
Susceptibilidad a interferencias	3	5	0.25
Máx. Distancia	3	5	0.2
Soporte a tecnologías	3	5	0.2
Seguridad	2	5	0.1
Calificación	2.90	5.0	

Tabla 5.12 Tabla de calificaciones de los tipos de medio para el Backbone de la Red TI

La escala de calificaciones asignados a los medios en la tabla 5.12 son los mostrados en la tabla 5.7 con sus respectivos criterios. De las calificaciones obtenidas en la tabla 5.12, la fibra óptica obtuvo la mayor. Por tanto, en base a que se requiere que el sistema de cableado vertical de la Red TI opere a alta velocidad, sea seguro y con soporte a nuevas tecnologías de redes, la fibra óptica es la mejor opción. Las ventajas y desventajas de la fibra como medio en el sistema de cableado vertical son igual a las que se describen para el Campus.

Como se menciona en la parte del sistema de cableado para el campus, existen dos tipos de fibra óptica (fibra óptica mono modo y multimodo) para construir el sistema de cableado vertical. Basándose en el análisis previo (tabla 5.8) para elegir entre estas dos opciones, la fibra óptica multimodo es la mejor opción para construir el sistema de backbone. La fibra óptica multimodo cumple con las especificaciones de longitudes estimadas de cable para el Backbone de la Red TI sin la necesidad de uso de repetidores, además permite tener una alta integridad en los datos ya que tiene una tasa baja de error en la transferencia de datos, y al utilizar el envío de señales codificadas por luz a diferencia de señales eléctricas la hace totalmente inmune a las interferencias electromagnéticas.

La fibra óptica multimodo soporta un ancho de banda que permite transmisiones de voz, datos y video, además de estar incluida como tipo de medio en las especificaciones de tecnologías de redes de alta velocidad como Gigabit Ethernet, ATM, FDDI y Fast Ethernet. La fibra óptica multimodo puede operar a longitudes de onda de 850nm y 1300nm, y en casos como Gigabit Ethernet, soporta la emisión de señales por láser.

Especificaciones finales para el cableado vertical

Fibra Óptica multimodo

El medio reconocido por el estándar EIA/TIA 568-A y la mejor opción obtenida del análisis previo para el sistema de cableado vertical, la fibra óptica deberá soportar transmisiones de datos y video, por lo que se requiere que cumpla con las siguientes especificaciones:

Especificaciones ópticas

- Fibra óptica de cristal de índice graduado.
- Diámetro del núcleo 62.5 micras.
- Diámetro del recubrimiento 125 micras.
- Ventana de operación de 1300nm.
- Ancho de banda mínimo: 300Mhz/Km-850nm, 500Mhz/Km-1300nm.
- Atenuación máxima: 3.75dB/Km-850nm, 1dB/Km-1300nm.

Especificaciones físicas

- Elementos de refuerzo para la fibra.
- Temperatura de operación: -40°C a 70°C.
- Radio mínimo de curvatura de 25cm.

El sistema de cableado del Backbone con fibra óptica es flexible en el aspecto de que puede ser implantado en topología tipo estrella. Cada enlace debe ser realizado con cable de fibra óptica para interiores de 12 hilos, excepto el enlace hacia el MDF Voz, el cuál deberá ser realizado con cable de fibra óptica para interiores de 24 hilos para tener conexión con el Campus de la Red TI. Las terminaciones de la fibra óptica del Backbone deben instalarse en distribuidores de fibra, con las especificaciones mostradas en la tabla 5.13. Los distribuidores de fibra deben montarse en rack's ubicados en los closets de telecomunicaciones de cada nivel y en el MDF Datos.

Distribuidor	Ubicación	Características del distribuidor de fibra óptica
Principal	MDF DATOS	<ul style="list-style-type: none"> - Horizontal. - Montable/Desmontable en rack de 19 pulgadas de ancho. - Entrada de la fibra óptica por la parte lateral - Puerta para servicio de mantenimiento por la parte frontal. - Organizadores. - Capacidad para 180 conectores SC, considerar paneles y acopladores.

Tabla 5.13 a Características de los distribuidores de fibra óptica

Distribuidor	Ubicación	Características del distribuidor de fibra óptica
Secundario	MDF VOZ	<ul style="list-style-type: none"> - Horizontal. - Montable/Desmontable en rack de 19 pulgadas de ancho. - Entrada de la fibra óptica por la parte lateral - Puerta para servicio de mantenimiento por la parte frontal. - Organizadores. - Capacidad para 72 conectores SC, considerar paneles y acopladores.
	IDF's	<ul style="list-style-type: none"> - Horizontal. - Altura: 1 unidad de rack - Color: negro - Montable/Desmontable en rack de 19 pulgadas de ancho - Entrada de la fibra óptica por la parte lateral. - Puerta para servicio de mantenimiento por la parte de arriba - Organizadores - Capacidad para distribuidores: 12 conectores SC, considerar panel y acopladores.

Tabla 5.13 b Características de los distribuidores de fibra óptica

Administración del cableado de Backbone

El MDF Datos será el distribuidor de la fibra óptica del backbone (figura 5 4). A partir del MDF Datos se gestionan los enlaces hacia los closets de telecomunicaciones (IDF's) de cada nivel, hacia el MDF Voz, y hacia el IDF del área de talleres, con las longitudes de cable mostradas en la tabla 5.11 aplicadas a la fibra óptica.

El tendido de la fibra óptica del backbone que parte del MDF Datos hacia la pila de IDF's del ala sur, la pila de IDF's del ala norte y el IDF del nivel acceso, se hará por medio de un sistema de distribución con escalerilla por plafón de 18 pulgadas en el nivel acceso, como se muestra en el plano 5.6 (plano nivel acceso). Los closets de telecomunicaciones en pila vertical están conectados entre sí por un sistema de distribución con escalerilla de 18 pulgadas.

El sistema de distribución con escalerillas por plafón del nivel acceso y del nivel auditorio se conectan entre sí, y se sigue también una ruta de distribución con escalerillas hacia el área de talleres. Esta es la ruta para el tendido de la fibra óptica del backbone hacia el MDF VOZ y el IDF del área de talleres. Para más detalles ver el plano 5.7 (plano nivel auditorio).

Etapas 3: Cableado Horizontal

Objetivo de la etapa

En esta etapa, se definirán las características y las especificaciones con las que debe cumplir el sistema de cableado horizontal de la Red TI en base al estándar EIA/TIA 568-A, para que sea un sistema confiable y flexible

Desarrollo

El cableado horizontal es la parte del sistema de cableado de la Red TI que se extiende desde los closets de telecomunicaciones de cada nivel de la Torre hacia las áreas de trabajo o de oficinas. A esta parte del sistema de cableado la denominamos como horizontal debido a que el medio se transportará a través de un sistema de distribución con escalerillas (de 18 pulgadas de ancho) en algunos niveles, en otros niveles por medio de un ducto llamado "luminiducto" que lleva además el servicio de terminación eléctrica.

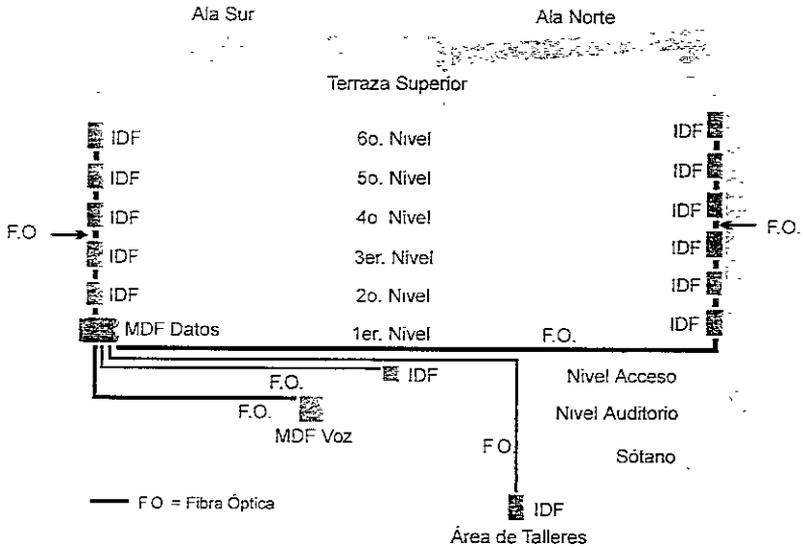


Figura 5.4 Diagrama del sistema cableado del Backbone de la Red TI

Cada sistema de cableado horizontal en los niveles de la Torre son los segmentos de la Red que se conectan al sistema de cableado vertical (backbone) por medio de dispositivos de red (ruteadores, puentes, conmutadores o servidores de archivos) y el cual se encargará de transmitir el tráfico que se genere de un segmento a otro. El medio de transmisión del sistema de cableado horizontal debe ser capaz de soportar las características de operación de los dispositivos tecnológicos de redes de alta velocidad para ofrecer el ancho de banda que pueda satisfacer los servicios que los usuarios demanden. Esto garantizará que los segmentos de red en cada nivel no conviertan en un cuello de botella que generen una baja respuesta de la Red TI, y desperdiciar las especificaciones del cableado vertical definidas en la etapa anterior. Para el inicio de este análisis de continuación se define el tipo de topología a implantar para el sistema de cableado horizontal.

Definición del tipo de topología para el sistema de cableado horizontal

El sistema de cableado horizontal de cada nivel de la Torre I debe estar en topología tipo estrella, es decir, definido por el estándar EIA/TIA 568-A. Esto es, las salidas correspondientes a los servicios de datos, voz y videoconferencia del área de trabajo deben conectarse a una interconexión en el closet de telecomunicaciones ubicado en el mismo nivel que el área de trabajo servida. Las principales ventajas de una topología de red tipo estrella es que provee una administración centralizada que permite fácil mantenimiento, detección rápida y aislamiento de fallas en la red, además de que es una topología aplicable a los medios de transmisión como la fibra óptica o el cable par trenzado.

IDF's Secundarios (closets de telecomunicaciones)

Los closets de telecomunicaciones de cada nivel de la Torre I tienen la función de ser un espacio donde se ubique material y accesorios de conexión que sirven como terminales de la distribución del sistema de cableado horizontal, así como los accesorios de conexión hacia el sistema de cableado vertical y el equipo de interconexión de red. Los closets de telecomunicaciones son el punto común de conexión entre el backbone y el cableado horizontal. La ubicación de los closets de telecomunicaciones en la Torre I se establecen en base al diseño arquitectónico, criterios de construcción y a especificaciones del estándar EIA/TIA 569-A para el diseño de espacios para telecomunicaciones, como se describe en los siguientes incisos:

- a) La instalación de los closets como una pila vertical en las alas norte y sur, permite una comunicación directa entre estos, facilita las instalaciones de telecomunicaciones y se evitan instalaciones innecesarias para comunicarlos entre sí.
- b) La ubicación de los closets en los extremos de las alas norte y sur respectivamente permite descentralizarlos de las instalaciones sanitarias y de los elevadores de la Torre que puedan impedir su expansión.
- c) Los closets están lejos de fuentes de interferencia electromagnética como: transformadores, motores y generadores eléctricos, además de fuentes de vibración mecánica.
- d) Los closets no se ubican bajo niveles de agua que puedan ocasionar filtraciones, además de que no existen tuberías de agua o drenaje en su interior.
- e) En los casos del closet del nivel acceso y del closet del nivel de talleres, la ubicación de cada uno se definió buscando un sitio céntrico al área donde la distancia horizontal hacia el área a servir no excediera los 90m, que estuvieran lejos de fuentes de interferencia electromagnética y vibración mecánica, además de que no existen tuberías de agua o drenaje en su interior.
- f) Para el caso del nivel auditorio, el MDF Voz puede ser utilizado también como closet para los servicios de datos considerando: el área que ocupa, su cercanía al auditorio (lugar donde se concentrarán en mayor número los servicios de red), su ubicación no cercana a instalaciones sanitarias y de los elevadores que puedan impedir su expansión, además de que en su interior no existen tuberías de agua o drenaje.
- g) Los closets están ubicados en un área independiente y accesible en cada nivel de la Torre.

Las especificaciones de construcción e instalaciones en los closets de telecomunicaciones de la Red TI deben ser las siguientes:

- El piso debe estar diseñado para un rango mínimo de carga distribuida de 4.8Kpa y un rango mínimo de carga concentrada de 8.8KN.
- El sistema HVAC debe estar en operación las 24 horas del día y los 365 días del año.
- La temperatura (medida a partir de 1.5m del nivel de piso terminado) y humedad deben ser controladas en un rango de 18°C a 24°C y con una humedad relativa de 30% a 50%.
- La puerta de acceso debe estar dentro del rango mínimo de 0.94m de ancho por 2m de alto.
- Tener el acceso restringido y controlado.

La ubicación de los closets de telecomunicaciones en cada piso ala es la mas cercana al cableado vertical, lo cual evita el desvío o la instalación de una ruta innecesaria del backbone hacia estos. En el caso de los closets de telecomunicaciones de los niveles auditorio, acceso y talleres, éstos se encuentran en un lugar céntrico del área total a servir. La centralización del cableado horizontal en un punto único de monitoreo y control facilita las tareas de administración y configuración, además los trabajos de mantenimiento y reparación de fallas pueden ser sencillos de programar y de llevarse a cabo. Cada closet de telecomunicaciones está ubicado en un sitio accesible y no interrumpen pasillos de uso común a los usuarios.

Diseño de los closets de telecomunicaciones de la Torre

El estándar EIA/TIA 569-A define cuatro especificaciones importantes referentes al diseño e instalación de closets de telecomunicaciones en un edificio.

- Esp 1 Por cada piso o nivel debe existir por lo menos un closet de telecomunicaciones.
- Esp 2 El área en metros cuadrados con los que debe cumplir un closet de telecomunicaciones está en base al área que va a servir, como se muestra en la tabla 5.14.
- Esp 3 La distancia de distribución horizontal hacia el área a servir no debe exceder de 90m.
- Esp 4 Por cada piso o área de trabajo deben existir mas de un closet de telecomunicaciones si el area de trabajo a servir excede los 1000m² ó si la distancia de distribución horizontal hacia el área a servir excede los 90m.

Área a servir en m ²	Área del closet
1000	3m x 3.4m
800	3m x 2.8m
500	3m x 2.2m

Tabla 5.14 Especificaciones de áreas según el estándar EIA/TIA 569-A

Para el caso de los niveles auditorio, acceso y área de talleres se ubica un closet de telecomunicaciones en cada uno. En los niveles tipo existe un closet de telecomunicaciones por cada piso ala, a excepción del primer nivel ala sur donde el MDF Datos deberá funcionar como IDF para ésta área y así evitar instalaciones innecesarias. Los servicios de red en la terraza superior deberán ser suministrados a partir de los closets de telecomunicaciones de las alas norte y sur del nivel seis respectivamente, a causa del diseño arquitectónico de la Torre I. En la siguiente tabla se hace un análisis del cumplimiento de las especificaciones del estándar EIA/TIA 569-A de cada uno de los closets en la Torre I.

Closet	A=Área aprox. H=altura	Área aprox. a Servir**	Estándar EIA/TIA 569-A				Detalles	Ubicación
			Esp 1	Esp 2	Esp 3	Esp 4		
Nivel Talleres	A = 3.24 m ² (1.8m x 1.8m) H = 3m	474.13m ²	Si cumple	No cumple	Si cumple	No aplica	-	Ver Plano 5.8
Nivel Auditorio (MDF Voz)	A = 13.4m ² (5.21m x 2.68m) H = 3m	861.84m ²	Si cumple	Si cumple	Si cumple	No aplica	-	Ver Plano 5.7
Nivel Acceso	A = 2.87m ² (2.50m x 1.15m) H = 2.10m	649.8m ²	Si cumple	No cumple	Si cumple	No aplica	Ver Plano 5.12	Ver Plano 5.5
Nivel tipo ala Norte	A = 5.198m ² (2.42m x 1.9m + 1.5m x 0.4m) H = 3.80m	414.72m ²	Si cumple	Si cumple	Si cumple	No aplica	Ver Plano 5.14	Ver Plano 5.9 y 5.10
Nivel tipo ala Sur	A = 5.198m ² (2.42m x 1.9m + 1.5m x 0.4m) H = 3.80m	414.72m ²	Si cumple	Si cumple	Si cumple	No aplica	Ver Plano 5.14	Ver Plano 5.9 y 5.10

** El área aproximada a servir considera únicamente las áreas donde se distribuyen servicios de red en cubículos, salas y el auditorio, excluyendo las áreas de terrazas.

Tabla 5.15 Closets de Telecomunicaciones de la Torre

En el closet de telecomunicaciones del nivel auditorio (MDF Voz) se puede considerar principalmente al auditorio como el área aproximada a servir (170m²) ya que es donde se concentra el mayor número de servicios de red en este nivel, pero en la tabla 5.15 se considera también el área de las salas de uso múltiple.

El área que abarcan los closets del nivel Acceso y nivel de Talleres no cumplen la especificación del estándar EIA/TIA 569-A. Sin embargo, las normas de construcción en la Universidad y la evaluación de bienes y/o servicios de telecomunicaciones en este proyecto por parte del Instituto de Ingeniería y de la DGSCA-DTD, se define los espacios de estos closets de telecomunicaciones, y de los demás niveles, adecuados para sus funciones. En el nivel de Talleres se encuentra el menor número requerido de servicios de red (21 servicios de red) y la ubicación del closet se puede considerar como céntrica considerando que la distancia horizontal de distribución hacia las áreas de trabajo a servir no supera los 90m, y en el caso de crecimiento del número de servicios de red se puede considerar la ampliación del área del closet tomando en cuenta que cumple las

características generales de ubicación, es decir, lejos de instalaciones sanitarias y de los elevadores que puedan impedir su expansión.

El closet de telecomunicaciones del nivel acceso se ubica en un punto céntrico que permite que la distancia horizontal de distribución hacia las áreas de trabajo no supere los 90m. Aunque puede presentar problemas para una posible expansión en su área, debido a que se ubica debajo de las escaleras de ascenso hacia el primer nivel y cercano a los elevadores, los accesorios y el equipo de interconexión de red que albergará de inicio, difícilmente se puede incrementar a causa de un requerimiento mayor de servicios de datos en este nivel, el cual es dedicado a: salas de exposiciones temporales, área de cafetería y el vestíbulo general de acceso. El área de terrazas en este nivel no se considera dentro del área a servir en la tabla 5.15 ya que no se puede definir como área de oficinas o cubículos, los servicios de red en la terraza son una opción de conexión a la Red TI no permanente para computadoras personales de los usuarios de la Torre; La distancia horizontal de distribución de los servicios de datos desde el closet no supera los 90m. Para detalles ver el plano 5.6 (plano terrazas)

Los closets de telecomunicaciones de cada nivel tipo ala norte y ala sur respectivamente, son de las mismas medidas bajo el criterio de diseño de la Torre I. El área de terraza en cada nivel ala norte se considera dentro del área a servir debido a que no se pueden definir como áreas de oficinas o cubículos, los servicios de red en las terrazas son una opción de conexión a la Red TI no permanente para computadoras personales de los usuarios de la Torre. La distancia horizontal de distribución de los servicios de datos desde el closet hasta la terraza en cada nivel no supera los 90m.

Selección de medio para el sistema de cableado

Para construir el sistema de cableado horizontal, podemos encontrar entre los tipos de medio conocidos al cable de cuatro pares de cable par trenzado sin blindar (UTP) de 100 Ohms, al cable de fibra óptica de 62.5/125 μm y el medio inalámbrico por medio de ondas de radio. Para definir el tipo de medio a utilizar, a continuación se hará un análisis de estas posibles soluciones

Comparación de los medios de comunicación

Aplicando el método de puntuación aditiva, se consideran como atributos las siguientes características de operación de los medios de transmisión: el ancho de banda que soportan, el soporte a nuevas tecnologías de red, la seguridad, la susceptibilidad a interferencias y flexibilidad para su instalación en el sistema de cableado horizontal. Los valores de ponderación se establecerán dentro del rango, $0 \leq P \leq 1$. La justificación de la elección de las características de operación de los medios a evaluar y la asignación de los ponderadores a cada uno, se establece mediante los siguientes criterios:

Ponderación Atributo

- 0.3 **Ancho de Banda-** El medio de transmisión del sistema de escritorio deberá proveer soporte para el consumo de ancho de banda de los servicios de red y de las aplicaciones para la investigación y desarrollo tecnológico que demande cada usuarios de la Torre (tabla 5.3), además del soporte al incremento de velocidades de transmisión a futuro que se incorporen a los equipos de cómputo personal.
- 0.3 **Susceptibilidad a interferencias-** Para el caso del medio de transmisión del sistema de cableado horizontal es importante considerar la capacidad del envío de señales sin que estas sean afectadas por interferencias electromagnéticas generadas por las instalaciones de energía eléctrica e iluminación, las cuales se ubican cercanas a la ruta del tendido del cableado de los servicios al escritorio para cada usuario de la Torre. En el caso de la

Terraza Superior se debe considerar que se encuentran los motores eléctricos de los elevadores, y en el nivel Auditorio se encuentra la subestación eléctrica.

- 0.15 **Flexibilidad-** Para el caso del medio de transmisión del sistema de cableado horizontal se deben considerar las facilidades de implantación, mantenimiento y el soporte a cambios constantes de guías de tendido hacia los equipos terminales de datos. Esto a causa de la flexibilidad que se requiere para su instalación en los cambios de ubicación de los cubículos en los pisos ala y nivel acceso de la Torre.
- 0.15 **Soporte a tecnologías-** El medio de transmisión del sistema de escritorio de la Red TI debe estar estandarizado y probado por las principales tecnologías de red consideradas en este proyecto (Ethernet, Fast Ethernet y CDDI) para obtener conexiones de alta velocidad al escritorio, además de proveer soporte a futuras actualizaciones de dichas tecnologías.
- 0.1 **Seguridad-** En los servicios de red a usuarios se requiere en mayor medida la seguridad lógica para evitar que se presenten fallas de operación ó intrusiones en la información en los servicios y aplicaciones de escritorio. En cuanto a la seguridad física, el medio de transmisión debe ser resistente a daños físicos, sin embargo, no es tan crítica como la requerida en el Campus y en el Backbone de la Red TI.

En base a las características requeridas para el tipo de medio de transmisión a implantarse en el sistema de cableado horizontal, a la elección de los atributos a ser evaluados y a los valores de ponderación establecidos a cada uno, en la siguiente tabla se muestra la asignación de calificaciones bajo el criterio del comportamiento de cada medio en un ambiente de cableado horizontal y a los requerimientos de la Red TI.

	Cable par trenzado sin blindar (UTP)	Fibra Óptica	Inalámbrico	Ponderación
Ancho de Banda	5	5	2	0.25
Susceptibilidad a interferencias	3	5	3	0.25
Flexibilidad	5	2	5	0.2
Soporte a tecnologías	5	3	3	0.2
Seguridad	4	5	2	0.1
Calificación	4.4	4.0	3.05	

Tabla 5.16 Tabla de calificaciones de los tipos de medio para el sistema Backbone de la Red TI

Criterio	Calificación	Explicación del criterio
Excelente	5	Casos en que el funcionamiento supera en gran medida las expectativas deseadas
Bueno	4	Satisface los criterios estándar e incluye algunas características especiales
Suficiente	3	Su función o características son las esperadas
Pobre	2	Escaso cumplimiento en las funciones o características esenciales
Inaceptable	1	Es seriamente deficiente

Tabla 5.17 Criterios de calificación que se consideran para el proyecto Red TI

La escala de calificaciones asignados a los medios en la tabla 5.16 son los mostrados en la tabla 5.17 con sus respectivos criterios. En esta sección da muestra de que el cable par trenzado y la fibra óptica son los adecuados para el cableado horizontal considerando la diferencia entre las calificaciones obtenidas. Sin embargo, el caso de la fibra óptica presenta inconvenientes en los aspectos de la flexibilidad para su instalación y modificaciones posteriores. Es importante considerar que el sistema de cableado horizontal es la parte más propensa a sufrir cambios en su esquema de instalación en las áreas de trabajo de la Torre I.

Otro punto a considerar es el monto económico que representan los dispositivos de interconexión para la fibra óptica como lo son los empalmes, los generadores de las señales ópticas y las interfaces de fibra para cada uno de los equipos terminales de datos (DTE). En contra parte, los costos de instalación para el cable par trenzado son mucho menores, además de ser un medio muy flexible para su instalación. En el aspecto de soporte a las tecnologías de redes de alta velocidad, el cable par trenzado cumple dentro de las especificaciones como Gigabit y Fast Ethernet. Finalmente, tomando como punto de referencia el resultado de las calificaciones de la tabla 5.16, el medio de cuatro pares de cable par trenzado sin blindar a 100 Ohms, es el medio para ser implantado como medio de transmisión en el sistema de cableado horizontal de la Red TI. El cable par trenzado puede ser implantado en una configuración de topología tipo estrella por su flexibilidad de instalación.

Especificaciones finales para el cableado horizontal

Cable par trenzado

El medio reconocido por el estándar EIA/TIA 568-A y como la mejor opción obtenida del análisis previo para el sistema de cableado horizontal, el cable par trenzado, deberá soportar transmisiones de datos y voz, y por lo tanto es necesario que cumpla con las especificaciones de instalación y de material mostrados en la siguiente tabla:

Concepto	Características
Cable UTP	<ul style="list-style-type: none"> - Cable par trenzado de 4 pares, que garantice el soporte de aplicaciones 10/100 BaseTx, 155/622 ATM y 1000BaseT. - El cable debe ofrecer mayor inmunidad a interferencias electromagnéticas comparado con el cable UTP categoría 5. - Debe soportar frecuencias mínimas de 250MHz - Se deben proporcionar las especificaciones eléctricas tales como: Atenuación, NEXT, ACR, SRL, etc., a diferentes frecuencias (250 MHz) - Las especificaciones de Atenuación, ACR, SRL, NEXT, etc., proporcionados por el fabricante, deben ser a una longitud física de 100m - Retardante al fuego - El cable debe estar etiquetado en su forro exterior indicando las siguientes características: código comercial, AWG, verificación, fecha de manufactura y longitud.
Panel de distribución	<ul style="list-style-type: none"> - Los puertos de los panel de distribución deben ser jack para plug RJ-45 de 8 contactos en configuración TIA/568B. - Deben garantizar el soporte de aplicaciones 10/100 BaseTx, 155/622 ATM y Gigabit Ethernet (1000BaseT) - Sistema de remate 110 IDC. - Capacidad 48 o 24 puertos según sea el caso, para fijarse en rack de piso de 19 pulgadas de ancho - El panel debe ser de acero.
Administradores de cables	<ul style="list-style-type: none"> - Horizontal para montarse en rack de piso de 19 pulgadas de ancho - Altura, 1,75 pulgadas (una unidad de rack).
Cordones de parcheo	<ul style="list-style-type: none"> - Deben garantizar el soporte de aplicaciones 10/100BaseTX, 155/622 ATM y 1000BaseT - Debe soportar frecuencias mínimas de 250MHz

	<ul style="list-style-type: none"> - Longitud: 3 metros - Conector: RJ45 – RJ45 - Deben estar fabricados en configuración T568-B. - Deben ser elaborados de fábrica.
Cables de conexión del área de trabajo (jumper's usuario)	<ul style="list-style-type: none"> - Deben garantizar el soporte de aplicaciones 10/100 BaseT, 155/622 ATM y 1000BaseT. - Debe soportar frecuencias mínimas de 250MHz. - Longitud: variable (entre 3 y 15 metros). - Conector: RJ45 – RJ45. - Deben estar fabricados en configuración T568-B. - Deben ser elaborados de fabrica.
Face plate	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidad: salida doble, triple o cuádruple, según sea el caso. - Material: resistente a alto impacto y retardante al fuego. - Para insertar módulos UTP RJ45. - Debe contar con accesorios para etiquetado.
Cajas de distribución	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidad para insertar 12 módulos para UTP RJ45 - Material: resistente a alto impacto y retardante al fuego. - Para usarse en planta tipo. - Debe contar con accesorios para etiquetado.
Módulos jack	<ul style="list-style-type: none"> - RJ45. - 8 posiciones. - En configuración T568-B. - Deben soportar aplicaciones que demanden velocidades de transmisión arriba de 1Gbps soportando frecuencias mínimas de 250Mhz. - Material: resistente a alto impacto y retardante al fuego.

Tabla 5.18 a Especificaciones para el material del cableado horizontal

Concepto	Características
Patch duplex de Fibra Óptica	<ul style="list-style-type: none"> - Multimodo de 62.5/125 μm - Ancho de banda mínimo: 300MHz/Km – 850nm y 500Mhz/Km – 1300nm. - Temperatura de operación: -20 a 70 grados centigrados. - Longitud: 3 metros. - Conector: SC-SC y SC-ST. - Deben ser elaborados de fabrica.
Charolas	<ul style="list-style-type: none"> - Para montar en rack de piso de 19 pulgadas de ancho. - Material: aluminio. - Capacidad de carga mínima: 25Kg. - Doble lado, con profundidad de 10pulgadas cada lado. - Ventilada

Tabla 5.18 b Especificaciones para el material del cableado horizontal

Es importante señalar que el cableado horizontal de los servicios de voz, datos y videoconferencia requeridos en la terraza superior deberán ser extendidos a partir de los closets de telecomunicaciones del nivel seis ala sur y ala norte respectivamente, esto por el diseño arquitectónico de la Torre I.

Para una mayor confiabilidad en el cableado estructurado horizontal, las conexiones deben ser punto a punto entre los equipos y accesorios, y evitar empalmes intermedios. La distancia máxima horizontal del cable par trenzado, entre una toma de datos y el sistema de distribución de bloques terminales, debe ser máximo de 90m.

Instalación e instalación del cableado horizontal

El sistema de cableado estructurado horizontal para datos se extenderá desde los sistemas de distribución de bloques terminales (panel de distribución) ubicados en el MDF Datos, MDF Voz y en el closet de telecomunicaciones secundario, hasta las salidas correspondientes de los servicios de datos en las respectivas áreas de trabajo o de oficinas de cada nivel.

En el Auditorio

En el nivel auditorio, desde el closet de telecomunicaciones (MDF Voz) se debe tender el sistema de cableado horizontal por medio de escalerilla por loza, la cual se distribuye hacia las salas de usos múltiples. Desde las escalerillas con derivaciones con tubo conduit por plafón se debe conducir por las columnas de la Torre hasta registros a 30cm del nivel de piso, a partir de los cuales se distribuirán los servicios de datos hasta los equipos terminales. Los servicios de datos hacia la sala de traducción del auditorio, la cabina de control, y la sala de espera para expositores, debe hacerse por medio de tubo conduit por piso, así como de otros servicios de datos para las salas de usos múltiples. Para la distribución del cableado hacia el estribo del auditorio, debe hacerse por medio de tubo conduit por pared del auditorio para posteriormente distribuir los servicios de datos en el área del estribo por medio de tubo conduit por piso. Para mas detalles ver el plano de distribución del cableado horizontal en el nivel auditorio, plano 5.7 (plano nivel auditorio).

El tendido del cableado horizontal hacia las butacas del auditorio de la Torre se debe hacer desde el MDF Voz por medio de escalerilla que baja y se distribuye por la planta sótano. Para mas detalles ver el plano 5.13 (plano auditorio, nivel sótano).

En el área de servicios

En el área de servicios (talleres), desde el closet de telecomunicaciones se debe tender el sistema de cableado horizontal por medio de escalerilla por loza, la cual debe extenderse hasta el área de laboratorios y cubículos de Sismex (o Coordinación de Sismología del Instituto de Ingeniería) y el taller de encuadración. Desde las escalerillas con derivaciones de tubo conduit por plafón se deben conducir los servicios de datos hacia los cubículos de Sismex y el área del túnel de viento. La distribución de los servicios hacia la zona de los talleres debe hacerse por medio de tubo conduit por piso. Para mas detalles ver el plano de distribución del cableado horizontal en la zona de talleres, plano 5.8 (plano talleres).

En el Acceso

En el nivel acceso, a partir del closet de telecomunicaciones se debe tender el cableado horizontal por medio de escalerilla por plafón, la cual se distribuye sobre el área del vestíbulo general de acceso, el área de cafetería y la zona de exposiciones temporales. A partir de las escalerillas, con derivaciones con tubo conduit por plafón, se debe conducir el cableado por las columnas de la Torre hasta registros a 30cm del nivel de piso, a partir de los cuales se distribuirán los servicios de datos hasta los equipos terminales. Para mas detalles ver el plano de distribución del cableado horizontal en el nivel acceso, plano 5.5 (plano nivel acceso).

Para la instalación de los servicios de datos en la zona de la terrazas (oriente y poniente), debe tenderse el cable par trenzado por medio de tubo PVC ahogado en piso desde del closet de telecomunicaciones. Para mas detalles ver el plano 5.6 (plano de terraza acceso).

En los niveles 1 y 2

En los niveles 1 y 2, el tendido del cableado horizontal se debe hacer a partir de los closets de telecomunicaciones, de cada piso al ala, a excepción del ala sur del primer nivel ya que el tendido en esta área debe partir del MDF de Datos. El tendido del cableado horizontal debe hacerse por medio de luminductos hacia las áreas de trabajo o de cubículos. Las terminaciones del cableado deberán instalarse en rosetas de puertos instaladas en piso, desde las cuales se distribuirán los servicios

de datos hasta los equipos terminales. Para mas detalles ver el plano de distribución del cableado horizontal en los niveles 1 y 2, plano 5.9 (plano niveles 1 y 2).

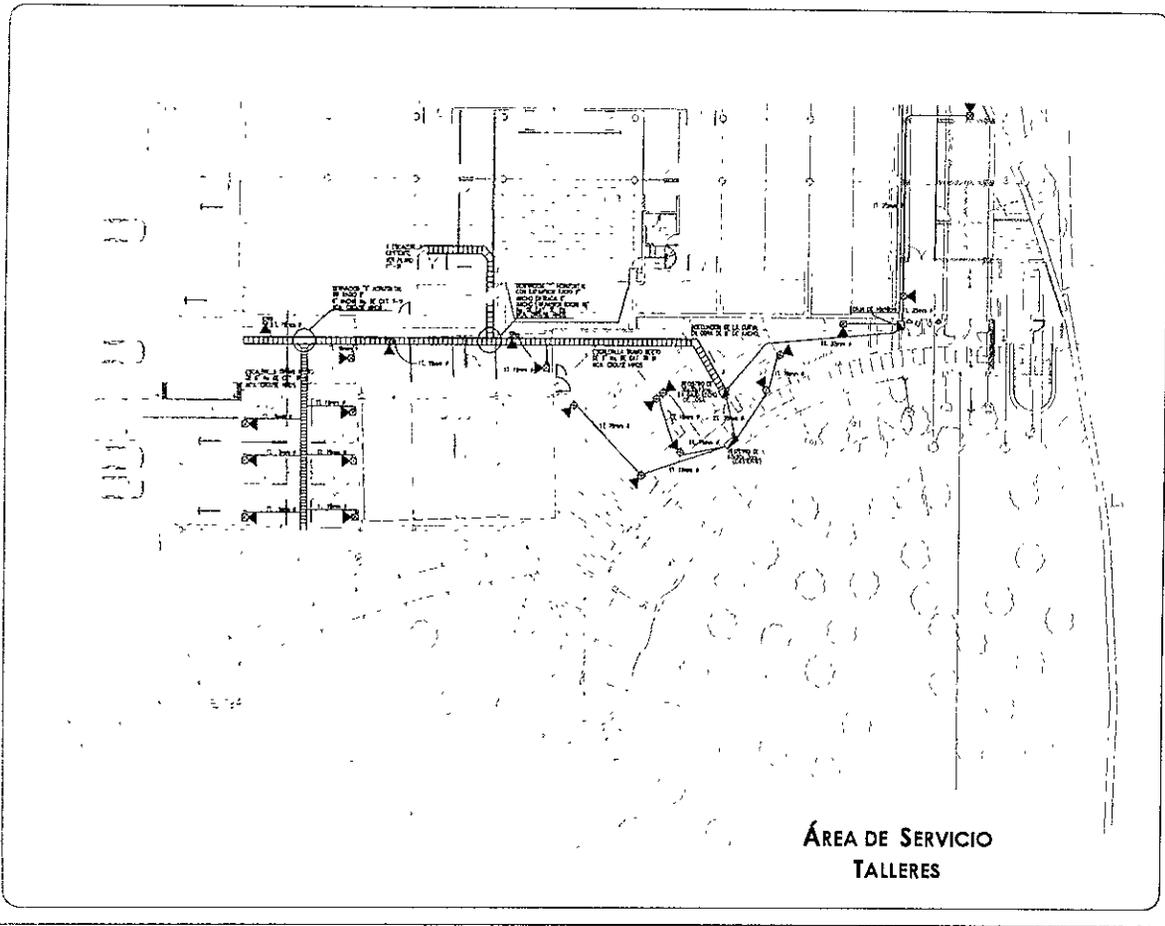
Niveles 3, 4, 5 y 6

En el caso de los 3, 4, 5, y 6, el tendido del cableado horizontal se debe hacer con las mismas especificaciones de los niveles 1 y 2. Para mas detalles ver el plano de distribución del cableado horizontal en los niveles 3, 4, 5 y 6, plano 5.10 (plano niveles 3, 4, 5 y 6).

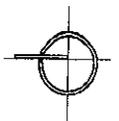
Terraza superior

En la terraza superior, el tendido del cableado horizontal hacia la sala de profesores y área de servicios, debe hacerse desde los closets de telecomunicaciones, de las alas norte y sur respectivamente, del nivel 6. El cable par trenzado debe ser tendido por medio de tubo conduit por piso y las terminaciones del cableado deberán instalarse en rosetas de puertos instaladas en piso desde las cuales se distribuirán los servicios de datos hasta los equipos terminales. Para mas detalles ver el plano de distribución del cableado horizontal en la terraza superior, plano 5.11 (plano terraza superior).

Plano 5.8 Nivel de Talleres



ÁREA DE SERVICIO
TALLERES



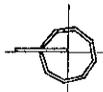
SIMBOLOGIA

- TUBO CANAL, FIBRA Óptica, TUBO PVC
- CABLEADO, CABLEADO
- TUBO CANAL, FIBRA Óptica, TUBO PVC
- CABLEADO, CABLEADO
- TUBO CANAL, FIBRA Óptica, TUBO PVC
- CABLEADO, CABLEADO
- TUBO CANAL, FIBRA Óptica, TUBO PVC
- CABLEADO, CABLEADO

NOTAS:

- 1. LAS SALIDAS DE ALTA TENSION DEBEN CONECTARSE CON UN INTERRUPTOR DE CORRIENTE AUTOMÁTICO (C.A.I.)
- 2. LAS SALIDAS DE ALTA TENSION DEBEN CONECTARSE CON UN INTERRUPTOR DE CORRIENTE AUTOMÁTICO (C.A.I.)
- 3. LAS SALIDAS DE ALTA TENSION DEBEN CONECTARSE CON UN INTERRUPTOR DE CORRIENTE AUTOMÁTICO (C.A.I.)
- 4. LAS SALIDAS DE ALTA TENSION DEBEN CONECTARSE CON UN INTERRUPTOR DE CORRIENTE AUTOMÁTICO (C.A.I.)
- 5. LAS SALIDAS DE ALTA TENSION DEBEN CONECTARSE CON UN INTERRUPTOR DE CORRIENTE AUTOMÁTICO (C.A.I.)
- 6. LAS SALIDAS DE ALTA TENSION DEBEN CONECTARSE CON UN INTERRUPTOR DE CORRIENTE AUTOMÁTICO (C.A.I.)
- 7. LAS SALIDAS DE ALTA TENSION DEBEN CONECTARSE CON UN INTERRUPTOR DE CORRIENTE AUTOMÁTICO (C.A.I.)
- 8. LAS SALIDAS DE ALTA TENSION DEBEN CONECTARSE CON UN INTERRUPTOR DE CORRIENTE AUTOMÁTICO (C.A.I.)
- 9. LAS SALIDAS DE ALTA TENSION DEBEN CONECTARSE CON UN INTERRUPTOR DE CORRIENTE AUTOMÁTICO (C.A.I.)
- 10. LAS SALIDAS DE ALTA TENSION DEBEN CONECTARSE CON UN INTERRUPTOR DE CORRIENTE AUTOMÁTICO (C.A.I.)

		PROYECTO DE INGENIERÍA TORRE DE INGENIERÍA ÁREA DE SERVICIO TALLERES	
NOMBRE DEL ALUMNO _____	NOMBRE DEL TUTOR _____	FECHA DE ENTREGA _____	FECHA DE CALIFICACIÓN _____
CALIFICACIÓN _____	OBSERVACIONES _____	FIRMA DEL ALUMNO _____	FIRMA DEL TUTOR _____

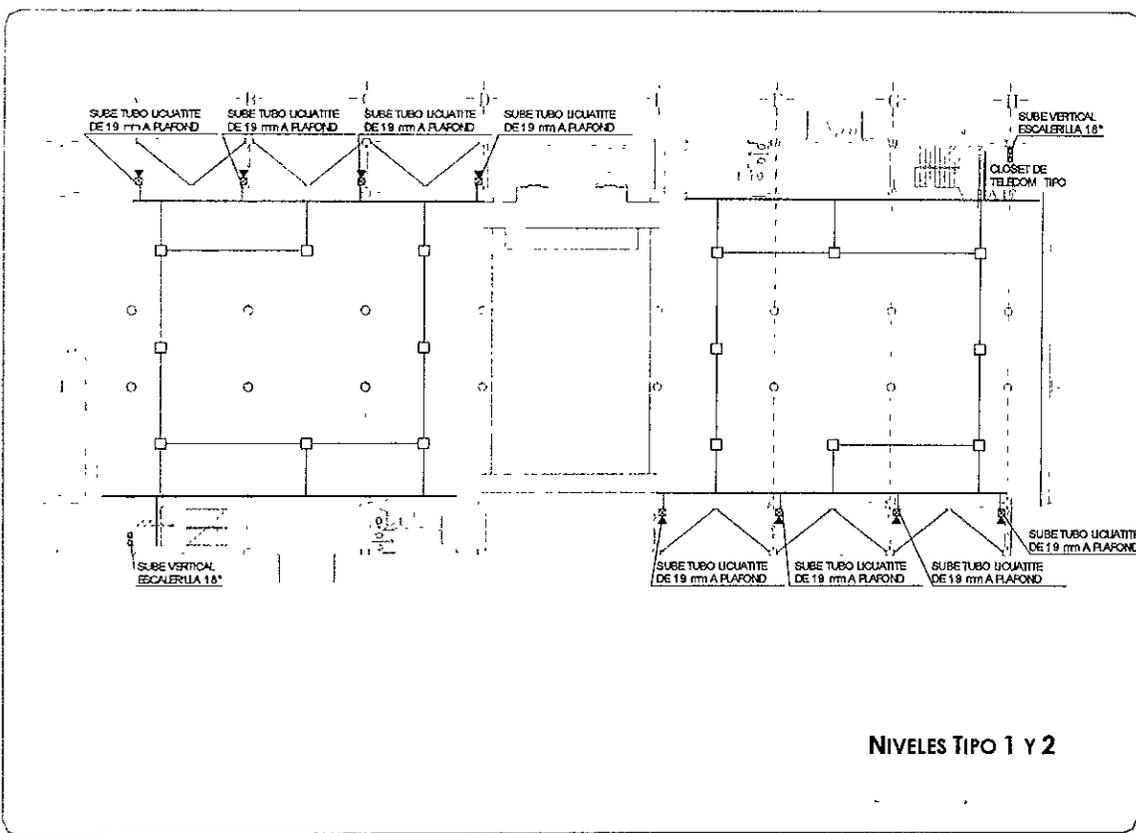


S I M B O L O G I A

- LUMINUCTO
- CANALIZACION PRINCIPAL A LUMINUCTO
- CAJA PARA PISO MARCA LUCCENT ACCESO PARA 1 (1) SALIDA PARA VOZ Y DATOS
- ☒ CAJA DE 10 cm. EN MURO
- △ SALIDA DOBLE (VOZ Y DATOS)

NOTAS

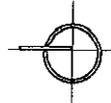
LOS CABLES DE VOZ Y DATOS DEBEN SER CON UN GRADUADO
 TODAS LAS SALIDAS DEBEN SER ALICATILLADAS
 DEBEN USARSE CABLES DE 19 mm. DE DIAMETRO
 TODAS LAS SALIDAS DEBEN SER EN PAREDES CON UNA CAJA
 DE 10 cm. EN MURO
 LAS SALIDAS DEBEN SER EN PAREDES CON UNA CAJA
 DE 10 cm. EN MURO



NIVELES TIPO 1 Y 2

Plano S.9 Niveles Tipo 1 y 2

INSTITUTO DE INGENIERIA RECTORIA DE INGENIERIA TORRE DE INGENIERIA	
NOMBRE: FECHA Y AÑO:	N.º DE PROYECTO: ESCALA:
AUTORIZADO: INGENIERO EN JEFE:	AUTORIZADO: INGENIERO EN JEFE:



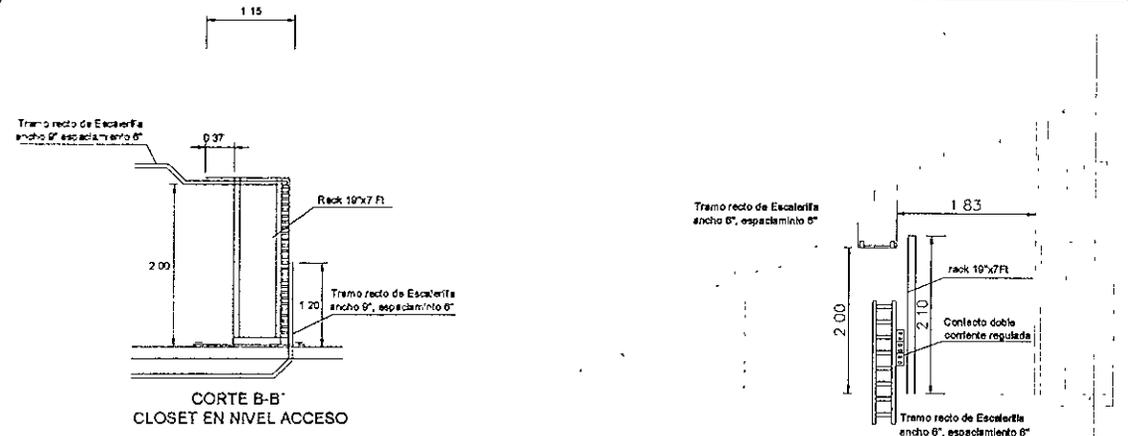
S I M B O L O G I A

- ▽ TUBO DE PVC AHOGADO EN PISO
DIMENSIONES INDICADAS
- ▽ SALIDA SENCILLA (VOZY DATOS)
- ▽ SALIDA DOBLE (VOZY DATOS)
- ⊗ CAJA DE 18 mm. CON SOBRETAPA
EN MURO A 30 cm. DEN P.T
- ⊠ REGISTRO METALICO
(DIM. INDICADAS)
- SALIDA DE FIBRA OPTICA
- SUBE TUBERIA A P. ACCESO
- ⊗ CONTACTO DOBLE POLARIZADO
REGULADO.
- ⊗ ARMADOR SENCILLO
- ⊗ ARMOTANTE
- ||||| ESCALERILLA MARCA CROUSE HINDS

N O T A S

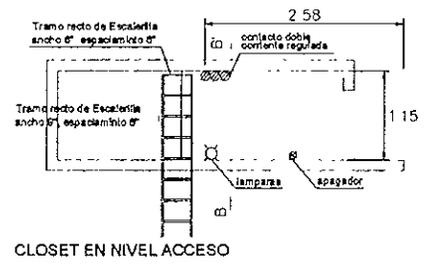
LOS VALORES DE DATOS DEBEN CONCORDAR CON UN CONTACTO DE CONTACTE REGULADA O VIVO
 TODAS LAS SALIDAS DEBEN SER EN EL RESPALDO
 EN CADA CASO DE DIRECCION CENTRA PRETENDIENDO
 LOSO TRÁZAS MARCA O SALIDA
 TODAS LAS SALIDAS DEBEN SER MANEJADAS CON UNA
 UNA CAJA DE TRO ELECTRICOS
 LA SERVICIOS DE LA EMPRESA, LAS CONDICIONES DEBEN
 DEBERN GUARDARLAS CON ALAMBRE DEL NO. 14

UNIVERSIDAD DE PUEBLO		FECHA
FACULTAD DE INGENIERIA		PROYECTO
CARRERA DE INGENIERIA		SEMESTRE
NOMBRE DEL ALUMNO		NOTA
FIRMA DEL ALUMNO		FECHA
FIRMA DEL PROFESOR		FECHA



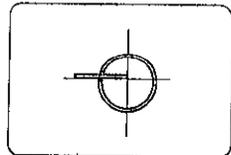
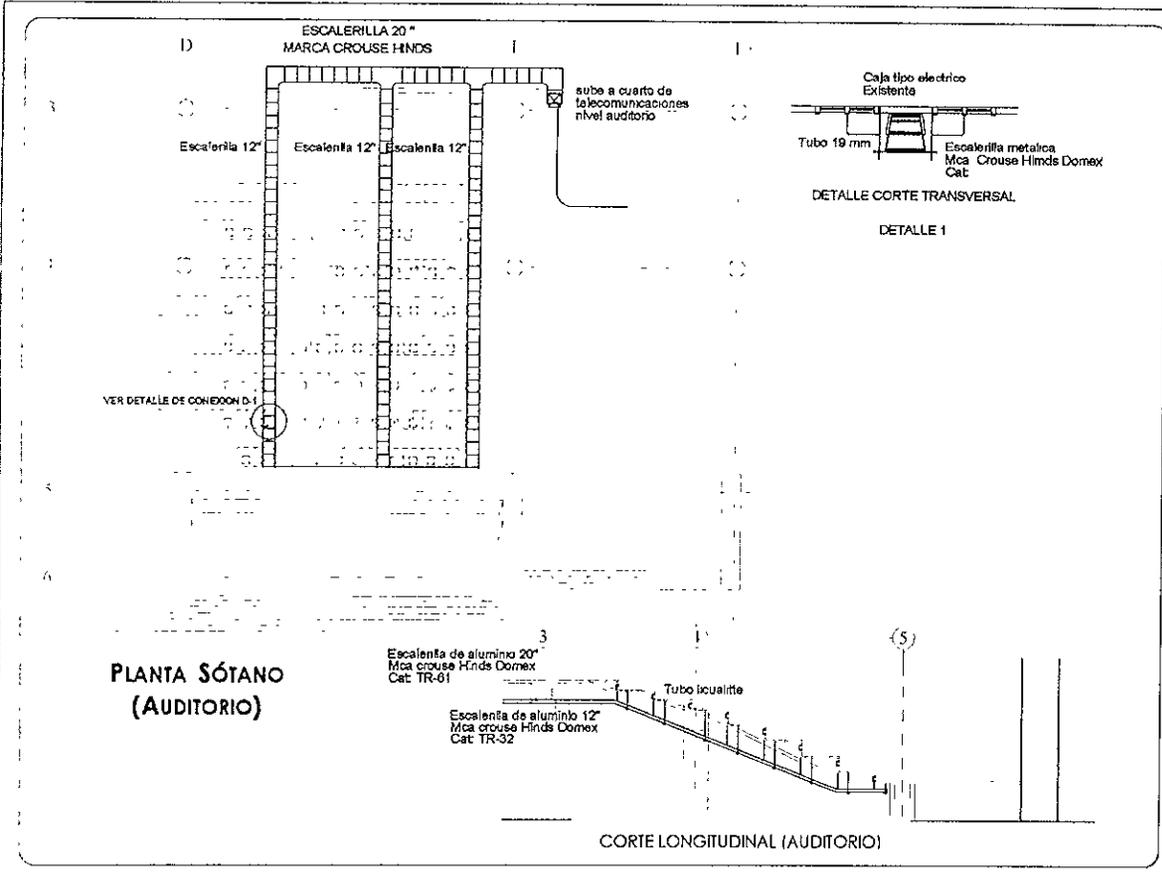
**CORTE B-B'
CLOSET EN NIVEL ACCESO**

CORTE A-A' DE CLOSET EN NIVEL ACCESO



CLOSET EN NIVEL ACCESO

Plano 5.12 Closet del Nivel Acceso



S I M B O L O G I A

	ESCALERILLA METALICA MCA. CROUSE HINDS CARACTERISTICAS INDICADAS.
	SAUDA SENCILLA (VOZY DATOS)
	SAUDA DOBLE (VOZY DATOS)
	CAJA DE 19 mm.
	REGISTRO METALICO (DIM. INDICADAS)
	SUBE TUBERIA A P. ACCESO

NOTAS:

LOS SAUDAS DE DATOS DEBERAN CONECTAR CON UN CONTACTO DE CORRIENTE REDUCIDA O RUPP

TODAS LAS SAUDAS DEBERAN IR EN EL PERFORTE EN CADA CASO DE EXPOSICION DEBERAN IR EN UN CODO DE LARGA MAYOR O IGUAL A 30"

TODAS LAS SAUDAS DEBERAN SER SUBIDAS CON UNA UNA CAJA DE 190 BUEBICO.

LA INYECTORA DE LA TUBERIA, ANO COMO LOS SAUDAS DEBERAN USAR LAS CAJAS CON ALAMBRE DE NO. 14

EMPRESA DE INGENIERIA TORRE DE INGENIERIA C/UNA (C/BOYBAY)	
PROYECTO:	AREA:
ESTAD. Y ACTOS:	27C-61a

5.4.2.2 Tecnología de red

En las etapas anteriores, se han definido los tipos de medio para el sistema de cableado del campus, del cableado vertical y horizontal en base a los requerimientos de la Red TI. La siguiente etapa es definir el tipo de tecnología de red a ser implantada en los sistemas de backbone y de escritorio u horizontal (los segmentos de red en cada nivel)

La tecnología de red a ser implantada debe ofrecer el soporte a las necesidades a mediano y largo plazo de los usuarios de la Torre I, es decir, debe enfrentar los retos actuales y futuros de comunicación, así como las aplicaciones venideras. Se puede considerar como principal objetivo el soporte a los servicios y aplicaciones mostrados en la tabla 5.3. Sin embargo, el incremento constante en el poder de procesamiento de los equipos de cómputo, las aplicaciones que cada vez demandan más ancho de banda, y el acceso de los usuarios a nuevos formatos de multimedia, video, e Internet; requerirán de conexiones a alta velocidad. Podemos establecer que el tipo de medio elegido para cada parte del sistema de cableado es el adecuado para la Red TI, pero en esta etapa se debe hacer un análisis para el tipo de tecnología de red, independiente del medio, que sea capaz de aprovechar las especificaciones de ancho de banda que estos ofrecen.

Etapá 4: Bases para la evaluación de la tecnología de la RED TI

Alcance de la etapa

En esta etapa se hará un análisis de las tecnologías de red para los sistemas de backbone y de escritorio que ofrezcan enlaces a alta velocidad para los equipos terminales de datos de los usuarios de la Torre I, así como calidad de servicio ó manejo de prioridades para aquellas aplicaciones que así lo requieran (multimedia, videoconferencia y aplicaciones en tiempo real), además de soporte a las nuevas y futuras aplicaciones, garantizando también la escalabilidad del ancho de banda, facilidades de administración y seguridad.

Desarrollo

Actualmente existen tecnologías de red de alta velocidad con opción a ser implantadas en la Red TI, pero es importante únicamente considerar aquellas que cuentan con una estandarización, madurez y con asociaciones de proveedores que les den respaldo y actualización, y en consecuencia un amplio soporte en el mercado

Para el proyecto Red TI se consideran aquellas tecnologías cuyas especificaciones cumplen con los requerimientos de la Red TI y con amplio soporte en el mercado: ATM, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, y FDDI. Estas cuatro tecnologías de red pueden ofrecer un alto desempeño en ciertas partes de la Red TI o pueden soportar de mejor manera un conjunto particular de funciones, aplicaciones y servicios. Por tal motivo, es importante hacer un análisis de estas tecnologías bajo ciertos parámetros para posteriormente elegir la tecnología de red adecuada para cada uno de los sistemas que conforman la Red TI.

5.4.2.2.1 Análisis de las tecnologías de red en ciertos parámetros

A continuación se hace una breve descripción de las tecnologías de red respecto a ciertos parámetros importantes para su análisis y evaluación.

ATM (Asynchronous Transfer Mode)

Ancho de banda: ATM soporta diferentes anchos de banda. Para redes de área local, en el mercado actual se manejan velocidades de 25Mbps, 155Mbps, 622Mbps y 2400Mbps.

Soporte a aplicaciones: ATM tiene varias características de transmisión que la convierten en una tecnología con manejo adecuado del tráfico de voz³⁵, datos y video (procesamiento de imágenes, videoconferencia, multimedia, etc.). La más importante de estas características es la capacidad de ofrecer calidad de servicio (QoS: Quality of Service)³⁶ dependiendo del tipo de tráfico a transmitir.

Seguridad: ATM es una tecnología orientada a conexión, por tal motivo agrega una ventaja potencial con respecto a la seguridad. La red puede determinar inteligentemente el tráfico que deberá ser transmitido basándose en su identificación fuente y destino (punto a punto). Se puede implantar un sistema de autenticación de usuario que restrinja el acceso a una parte o a todos los recursos de la red (filtrado de celdas)³⁷. La naturaleza de ATM de orientación a la conexión también asegura que el tráfico solamente será enviado al destinatario. Esto también permite no desperdiciar recursos de red con broadcast innecesarios e incrementar la eficiencia.

ATM proporciona las ventajas del manejo de redes virtuales debido a su tecnología de conmutación. Las redes virtuales pueden incrementar el nivel de seguridad sobre redes ATM. Los administradores de la red pueden hacer uso de las redes virtuales para definir filtros que restrinjan el acceso entre los grupos y dispositivos proporcionando así alta seguridad. Los conmutadores ATM ofrecen seguridad a nivel puerto lo que permite restringir a las subredes virtuales a puertos físicos específicos.

Estandarización: En gran parte las especificaciones principales y estándares para redes ATM privadas han sido desarrolladas por el Foro ATM (ATM Forum) y el IETF (Internet Engineering Task Force). En la práctica el Foro ATM ha extendido dichos estándares a los requerimientos específicos de redes privadas, por lo que se han creado nuevas especificaciones como son LANE y el protocolo P-NNI. Las especificaciones del Foro ATM pueden ser consideradas como estándares. El IETF se ha enfocado principalmente en aspectos de interoperabilidad en el manejo del protocolo IP sobre ATM³⁸.

La mayor desventaja de la tecnología ATM para redes de área local ha sido el lento desarrollo de los estándares. Esto a causa de que las fechas para la aprobación de las especificaciones pendientes no han sido cumplidas en su totalidad, además de que los esquemas de desarrollo necesarios no pueden dar inicio sin antes dar finalización a estándares previos. De esta manera el desarrollo de los estándares completos generalmente se retrasan para su liberación final.

Madurez en el mercado: ATM fue pensado en operar en redes de área amplia a partir del año de 1986, por lo que podemos considerar a los conceptos en que se basa esta tecnología son maduros. Sin embargo, en el área de redes de área local, el Foro ATM fue fundado en el año de 1991 y en conjunto con los estándares, han llevado una evolución lenta, además de no permitir un amplio desarrollo tanto en la interoperabilidad entre proveedores como con la relación de ATM con las redes heredadas. Por lo anterior se puede decir que ATM en el campo de redes de área local es una tecnología en evolución³⁹.

³⁵ Aunque ATM puede manejar tráfico de voz, hasta el momento se ha hecho poco en el desarrollo de ATM para voz en ambientes LAN. Actualmente ATM no tiene una capa o protocolo óptimo para manejar el tráfico de voz. El protocolo AAL que existe actualmente hace un manejo ineficiente de este tipo de tráfico.

³⁶ Existen las siguientes categorías de servicio: Tasa de Bit Constante (CBR: constant bit rate), Tasa de bit variable en tiempo real (rt-VBR: Real-Time variable bit rate), Tasa de bit variable en no tiempo real (nrt-VBR: non real time Variable bit rate), Tasa de bit disponible (ABR: available Bit rate), y Tasa de bit sin especificar (UBR: Unspecified bit rate).

³⁷ Todas las técnicas de filtrado basadas en direcciones son vulnerables a ataques de indagación de paquetes por parte de usuarios no autorizados.

³⁸ En la actualidad, otros protocolos de capa tres, como es el caso de IPX, tienen soluciones propietarias para la interoperabilidad sobre ATM. Sin embargo, el Foro ATM está desarrollando la especificación MPOA (Multiprotocol Over ATM) para que los protocolos de capa tres, específicamente el protocolo IP, operen de manera transparente sobre ATM.

³⁹ Para más información sobre la evolución de los estándares de ATM para redes LAN, referirse al Foro ATM en la página web www.atmforum.com

Confiabilidad: ATM puede ser configurado sobre una topología de tipo malla, lo que permite proveer varios enlaces entre componentes y de esta manera tener varias rutas redundantes. A pesar de esto, ATM para ofrecer una red lo suficientemente rápida, no provee detección de errores ni tampoco esquemas de retransmisión.

Administración: El protocolo ILMI (Interim Local Management Interface) ofrece una interface para administración basada en el protocolo SNMP (Simple Network Management Protocol) para ATM. ILMI requiere que cada estación final (UNI 3.0 y UNI 3.1) o red ATM implemente una Entidad de Administración UNI (UME:UNI management entity. El UME funciona como una MIB ILMI (management Information Base). Este responde a peticiones de las aplicaciones de administración SNMP. El estándar de administración SNMP puede utilizar los niveles AAL 3/4 o AAL 5 para encapsular los comandos SNMP en unidades de datos del protocolo ATM (PDUs).

Desempeño: ATM al ser una tecnología de conmutación y proporcionar características de calidad de servicio (Q o S) ofrece un alto desempeño en el manejo del ancho de banda. Al mismo tiempo permite transmisiones full dúplex incrementando el ancho de banda al doble. Al permitir una topología del tipo malla y por su característica de operación, los conmutadores ATM pueden utilizar el balanceo de cargas a través de las múltiples rutas disponibles.

En base a la relación entre el tamaño de la celda y el encabezado de información, ATM tiene un desempeño del 90.5% en cuanto a la transferencia real de datos por celda.

Control de flujo: ATM define varios esquemas simples para el control de la congestión, entre ellos se encuentran GFC (Generic Flow Control), CLP (Cell Loss Priority) y el EFCl (Explicit Forward Congestion Indicator). Sin embargo, se hacen necesarios mecanismos mas sofisticados para el manejo de la congestión en redes mas grandes y que soporten diferentes tipos de tráfico. El Foro ATM ratificó la estrategia de manejo del tráfico basado en velocidad (rate base) que trabaja sobre los conmutadores y las estaciones finales regulando la velocidad de transmisión cuando se llega a un cierto nivel de congestión

Garantía de entrega: En la capa ATM no existe un servicio de garantía de entrega fin a fin (end to end), ya que esta no realiza ninguna función de retransmisión y por tal motivo se delega esta función a los protocolos de capas superiores

Flexibilidad Topológica La tecnología ATM soporta topologías de malla y estrella sobre diferentes medios de transmisión como: fibra óptica, par trenzado y cable coaxial. ATM es la única tecnología que ofrece soluciones potencialmente de usuario final a usuario final, lo que significa que puede ser empleado tanto para conexiones WAN, backbones de redes LAN, como para soluciones de usuario final. Sin embargo, es importante tener en consideración que su instalación y configuración es compleja. Los retos de interoperabilidad en ambientes LAN han limitado la implantación inicial a backbones de campus, backbones intraedificios, conexiones de servidores de alto desempeño y conexiones hacia redes WAN.

Escalabilidad: ATM al soportar una topología del tipo malla, puede aumentar el número de conmutadores conectados al backbone sin límite. Solo se tienen las restricciones físicas de los equipos, como son el número de direcciones MAC que manejan, así como las características de no bloqueo de los mismos. ATM permite también tener una escalabilidad en el ancho de banda.

Redes virtuales: ATM tiene un amplio manejo de redes virtuales por su especificación como una tecnología conmutada. La principal ventaja del uso de redes virtuales es que permite a los administradores poder agrupar los dispositivos lógicamente sin importar la localización física de estos, además de proveer un ancho de banda y servicio dedicado a cada uno de los dispositivos, así mismo, la administración de redes virtuales puede definir filtros entre las mismas redes virtuales (como lo hace

un enrutador). A parte de la capacidad de filtrado, las redes virtuales permiten facilidades de administración como: simplicidad de administración (movimientos, adiciones y cambios de dispositivos y usuarios finales), manejo del ancho de banda por usuario y características de seguridad.

Costo: ATM es una tecnología que aún sigue en desarrollo, específicamente en redes del tipo LAN. Los costos que representan adquirir una tecnología ATM en comparación de con otras tecnologías, aún es alto. Sin embargo, la participación de más fabricantes y la tendencia que tiene ATM de ser una de las tecnologías con mayor soporte hacia el futuro, puede generar que los costos disminuyan.

ATM es recomendable para:

- ⇒ Aplicaciones de multimedia y video gracias a su capacidad de asignación dedicada de ancho de banda para aplicaciones y calidad de servicio.
- ⇒ Para ser implantada en el backbone ya que es una tecnología escalable que proporciona un alto desempeño, seguridad y manejo de rutas redundantes (con balanceo de cargas).
- ⇒ Para redes de área amplia por su capacidad de integración de redes WAN y LAN, y por la escasez de limitaciones de distancia.

ATM no es recomendable para:

- ⇒ Redes pequeñas, por su costo alto.
- ⇒ Para redes que deban conservar su base instalada de diferentes protocolos de red, ya que actualmente ATM carece de especificaciones estándares para su integración con varios protocolos de red.

ATM es fuerte en:

- ⇒ Alto desempeño.
- ⇒ Escalabilidad.
- ⇒ Ancho de banda dedicado.
- ⇒ Potencialmente para empleo universal (WAN y LAN).
- ⇒ Seguridad.
- ⇒ Redes virtuales.

ATM es débil en:

- ⇒ Interoperabilidad (actualmente por la falta de culminación de estándares).
- ⇒ Alto costo.
- ⇒ Tolerancia a fallas moderado (se tienen que crear los enlaces redundantes).

Arquitectura de red	Aplicaciones de red
Para grupos de trabajo de alto desempeño	Aplicaciones de Bases de Datos
Para grupos de servidores	Multimedia
Backbone	Procesamiento de imágenes
Redes de área amplia	Redes de área amplia

Tabla 5.19 Soluciones que provee ATM

Fast Ethernet Conmutado

Ancho de banda: Fast Ethernet soporta un ancho de banda de 100Mbps.

Apoyo a aplicaciones: Fast Ethernet soporta un modo de transmisión asíncrono, con lo cual ofrece un mejor desempeño para tráfico que sea intermitente entre el cliente y el servidor (por ejemplo las aplicaciones de bases de datos). También es bueno para aplicaciones estándares de oficina (procesadores de texto, hojas de cálculo, etc.). Sin embargo, por las características que proporciona la conmutación, aunado con el ancho de banda que soporta, se pueden llevar cierto tipo de tráfico de multimedia no sensible al tiempo, esto se aplica principalmente a dispositivos que tienen el ancho de banda dedicado, es decir, que están conectados directamente a un puerto del conmutador.

Seguridad: Fast Ethernet conmutado proporciona cierto margen de seguridad a partir del principio de conmutación donde los paquetes viajan a través de una conexión virtual entre el nodo emisor y el nodo receptor, esto es, en esencia se crea un segmento privado entre los puertos origen y destino.

Standardización: Fast Ethernet conmutado cumple con los mismos estándares que el Fast Ethernet compartido (802.3u). A pesar de esto, actualmente no existen estándares para regular los mecanismos para el control de flujo y para el de conmutación en el backplane de los switches.

Madurez en el mercado: Fast Ethernet conmutado salió al mercado en el año de 1995, y gracias al apoyo por parte de los fabricantes así como a la aceptación de los usuarios como consecuencia de la experiencia que tenían con la tecnología Ethernet, es una tecnología con amplio soporte.

Confiabilidad: Fast Ethernet conmutado ofrece mecanismos de tolerancia a fallos al permitir llevar a cabo rutas redundantes, siendo administradas por el protocolo de árbol expandido (Spanning Tree, 802.1d).

Administración: Debido a que Fast Ethernet es una tecnología muy similar a 10BaseT, muchas de las familias de herramientas de administración están disponibles para usarse en redes 100BaseT, como son los sistemas de administración de dispositivos y analizadores de protocolos.

Desempeño: Fast Ethernet conmutado proporciona un mayor desempeño que Fast Ethernet compartido, esto debido a que la conmutación proporciona una mejor asignación de ancho de banda y un menor nivel de degradación en el incremento de nodos en la red. Por otro lado existen características opcionales que dependen del diseño de una red Fast Ethernet, como son el modo de operación full dúplex y la reducción o completa eliminación de colisiones⁴⁰.

En base a la relación entre el tamaño del paquete y el encabezado de información, Fast Ethernet tiene un desempeño del 98.4% en cuanto a la transferencia real de datos por paquete.

Control de flujo: Los switches pueden llegar a un punto de congestión en los puertos de salida y de esta manera la técnica empleada para manejar la congestión afecta directamente el desempeño de la red. Los switches Fast Ethernet ocupan una de dos técnicas, la primera es conocida como "backpressure", la cual envía una señal para reducir la carga del tráfico proveniente de la fuente y así evitar congestionamientos. La segunda técnica está basada en grandes buffers de almacenamiento. Por otro lado, Fast Ethernet conmutado está basado en el protocolo CSMA/CD.

Garantía de Entrega: Fast Ethernet es una tecnología de mejor operación de entrega y la mayoría de las funciones de recuperación de error son delegadas a los protocolos de capas superiores, por lo

⁴⁰ Estas características dependen del tipo de segmentación que se lleve a cabo. En el caso de una segmentación dedicada se eliminan completamente las colisiones y se puede realizar el modo full dúplex. Por otro lado, la segmentación compartida solo reduce el número de colisiones dependiendo del número de estaciones que se conecten.

que no garantiza una entrega de datos eficaz. Los conmutadores Fast Ethernet realizan la verificación de problemas comunes con Ethernet, tales como corrección de errores.

Flexibilidad Topológica: Fast Ethernet conmutado soporta las topologías del tipo estrella y malla en ambas sobre fibra óptica y par trenzado sin blindar en categorías 3, 4 y 5 con diferentes configuraciones que pueden representar algunas desventajas dependiendo del sistema de cableado existente y del tipo de tecnología Fast Ethernet que se quiera implantar (compartido o conmutado).

Debido a su limitada cobertura de distancia, Fast Ethernet se desempeña mejor en redes LAN ya que soporta una distancia de 2Km totales entre usuarios finales sobre fibra óptica multimodo (en modo full dúplex) y por otro lado, soporta 100m sobre cable par trenzado (full/half dúplex). La instalación de Fast Ethernet en cualquiera de sus tipos es relativamente simple y fácil de encontrar asistencia técnica, debido a la popularidad de su antecesor Ethernet 10BaseT.

Escalabilidad: Fast Ethernet no tiene una escalabilidad de ancho de banda como tal, en su lugar existen desarrollos que se encuentran basados en el mismo principio de CSMA/CD utilizados originalmente por Ethernet y posteriormente el caso de Gigabit Ethernet el cual proporciona un ancho de banda de 1Gbps.

Redes Virtuales: Fast Ethernet conmutado permite el manejo de redes virtuales, con lo que proporciona una herramienta de administración y seguridad. Con el manejo de redes virtuales pueden llevar a cabo una estructuración lógica de estaciones y dispositivos de red, no importando la localización física de estos y al mismo tiempo un mecanismo de filtrado de paquetes entre las redes virtuales.

Costo: Fast Ethernet conmutado tiene un menor costo de implantación en comparación a tecnologías de red como FDDI y 100VG-AnyLAN. El gran apoyo en el mercado permite que los costos se reduzcan gradualmente.

Fast Ethernet conmutado es recomendable para:

- ⇒ Aplicaciones que requieran una comunicación intermitente entre cliente y servidor, ya que el protocolo CSMA/CD ofrece su mejor desempeño bajo el tipo de tráfico intermitente, opuesto al tráfico continuo.
- ⇒ Para aplicaciones estándares en áreas de trabajo en computadoras de escritorio.
- ⇒ Para grupos de servidores de alto desempeño, y que se encuentren centralizados geográficamente a causa de su limitada distancia.
- ⇒ Para ser implantado en sistemas de backbone bajo ciertas consideraciones, por ejemplo, con la característica full dúplex habilitada y la configuración de rutas redundantes.

Fast Ethernet conmutado no es recomendable para:

- ⇒ Aplicaciones que requieran comunicación sensible al tiempo o constante entre el cliente y servidor, como son las aplicaciones de multimedia y video. Esto es a causa de que la arquitectura del protocolo CSMA/CD no puede realizar la entrega de paquetes de manera predecible.

Fast Ethernet conmutado es fuerte en:

- ⇒ El costo de su implantación, no es caro.
- ⇒ Fácil de integrar dentro de instalaciones existentes de 10BaseT.
- ⇒ Usa los mismos tipos de conexiones (pin-outs) como 10BaseT.
- ⇒ Utiliza la mayoría de las reglas de cableado de 10BaseT.

Fast Ethernet conmutado es débil en.

- ⇒ Limitada escalabilidad.
- ⇒ Permite solo dos repetidores por segmento.
- ⇒ Máxima distancia de la red de solo 210m entre el nodo final y el conmutador.
- ⇒ El método de acceso al medio CSMA/CD impide respuestas a tiempo para usuarios y aplicaciones que requieren de un ancho de banda alto.
- ⇒ No puede hacer prioridades de tráfico para entregar Clase de Servicio (CoS). Requiere de la incorporación de otras tecnologías como IEEE 802.1q y el protocolo RSVP (Resource Reservation Protocol)

Arquitectura de red	Aplicaciones de red
Para grupos de trabajo de alto desempeño	Aplicaciones de Bases de Datos
Para grupos de servidores	Aplicaciones de grupo de trabajo
Backbone bajo ciertas especificaciones	Cierta tipo de multimedia

Tabla 5.20 Soluciones que provee Fast Ethernet conmutado

Gigabit Ethernet Conmutado

Ancho de Banda: Gigabit Ethernet soporta un ancho de banda de 1000Mbps (en teoría).

Soporte a aplicaciones: Gigabit Ethernet soporta un modo de transmisión asíncrono, con lo cual ofrece un alto desempeño en tráfico intermitente en una configuración cliente-servidor, como es el caso de las Bases de Datos. También ofrece un alto desempeño en aplicaciones estándares de oficina como: procesadores de texto, hojas de cálculo, etc. Para soportar la necesidad de incrementar el ancho de banda para las aplicaciones, Gigabit Ethernet con fibra óptica como medio de transmisión ofrece un mejor desempeño de la subcapa MAC en la capa de enlace de datos y así soportar tráfico de videoconferencia, imágenes y multimedia, sobre el protocolo IP. Para el caso del tráfico de multimedia, se aplica a los dispositivos que tienen el ancho de banda dedicado, es decir, que están conectados directamente a un puerto del switch.

Seguridad: Se puede especificar a Gigabit Ethernet conmutado con cierto margen de seguridad, ya que partiendo del principio de conmutación, los paquetes viajan a través de una conexión virtual únicamente entre el nodo transmisor y el nodo receptor, es decir, se crea un segmento privado entre los puertos origen y destino.

Estandarización. Gigabit Ethernet conmutado cumple con los mismos estándares que el Gigabit Ethernet compartido (802.3z). Actualmente no existen estándares para regular los mecanismos de control de flujo y control de conmutación en el backplane de los switches.

Madurez en el mercado: Gigabit Ethernet conmutado fue aprobado por el IEEE a principios del año de 1998 teniendo como base a sus antecesores Ethernet y Fast Ethernet. Gigabit Ethernet conmutado tiene el apoyo de fabricantes y distribuidores así como una pronta aceptación entre los usuarios. Gigabit Ethernet es una tecnología que tiene un amplio soporte de empresas de red, de computadoras y de semiconductores.

Confiabilidad: Gigabit Ethernet conmutado puede proporcionar mecanismos para tolerancia a fallos, ya que permite implantar rutas redundantes que son administradas por el protocolo de árbol expandido (Spanning Tree, 802.1d).

Administración: Gigabit Ethernet conmutado al ser compatible con la mas popular arquitectura de red, Ethernet, soporta la mayoría de las herramientas de administración, así como los sistemas de administración de los dispositivos de red y los analizadores de protocolos. No es necesario adquirir una nueva pila de protocolos.

Desempeño: Gigabit Ethernet conmutado ofrece un mejor desempeño en comparación con Gigabit Ethernet compartido. Esto es a causa de que la conmutación proporciona una mejor asignación de ancho de banda y un menor nivel de degradación en el aumento de usuarios, además de que permite incrementar la longitud de cable de fibra óptica entre conmutadores. Por otro lado, agrega características opcionales como el modo de operación full dúplex y la reducción casi completa de colisiones.

Gigabit Ethernet mantiene el mismo formato de paquete que Ethernet y Fast Ethernet. De acuerdo a la relación entre el tamaño del paquete y el encabezado de información, Gigabit Ethernet tiene un desempeño del 98.4% en cuanto a la transferencia real de datos por paquete.

Control de flujo: Los conmutadores pueden llegar a un punto de congestión en los puertos de salida de esta manera la técnica empleada para manejar la congestión afecta directamente el desempeño de la red. Los conmutadores Gigabit Ethernet ocupan una de dos técnicas, la primera es conocida como backpressure, la cual envía una señal para reducir la carga del tráfico proveniente de la fuente y así evitar congestiones; mientras que la segunda técnica está basada en grandes buffers de almacenamiento. Por otro lado, Gigabit Ethernet conmutado está basado en el protocolo CSMA/CD.

Garantía de entrega: Gigabit Ethernet es una tecnología de mejor desempeño en entrega de paquetes, y la mayoría de las funciones de recuperación de error son delegadas a los protocolos de capas superiores, por lo que no garantiza una entrega de datos eficaz. Los conmutadores Gigabit Ethernet realizan la verificación de problemas comunes con Ethernet, tales como corrección de errores.

Flexibilidad Topológica: Gigabit Ethernet conmutado soporta las topologías del tipo estrella y malla, ambas sobre fibra óptica y par trenzado sin blindar categoría 5 y 5E, con diferentes configuraciones que pueden representar algunas desventajas dependiendo del sistema de cableado existente y del tipo de tecnología Gigabit Ethernet que se quiera implantar (compartido o conmutado).

Debido a su amplia cobertura de distancia, Gigabit Ethernet conmutado se puede desempeñar en redes tipo LAN y en campus ya que soporta una distancia de 550m totales de fibra óptica multimodo (en modo full dúplex) y 3km totales de fibra óptica mono modo entre switches, además soporta 100m sobre cable par trenzado (full/half dúplex) y 25m de cable de cobre. La instalación de Gigabit Ethernet en cualquiera de sus configuraciones es relativamente simple y fácil de encontrar asistencia técnica debido a la popularidad de sus antecesores Ethernet y Fast Ethernet.

Escalabilidad: Gigabit Ethernet conmutado desarrolla esquemas que permiten una mejor escalabilidad en el número de usuarios y de enlaces, así como las características full dúplex que permiten incrementar la distancia entre los dispositivos de red.

Redes Virtuales: Gigabit Ethernet conmutado permite el manejo de redes virtuales, con lo que se proporciona una herramienta de administración y seguridad. Con el manejo de redes virtuales se pueden llevar a cabo una estructuración lógica de estaciones y dispositivos de red, no importando la localización física de estos y al mismo tiempo un mecanismo de filtrado de paquetes entre las redes virtuales.

esto: Gigabit Ethernet conmutado ofrece un menor costo de implantación en comparación con la tecnología ATM. Eventualmente los costos de dispositivos en comparación con Fast Ethernet no será muy grande.

Gigabit Ethernet conmutado es recomendable para:

- ⇒ Aplicaciones que requieran una comunicación intermitente entre cliente y servidor, ya que el protocolo CSMA/CD ofrece su mejor desempeño bajo el tipo de tráfico intermitente, opuesto al tráfico continuo.
- ⇒ Para ofrecer un mejor desempeño en aplicaciones estándares de áreas de trabajo en computadoras de escritorio.
- ⇒ Para ser implantado en sistemas de backbone y campus.

Gigabit Ethernet conmutado no es recomendable para:

- ⇒ Aplicaciones que requieran comunicación sensible al tiempo o constante, no soporta tráfico en tiempo real como voz y video. Esto es a causa de que la arquitectura del protocolo CSMA/CD no puede realizar la entrega de paquetes de manera predecible.

Gigabit Ethernet conmutado es fuerte en:

- ⇒ El costo de su implantación en comparación con su competidor, ATM.
- ⇒ Fácil de integrar dentro de instalaciones existentes de Ethernet y Fast Ethernet.
- ⇒ Su diseño, instalación y configuración son los mismos que Ethernet y Fast Ethernet, y tiene amplio soporte.
- ⇒ Compatibilidad directa con IP.

Gigabit Ethernet conmutado es débil en:

- ⇒ Permite solo dos repetidores por segmento
- ⇒ No puede hacer prioridades de tráfico para entregar Clase de Servicio (CoS). Requiere de la incorporación de otras tecnologías como IEEE 802.1q y el protocolo RSVP (Resource Reservation Protocol).
- ⇒ No puede limitar los efectos jitter en señales digitales a alta frecuencia, para poder ofrecer Calidad de Servicio (QoS).

Arquitectura de red	Aplicaciones de red
Para grupos de trabajo de alto desempeño	Aplicaciones de Bases de Datos
Para grupos de servidores	Aplicaciones de grupo de trabajo
Backbone	Cierto tipo de multimedia

Tabla 5.21 Soluciones que provee Gigabit Ethernet conmutado

FDDI (Fiber Distributed Data Interface)

Ancho de banda: El ancho de banda soportado por FDDI es de 100Mbps.

Soporte a aplicaciones: FDDI dispone de los modos de transmisión asíncrono y síncrono. El modo de transmisión asíncrono soporta el manejo de datos, mientras que el modo síncrono permite dar prioridad al tráfico de datos sensible al tiempo aunque no de manera eficiente ya que no garantiza que la señal token llegue a la estación en el tiempo establecido para transmitir la información, es

decir, puede llegar retrasado. Podemos decir que FDDI puede soportar la transmisión de datos, cualquier tipo de tráfico de voz y video.

Seguridad: FDDI es una tecnología de medio compartido, por tal motivo no proporciona ningún nivel de seguridad en la transmisión de los paquetes, cualquier estación no autorizada puede analizar el contenido de los paquetes que se transmiten por el anillo FDDI.

Estandarización: un subcomité del grupo de trabajo técnico X3T9 del Instituto Nacional Americano de Estándares (ANSI), estuvo encargado en el año de 1982 del desarrollo de un estándar de redes de datos de alta velocidad. En 1986 ANSI revisó el proyecto original y publicó una propuesta que finalmente sería el FDDI que se conoce actualmente.

Madurez en el mercado: Al ser estandarizado a mediados de los años ochentas, FDDI cuenta con un desempeño probado y se puede considerar una tecnología madura y estable.

Confiablez: FDDI es una tecnología extremadamente tolerante a fallas debido a su topología de doble anillo redundante, por lo que los dispositivos pueden tener dos conexiones al anillo dual y tener rutas alternas de conexión.

Administración: FDDI define su propio protocolo de monitoreo y administración, llamado Administración de Estación (SMT: Station Management). A diferencia de otras tecnologías de red, FDDI fue diseñado con SMT como parte integral, además de soportar los protocolos estándares de administración como SNMP y RMON.

Desempeño: Tomando como referencia el tamaño del paquete y el encabezado de información, FDDI tiene un desempeño del 99.5% en cuanto a la transferencia real de datos por paquete. El diseño del medio compartido tiene ciertas desventajas debido a que todos los nodos de la red deben obtener una porción de los 100Mbps comunes, la capacidad disponible para cada usuario decrece en proporción al tamaño de la LAN. Es importante hacer notar que aunque FDDI consta de un anillo dual, solo un anillo permanece activo mientras el otro sirve de respaldo.

Control de flujo: Debido a las características de transmisión que maneja FDDI permiten que no sea afectado por ningún tipo de congestión. En ambientes FDDI conmutado, el ajuste del TTRT (Target Rotation Time) permite el manejo de grandes cargas de tráfico sin problemas de congestión.

Garantía de entrega: FDDI al igual que Ethernet, delega las funciones de garantía de entrega a los protocolos de capas superiores.

Flexibilidad topológica: FDDI soporta la configuración en anillo, estrella y punto a punto, y solo es posible utilizar fibra óptica o par trenzado categoría 5 en el caso de CDDI. FDDI soporta una distancia de 100Km totales de diámetro por anillo en fibra óptica multimodo y 2Km de distancia entre nodos. Por otro lado, soporta 100m de distancia entre estaciones sobre cable par trenzado. La instalación de FDDI es relativamente difícil, no obstante, la red FDDI operando es muy estable y requiere de poco mantenimiento. Los estándares ANSI e ISO no soportan algoritmos de puenteo de encaminamiento fuente lo que conduce a esquemas de solución propietarios y consecuentemente con incompatibilidad.

Escalabilidad: FDDI no ofrece escalabilidad para un mayor ancho de banda. Al mismo tiempo únicamente soporta un total de 500 nodos conectados directamente al anillo dual.

Conmutación: FDDI conmutado proporciona todas las ventajas de cualquier tecnología conmutada como el modo de operación full dúplex (obteniéndose un ancho de banda de 200Mbps), manejo

redes virtuales (VLAN), etc. Sin embargo, el costo de la tecnología FDDI conmutado es sumamente costosa y por tal motivo solamente es recomendada para ambientes donde la inversión es grande, y por otro lado, muy pocos proveedores lo soportan.

Costo: Debido a su complejidad, FDDI es una tecnología de alto costo en comparación con otras tecnologías de redes en el mercado.

FDDI es recomendado para:

- ⇒ Para cierto tipo de multimedia y video por el modo de operación de asignación del ancho de banda sincrónico que puede asegurar el ancho de banda adecuado.
- ⇒ Para grupos de servidores y cableado vertical por las características de ser administrable y su esquema tolerante a fallas.
- ⇒ Segmentos del backbone.

FDDI no es recomendable para:

- ⇒ Para el área de trabajo con computadoras de escritorio por el alto costo y los grandes encabezados que maneja asociado con el SMT.

FDDI es fuerte en:

- ⇒ Soporte de extensiones para la administración construidos dentro del protocolo SMT.
- ⇒ Soporte a un diámetro grande de la red.

FDDI es débil en:

- ⇒ Relativamente caro.
- ⇒ Relativamente difícil de instalar
- ⇒ Un gran encabezado al utilizar el SMT.
- ⇒ Configuración únicamente en el tipo de topología de anillo.
- ⇒ Inicio de la etapa en que proveedores empiezan a dejar de darle soporte.

Arquitectura de red	Aplicaciones de red
Para grupos de trabajo de alto desempeño (con CDDI)	Multimedia
Para grupos de servidores (con CDDI)	Procesamiento de imágenes
Backbone (con FDDI)	

Tabla 5.22 Soluciones que provee FDDI

Resumen de las especificaciones de las tecnologías de red

A continuación se muestra una tabla comparativa en la cual los datos son fuente de los sitios web de: Intel (www.intel.com/network), Cisco (www.cisco.com), 3Com (www.3com.com), Alianza Gigabit Ethernet (www.gigabit-ethernet.org) y del Foro ATM (www.forumatm.com).

	Fast Ethernet conmutado	Gigabit Ethernet conmutado	ATM	FDDI/CDDI
Estandarización	802.3u (aprobado el 14 de junio 1995)	802.3z (aprobado a principios de 1998)	No tiene	ANSI X3T9.5 en 1986
Asociación que lo soporta	La alianza Fast Ethernet	La alianza Gigabit Ethernet	Foro ATM	No existe organización
Velocidad (Mbps)	100	1000	25, 50, 155 y 622	100
Topología	Malla, punto a punto y estrella	Malla, punto a punto y estrella	Malla, punto a punto y estrella	Punto a punto, anillo y estrella
Network Overhead	1.6%	1.6%	9.5%	0.5%
Método de acceso	Conmutación y CSMA/CD	Conmutación y CSMA/CD	Conmutación	Rotación de señal token por tiempo
Tipo de paquete	Ethernet 802.3	Ethernet 802.3	Ninguno (basado en celdas)	FDDI ANSI X3T9.5
Máximo tamaño de paquetes (bytes)	1,500	1,500	53 (tamaño de las celdas)	4,500
Medios soportados:				
UTP Categoría 3	4 pares	No	Si	No
UTP Categoría 4	4 pares	No	No	No
UTP Categoría 5	2 o 4 pares	4 pares	Si	4 pares
STP Categoría 1	2 pares	2 pares	No	2 pares
Fibra Óptica	Si	Si	Si	Si
Distancia de cable de cobre entre nodos	100m	100m	100m	100m para CDDI n/a para FDDI
Diámetro de la red	2.2Km	-	Desde 100m hasta múltiples kilómetros	Desde 100m hasta 200Km
Full dúplex	Si	Si	Si	No
Redundancia	Por método de árbol expandido (spanning tree)	Por método de árbol expandido (spanning tree)	Rutas múltiples (topología de malla) con balanceo de cargas	Dual homing MAC ring
Tipo de redes donde es recomendable utilizarla	LAN	LAN	LAN y WAN	LAN y MAN
Tipo de redes donde no es recomendable utilizarla	MAN y WAN	WAN	Ninguna	WAN
Calidad de servicio	Clase de servicio con 802.1Q y RSVP	Clase de servicio con 802.1Q y RSVP	Manejo de Calidad de Servicio (QoS) con SVCs	Clase de servicio con 802.1Q y RSVP
Servicios	Asíncronos	Asíncronos	Isócrono, asíncrono y síncrono	Asíncrono y síncrono
Aplicación en la cobertura geográfica	Para grupos de trabajo, áreas de trabajo. Solamente implementaciones en Backbone con la característica full dúplex activa	Para mejorar el desempeño de grupos de trabajo, áreas de trabajo. Backbone y campus, conexión de servidores	Áreas de trabajo, grupos de trabajo, backbone (LAN, Campus y WAN) y conexión de servidores	Área de trabajo, grupos de trabajo, backbone (LAN y WAN)

Aplicaciones (voz, datos y video)	Transferencia de datos	Transferencia de datos a alta velocidad, multimedia, potencial para voz/video sobre IP.	Datos, voz, multimedia y aplicaciones de video (debido a la asignación de ancho de banda sincrónico)	Datos, multimedia y aplicaciones de video (debido a la designación sincrónica de ancho de banda)
Característica de latencia para manejo de multimedia	Variable y baja, alrededor de 30 microsegundos	Variable y baja, menos de 30 microsegundos en una red bien diseñada	Variable y baja, menos de 30 microsegundos en una red bien diseñada	Variable y alta, típicamente se mide en milisegundos
Escalable	No	Si	Si	No
Compatibilidad con IP	Si	Si	Requiere RFC 1577 e IP sobre LANE o implementación de PNNI y/o MPOA en el futuro.	Si
Paquetes Ethernet	Si	Si	Requiere LANE 1.0 o ruteo de celdas a paquetes	No
Soporte a Redes Virtuales (802.1Q)	Si	Si	Requiere un mapeo de SVCs a 802.1Q	Si
Uso de software	Si	Si	No	Si
Fácil integración	Si	Si	No	No
Administración	SNMP y MIBs Ethernet	SNMP y MIBs Ethernet	SNMP y MIBs propietarias	SMT, SNMP
Madurez del estándar	Estable	Evolucionado	Evolucionado	Estable
Productos disponibles	Desde 1994	Desde 1998	1993-1994	Desde 1990
Costo aproximado por nodo en base al precio de 100BaseT	-	2 veces	6 veces	6 veces
Proveedores mas importantes	3Com AT&T Global System Bay Networks Cabletron Systems Chipcom Cisco System Digital Equipment Intel Adaptec	3Com AT&T Global Sys Intel Adaptec Cabletron Sys. Cisco System Digital Equipment NetFrame Xircom Hewlett-Packard	3Com Adaptec Cabletron Systems Cisco System Digital Equipment Motorola SynOptics Fore Systems Hewlett-Packard Radcom	3Com Anixter Bros Cabletron Cisco Systems Digital Equipment Hewlett Packard IBM Corp SynOptics

Tabla 5.23 Resumen de las especificaciones mas importantes de las tecnologías de red opcionales para la Red TI

5.4.2.2 Análisis y evaluación de las tecnologías de red para el Backbone y el sistema de escritorio

Para definir la tecnología de red adecuada a los requerimientos de la Red TI se debe tener en cuenta que las necesidades no son iguales en todos los módulos de una red, mientras se requiere de mayor ancho de banda, disponibilidad y eficiencia en el backbone, los requerimientos de ancho de banda o otros parámetros son menores en la mayoría de los usuarios finales. Esto es lo que se conoce como "jerarquía de áreas de red".

La jerarquía de áreas de red permite hacer un análisis estructurado que ofrece una solución por etapas. Para su análisis, la Red TI se ha dividido en dos secciones: la sección backbone y campus, y el sistema horizontal o de escritorio (donde se ubicarán los usuarios finales). Esta división genera un margen de libertad para establecer la tecnología de red adecuada para cada sección. Al mismo tiempo, se podrán asignar con mayor libertad los ponderadores bajo ciertos parámetros, considerando la jerarquía y los requerimientos de la sección que se esté evaluando.

Al presentarse jerarquías de áreas en una red, es probable que cada sección tenga una tecnología de red diferente. Este es el caso de una solución de red híbrida. Una sola tecnología de red puede no ser la adecuada para cubrir todas las necesidades operacionales que demanden los usuarios de la Torre I. Las secciones en que se ha dividido la red en esta parte, se consideran con la continuación de las etapas de análisis y evaluación general de la Red TI.

Etapas 5: Evaluación para la tecnología de red del Backbone

Alcance de la etapa

Definir la tecnología de red para el sistema de Backbone y del Campus de la Red TI en base a los requerimientos de la misma.

Desarrollo

Como se ha mencionado en el análisis del sistema de cableado, el backbone es la sección donde da inicio la implementación de la Red TI como una red de alta velocidad, y donde se presentarán los efectos de flujo de tráfico excesivo. El soporte de un amplio ancho de banda y la calidad de servicio permitirán un mejor desempeño en las conexiones entre los segmentos de red de cada nivel de la Torre, y de esta manera ofrecer un mejor tiempo de respuesta a las aplicaciones y servicios que se requieran por los usuarios.

Para el caso del Campus, este debe proporcionar un ancho de banda adecuado para los enlaces de la Red TI con la Red UNAM. Los servicios de enlace que se establecen hacia el backbone de Red UNAM están determinados a la velocidad de transmisión de 100Mbps, es decir, con la tecnología Fast Ethernet. Se puede establecer que esta tecnología de enlace hacia Red UNAM ofrece la disponibilidad y eficiencia para soportar la carga de peticiones de los usuarios de la Torre de Ingeniería, principalmente aquellas relacionadas con los servicios de Internet.

Aplicando el método de puntuación aditiva, se consideran como atributos las siguientes características de operación de las tecnologías de red: la velocidad de transmisión de datos, el desempeño, confiabilidad, escalabilidad, el soporte de aplicaciones, estandarización y madurez en el mercado, seguridad y administración. La justificación de la elección de las características de operación de las tecnologías de red y la asignación de ponderadores se establecen mediante los siguientes criterios:

Ponderación Atributo

0.25 **Ancho de Banda/desempeño**- El diseño de la Red TI por ser de topología estrella y una red de especificaciones de alta velocidad, se requiere en el Backbone protocolos de capa 2 que soporten el tráfico de información enviada por los equipos de cada piso ala de manera eficiente, basados en: el manejo efectivo de direccionamiento, encabezados de control, cantidad de información de cada paquete, verificaciones para evitar errores (calidad de servicio) y eliminar tráfico innecesario en el Backbone para que permita el envío de un mayor número de paquetes por segundo.

0.2 **Confiabilidad**- La confiabilidad que provea la tecnología de red en el Backbone

debe quedar establecida mediante el soporte de protocolos con mecanismos de verificación de errores y retransmisión de paquetes que garanticen el envío de información a todos los segmentos de la Red TI.

- 0.2 **Escalabilidad-** El protocolo del Backbone de la Red TI deberá proveer grado de escalabilidad para el incremento de la capacidad de envío de paquetes por segundo, y así generar tiempos bajos de respuesta de la red.
- 0.15 **Soporte aplicaciones-** La tecnología de red a ser implantada en el Backbone de la Red TI debe proveer solución a los servicios y aplicaciones de red basados en TCP/IP requeridos en las actividades de investigación y desarrollo tecnológico (tabla 5.3), además del soporte de calidad de servicio para el manejo eficiente de tráfico de multimedia, aplicaciones de vídeo y voz (Voz sobre IP).
- 0.1 **Estandarización/madurez en el mercado-** Cada tecnología de red propuesta debe tener por lo menos cinco años de operación en el mercado, además de aceptación en diseños de redes de datos y soporte de los fabricantes mas reconocidos. La evaluación lenta de estándares de las tecnologías de red lleva a definirla como una tecnología en evolución. Por tal motivo, la tecnología de red del Backbone no debe tener problemas de interoperabilidad y soporte.
- 0.1 **Seguridad/administración-** El protocolo del Backbone de la Red TI debe proveer esquemas de seguridad a nivel de red que permitan enlaces virtuales u orientados a conexión entre dos estaciones, además del soporte de LAN virtuales. Es importante que la Red TI soporte protocolos de administración, estandarizados y orientados a los protocolos de Internet (SNMP/TCP/IP), de dispositivos de red para mantener un esquema general de administración y monitoreo.

En la siguiente tabla se muestra la evaluación de las tecnologías de red de acuerdo a los requerimientos de la Red TI considerando las tecnologías de red: Fast y Gigabit Ethernet conmutado, ATM y FDDI. La escala de calificaciones asignadas a las tecnologías de red son los mostrados en la tabla 5.25 con los respectivos criterios

	Fast Ethernet conmutado	Gigabit Ethernet conmutado	ATM	FDDI	Ponderación
Ancho de banda/ desempeño	3	5	4	3	0.25
Confiabledad	2	3	4	4	0.2
Escalabilidad	3	3	3	2	0.2
Soporte aplicaciones	4	4	4	3	0.15
Estandarización/ madurez en el mercado	5	4	3	3	0.1
Segundad/ administración	4	4	4	3	0.1
Calificación	3.25	3.85	3.7	3	

Tabla 5.24 Calificaciones de las tecnologías para el backbone

Criterio	Calificación	Explicación del criterio
Excelente	5	Casos en que el funcionamiento supera en gran medida las expectativas deseadas
Bueno	4	Satisface los criterios estándar e incluye algunas características especiales
Suficiente	3	Su función o características son las esperadas
Pobre	2	Escaso cumplimiento en las funciones o características esenciales
Inaceptable	1	Es seriamente deficiente

Tabla 5.25 Criterios de calificación que se consideran para el proyecto Red TI

La diferencia entre las calificaciones obtenidas en la tabla 5.24 de las tecnologías de red ATM y Gigabit Ethernet conmutado es pequeña. Esto puede ser a consecuencia de que hoy en día ATM y Gigabit Ethernet son los dos competidores más sólidos y directos para ser implantados como tecnologías en sistemas de backbone. Sin embargo, en base a las necesidades y requerimientos para la Red TI, Gigabit Ethernet conmutado ha sido la tecnología seleccionada para el backbone de la Red TI.

El funcionamiento de la tecnología ATM difiere en gran medida a la de Gigabit Ethernet y de otras tecnologías de redes LAN tradicionales (FDDI y 100VG-AnyLAN), además de que proporciona capacidades de operación superiores a todas estas en varios aspectos. ATM es una tecnología de conmutación de celdas y orientada a conexión, lo cual ofrece un buen manejo de las aplicaciones tanto de uso intensivo de ancho de banda como las que demandan Calidad de Servicio (multimedia y videoconferencia). ATM está diseñado para ser implementado vía hardware (en lugar de software lo cual hace posible que las transmisiones sean aún más rápidas).

A pesar de las características y ventajas que ofrece ATM, Gigabit Ethernet conmutado ofrece también un alto desempeño. Dentro de las especificaciones para soluciones de arquitecturas de redes, Gigabit Ethernet conmutado ha surgido rápidamente como una solución para las redes de futuro y en consecuencia cuenta con amplio soporte en el mercado.

El Instituto de Ingeniería ha trabajado desde hace seis años con la tecnología Ethernet y Fast Ethernet, lo cual lo hace tener el personal con bases y experiencia para diseñar, instalar, configurar y administrar la Red TI con tecnología de red Gigabit Ethernet. Esto se debe a que Gigabit Ethernet utiliza los mismos esquemas de transmisión y formato de paquete de Ethernet, y en consecuencia también de Fast Ethernet. Por tal motivo, la interoperabilidad de Gigabit Ethernet con Ethernet y Fast Ethernet es transparente.

Así como la conmutación de celdas de ATM, Gigabit Ethernet conmutado en modo full dúplex puede ofrecer soporte a tráfico sensible al tiempo como videoconferencia e imágenes, además de aplicaciones de tráfico intensivo de datos. ATM es apropiado para conexiones que requieren calidad de servicio (QoS) y de transmisión rápida. En el caso de Gigabit Ethernet conmutado, este puede regular los períodos de tiempo de latencia para minimizar los tiempos de retardo en señales de video y audio. Gigabit Ethernet mejora la Clase de Servicio (CoS) incorporando otras tecnologías como: IEEE 802.1q y el protocolo RSVP (Resource Reservation Protocol), las cuales son considerablemente más económicas y con características de compatibilidad e interoperabilidad con otras tecnologías.

Gigabit Ethernet conmutado ofrece el manejo de redes virtuales (VLANs), lo cual ayudará a tener un alto desempeño y eficacia en la Red TI, al mismo tiempo reducirá el costo de operación y simplificará las tareas de administración, además de agregar un esquema de seguridad. Gigabit Ethernet tiene un desempeño del 98.4% en cuanto a la transferencia real de datos por paquete; y desarrolla esquemas que permiten la escalabilidad en el número de usuarios y de enlaces, así como las características full dúplex que permiten incrementar la distancia entre los dispositivos de red.

Gigabit Ethernet conmutado en comparación con ATM, tiene un costo bajo de implantación⁴¹ es un aspecto importante a ser considerado dentro de un análisis costo-efectividad. Gigabit Ethernet conmutado cumple con los requerimientos a mediano y largo plazo de la red de cómputo de la Torre de Ingeniería. Los servicios y aplicaciones mostrados en la tabla 5.3 pueden ser soportados en esta tecnología, y supera en gran medida las expectativas deseadas.

Tabla 6: Evaluación para la tecnología de red del sistema de escritorio

Contexto de la etapa

Definir la tecnología de red para el sistema de escritorio de la Red TI en base a los requerimientos de la misma

Desarrollo

La tecnología de red para el sistema de escritorio es también parte importante en el buen desempeño de la Red TI. Esta tecnología deberá proporcionar enlaces de alta velocidad para aquellos usuarios o grupos de trabajo de alto desempeño que requieran de gran consumo de ancho de banda. Por otro lado, esta tecnología debe ser ampliamente compatible e inter operable con la tecnología de red propuesta para el backbone, teniéndose de esta manera el mejor aprovechamiento de las especificaciones de operación entre estos sistemas.

De acuerdo a las características mencionadas en el párrafo anterior, la jerarquía de áreas de red y basándose en el análisis que se realizó de las tecnologías de red, se tomarán en cuenta únicamente las tecnologías: Ethernet, Fast Ethernet conmutado y CDDI para su evaluación como tecnología de escritorio.

Aplicando el método de puntuación aditiva, se consideran los mismos atributos de la etapa de selección de la tecnología de red para el backbone. En la tabla 5.26 se muestra la asignación de calificaciones en base al comportamiento de las tecnologías seleccionadas en el ambiente de escritorio de la Red TI. La escala de calificaciones asignados a las tecnologías son los mostrados en la tabla 5.27 con los respectivos criterios

Ponderación Atributo

- | | |
|------|---|
| 0.25 | Ancho de Banda/desempeño- En el sistema de escritorio se requiere de un protocolo a nivel usuario final que soporte el tráfico de información generada por las computadoras personales de manera eficiente basándose en el manejo efectivo de direccionamiento, encabezados de control, cantidad de información de cada paquete y detecciones y corrección de errores. Dicho protocolo debe responder a las necesidades que demanden las tecnologías de las tarjetas de red usadas en las computadoras personales en el envío de paquetes de información por segundo para obtener de esta forma un mejor desempeño de los enlaces dedicados con menor tiempo de respuesta a las aplicaciones y servicios de red de los usuarios de la Torre. |
| 0.2 | Confiabledad- El protocolo del sistema de escritorio de la Red TI debe soportar protocolos para la verificación de errores y retransmisión de los paquetes a las aplicaciones de los usuarios finales. |
| 0.2 | Escalabilidad- El protocolo del sistema de escritorio deberá proveer grado de escalabilidad para el incremento de la capacidad de las futuras tarjetas de red |

⁴¹ Datos fuente de 3Com muestran que el costo de la tecnología ATM para el año 2003 será aproximadamente \$10,000.00 (dls) por dos conexiones a 622Mbps. El costo de Gigabit Ethernet será aproximadamente de \$4,000.00 (dls) por dos puertos

en las computadoras personales en envío de paquetes por segundo, generando así tiempos bajos de respuesta a las aplicaciones y servicios de red de los usuarios.

- 0.15 **Soporte aplicaciones-** El protocolo a ser implantado en el sistema de escritorio de la Red TI debe proveer solución a los servicios y aplicaciones de red basadas en TCP/IP (tabla 5.3), además del manejo eficiente de tráfico de multimedia y aplicaciones de video y voz (Voz sobre IP).
- 0.1 **Estandarización/madurez en el mercado-** Cada tecnología de red propuesta debe tener por lo menos cinco años de operación en el mercado de las computadoras personales y estaciones de trabajo, así como estar actualizada. Por tal motivo, la tecnología de red de escritorio no debe tener problemas de interoperabilidad y soporte con la tecnología del Backbone.
- 0.1 **Seguridad/administración-** La tecnología del sistema de escritorio debe proveer esquemas de seguridad a nivel de red que permitan enlaces virtuales orientados a conexión entre dos estaciones, además del soporte de LAN virtuales. La tecnología de red del sistema de escritorio debe soportar los protocolos estandarizados de administración y monitoreo de dispositivos de red orientados a los protocolos de internet (TCP/IP).

	Ethernet ⁴²	Fast Ethernet conmutado	CDDI	Ponderación
Ancho de banda/ desempeño	2	5	2	0.25
Confiabilidad	3	4	2	0.2
Escalabilidad	4	4	4	0.2
Soporte aplicaciones	3	4	3	0.15
Estandarización/ madurez en el mercado	3	5	3	0.1
Seguridad/ administración	4	4	4	0.1
Calificación	3.05	4.35	2.85	

Tabla 5.26 Calificaciones de las tecnologías para el sistema de escritorio

Criterio	Calificación	Explicación del criterio
Excelente	5	Casos en que el funcionamiento supera en gran medida las expectativas deseadas
Bueno	4	Satisface los criterios estándar e incluye algunas características especiales
Suficiente	3	Su función o características son las esperadas
Pobre	2	Escaso cumplimiento en las funciones o características esenciales
Inaceptable	1	Es seriamente deficiente

Tabla 5.27 Criterios de calificación que se consideran para el proyecto Red TI

⁴² Para el caso del sistema de escritorio, la tecnología de red Ethernet se considera también como una opción para ser implantada en la Red TI tomando como referencia que en la red de cómputo del Instituto de Ingeniería esta tecnología es la que está vigente en el servicio de datos a escritorio. Las características y especificaciones de la tecnología Ethernet se abarcan en el capítulo 3 (Tecnologías de redes de alta velocidad) de este proyecto.

La elección de Gigabit Ethernet conmutado como tecnología de red para el backbone, la necesidad de una tecnología que pueda cumplir con las especificaciones costo-efectividad de la Red TI, y el resultado obtenido en la tabla 5.26, puede entonces orientar a elegir Fast Ethernet conmutado como tecnología de escritorio.

Como se ha mencionado, el Instituto de Ingeniería tiene experiencia para la configuración y administración de las tecnologías Ethernet y aunado a que Gigabit Ethernet utiliza los mismos esquemas de transmisión y formato de paquete de Fast Ethernet, no hay necesidad de utilizar modulaciones y traducciones complejas que ocasionen tiempo de latencia. La interoperabilidad entre Gigabit y Fast Ethernet es transparente.

Para el sistema de escritorio, Fast Ethernet conmutado puede ofrecer un buen desempeño en tráfico de datos, segmentación, manejo de prioridades y uso de conexiones full dúplex. El manejo de prioridades se hace por medio de los puertos de los conmutadores Fast Ethernet, ó manejo de prioridades de tráfico en base a direcciones IP.

Fast Ethernet conmutado puede utilizar las mismas herramientas de administración y monitoreo del sistema de backbone, ya que está basado en los protocolos de Ethernet, y no hay necesidad de modificar los protocolos de capas superiores. Fast Ethernet define también un protocolo de auto negociación el cual permite que el adaptador de red de los equipos terminales de datos (DTE) y el conmutador puedan negociar la velocidad de operación (10Mbps o 100Mbps) en un enlace. Esto puede conducir a dar soporte a aquellas aplicaciones y dispositivos que operen a un ancho de banda de 10Mbps.

En el incremento de número de dispositivos conectados, Fast Ethernet conmutado ofrece un óptimo aprovechamiento del ancho de banda ya que permite seguir el esquema de micro segmentación donde a cada usuario se le puede asignar un ancho de banda dedicado, además del modo de operación full dúplex que permite obtener dos veces el desempeño del ancho de banda en los enlaces. Fast Ethernet conmutado también permite el manejo de redes virtuales, lo cual permite reducir los costos de operación, facilitar las tareas de administración y seguridad.

Para la tolerancia a fallas, Fast Ethernet puede soportar múltiples enlaces entre dispositivos con prevención de enlaces redundantes controlados por el protocolo de árbol expandido (STP: Spanning Tree Protocol). Fast Ethernet es una tecnología ampliamente respaldada en el mercado, y que garantiza una protección en su inversión.

RESUMEN

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos de los análisis y evaluaciones para el tipo de medio de transmisión y tecnología de red para cada uno de los sistemas de la Red TI.

	Tipo de medio	Tecnología de red
Campus Enlace IIMAS	Fibra óptica multimodo 62.5/125 micras	Fast Ethernet (definido por Red UNAM)
Enlace Arquitectura	Fibra óptica multimodo 62.5/125 micras	Fast Ethernet (definido por Red UNAM)
Backbone	Fibra óptica multimodo 62.5/125 micras	Gigabit Ethernet conmutado
Sistema de Escritorio	Cable par trenzado sin blindar 4 pares, categoría 5	Fast Ethernet conmutado

Tabla 5.28 Resumen del tipo de medio de transmisión y tecnología para la Red TI

5.5 ESQUEMA DE SEGURIDAD EN LA RED TI

La seguridad es un punto principal a tratar en el diseño de la Red TI como consecuencia de que deberá mantener enlaces con demás redes dentro y fuera de la UNAM, y en el caso mas general Internet. La Red TI debe mantener las características de una red privada considerando o no el tipo de actividades que se lleven a cabo en la Torre de Ingeniería como un centro de investigación y desarrollo. En el Instituto de Ingeniería, así como en las demás dependencias de la UNAM, dependencias públicas y privadas, paulatinamente se incrementa la necesidad y en consecuencia la demanda del acceso a otras redes y de los servicios de Internet (tal es el caso del www, correo electrónico, sesiones remotas, Secure Shell y el protocolo FTP), la Red TI no debe ser un caso exento

Dentro de la administración de la red de la Torre I se debe implantar un esquema concerniente a la seguridad de los sistemas, debido a que se expondría la información privada de usuarios así como la infraestructura de la Red TI a los llamados "Expertos de Internet" (Internet Crackers) y personal no deseado. Para plantear una solución a esta problemática y proveer el nivel de protección requerida, se necesita seguir una política de seguridad para prevenir el acceso no autorizado de usuarios a los recursos propios de la Red TI, y protegerse contra la exportación privada de información. Aunque no se mantengan enlaces hacia Red UNAM e Internet, en la Red TI deberá establecer una política de seguridad interna para administrar el acceso de usuarios a segmentos de la red y proteger la información secreta o confidencial.

Un tipo de seguridad común a implantarse en la Red TI es un "Firewall" (o muro de fuego) el cual es un sistema o grupo de sistemas que puede imponer una política de seguridad entre la Red TI y las demás redes. El firewall determina cual de los servicios de red pueden ser accedidos dentro de esta por los que están fuera, es decir, quien puede entrar para utilizar los recursos de pertenecientes a la organización de la Torre de Ingeniería. Para que el firewall sea efectivo, todo trafico de información a través de enlaces externos deberá pasar a través del mismo donde podrá ser inspeccionada la información. El firewall podrá únicamente autorizar el paso del trafico, y el mismo podrá ser inmune a la penetración. Es importante tener en cuenta que este sistema no puede ofrecer protección alguna una vez que el agresor lo traspasa o permanece entorno a este. Mantener un esquema de la Red TI sin un firewall significa que la seguridad dependerá de la que cada uno de los servidores y estaciones cuenta, y a su vez estarán expuestos directamente al ataque de otros servidores externos.

La implantación de un firewall puede permitir la definición de un punto de choque (o embudo) en las tareas de administración de la Red TI para mantener al margen los usuarios no autorizados (como: hackers, crackers y espías) fuera de la Red TI, prohibiendo la entrada o salida y vulnerar los servicios de la red, y proporcionar la protección para varios tipos de ataques posibles. Uno de los beneficios clave que puede proveer el firewall es que ayuda a simplificar los trabajos de administración una vez que se logre consolidar la seguridad en el sistema firewall, y no el caso de distribuir sistemas de seguridad en cada uno de los servidores y estaciones que integran la Red TI.

Con el firewall se puede tener un punto de monitoreo donde se generen registros de cualquier posible ataque o suceso de algún problema en el transito de los datos. Estos datos deben ser importantes en la tarea de administración de la Red TI para tener una auditoria y bitácora del trafico significativo a través del firewall. Sin embargo, es importante que se examinen con regularidad estos registros base para responder a un ataque.

5.5.1 Bases para el diseño del firewall en la Red TI

A nivel de administración de la Red TI se deben tomar las siguientes decisiones para llevar a cabo el diseño del firewall:

- Posturas sobre la política del Firewall
- La política interna propia de la Torre de Ingeniería para la seguridad total.
- Los componentes o la construcción de secciones del Firewall.

1.1 Políticas del firewall

Las posturas del sistema del firewall describirán el esquema fundamental de la seguridad en la Red TI. La postura de que el firewall pueda obstruir todo el tráfico y cada uno de los servicios o aplicaciones creados sean implementadas básicamente caso por caso tendría la desventaja de que desde un punto de vista la "seguridad" sería más importante que el facilitar el uso de los servicios a los usuarios de la Torre.

La postura que podría ser implantada en la Red TI es que se asuma que el firewall pueda permitir todo el tráfico y que cada servicio potencialmente peligroso necesitara ser aislado básicamente caso por caso. Esta propuesta crearía ambientes más flexibles al disponer más servicios a los usuarios de la Torre. Sin embargo, dentro de las tareas administrativas de la Red TI estaría el implementar la seguridad en el sistema de firewall conforme empiece a crecer la red o se presenten dudas.

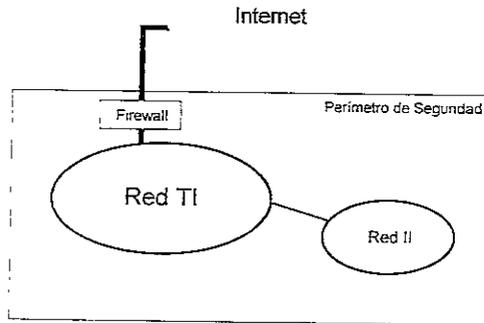
1.2 Política interna de la seguridad

El firewall no deberá ser justamente un router, un servidor de defensa, o una combinación de elementos que provean seguridad para la Red TI. El firewall debe ser parte de una política de seguridad completa que cree un perímetro de defensa para la Red TI (figura 5.5). Esta política de seguridad puede incluir los siguientes elementos:

- Publicaciones con guías de ayuda donde se informe a los usuarios de sus responsabilidades.
- Normas de acceso a la Red TI.
- Políticas de servicios en la Red TI.
- Política de autenticidad en acceso remoto o local a usuarios propios de la Red TI.
- Normas de dial-in y dial-out, reglas de encriptación de datos y discos, normas de protección de virus.

Todos los puntos de ataque en la red podrán ser protegidos con el mismo nivel de seguridad. El firewall sin una política de seguridad comprensiva puede ser inútil.

Para lograr que este perímetro de defensa de la Red TI sea exitoso, tanto los usuarios como los administradores de la red deben conocer que es lo que se está protegiendo. La política de seguridad seguir deberá estar bien detallada ya que aunque el diseño del firewall sea cuidadosamente desarrollado y armado, se estará exponiendo la Red TI a un posible atentado.



Red II Red del Instituto de Ingeniería

Figura 5.5 Perímetro de defensa para la Red TI

5.5.1.3 Componentes del sistema firewall

La determinación específica de los componentes básicos del sistema firewall para la Red TI puede ser uno o la combinación de los siguientes elementos:

- a. Función Filtra-paquetes del router.
- b. Redes Virtuales (VLANs)
- c. Gateway a Nivel-aplicación.

a. Función Filtrado de paquetes del router

Un router es capaz de tomar las decisiones de rehusar ó permitir el paso de cada uno de los paquetes que recibe. El router examina cada datagrama para determinar si este corresponde a uno de los paquetes filtrados y que a su vez haya sido aprobado por reglas ya definidas (figura 5.6). Las reglas de filtrado se basan en revisar la información que poseen los paquetes en su encabezado, lo que hace posible su desplazamiento en un proceso de IP. Esta información consiste en la dirección IP fuente, dirección IP destino, el protocolo de encapsulado (TCP, UDP, ICMP, o IP tunnel), el puerto fuente TCP/UDP, el puerto destino TCP/UDP, el tipo de mensaje ICMP, la interface de entrada del paquete y la interface de salida del paquete. Si se encuentra la correspondencia y las reglas permiten el paso del paquete, este será desplazado de acuerdo a la información a la tabla de ruteo, si se encuentra correspondencia y las reglas niegan el paso, el paquete es descartado. Si estos no corresponden a las reglas, un parámetro configurable por incumplimiento determina descartar o desplazar el paquete para que pueda ingresar a la Red TI.

La función de filtrado paquetes es una característica de operación de los routers ya que son dispositivos de interconexión de red que operan a nivel de la capa de Red del modelo de referencia OSI. La función de filtrado de paquetes puede ser llevada a cabo por el dispositivo principal de la Red TI, es decir, el dispositivo principal de interconexión de la red que deberá ser capaz de llevar a cabo las funciones de puenteo y ruteo (un router o un switch capa 3).

La mayoría de los sistemas firewall son desplegados usando únicamente la función filtrado de paquetes de los routers. La ventaja de este sistema es que el costo para implementarlo no es considerable desde que los componentes básicos de las funciones de enrutamiento incluyen software para dicho efecto. El filtrado de paquetes será transparente a los usuarios finales de la Torre y a las aplicaciones.

por lo que no se requiere de entrenamiento especializado o software específico que tenga que ser instalado en cada uno de los servidores y estaciones.

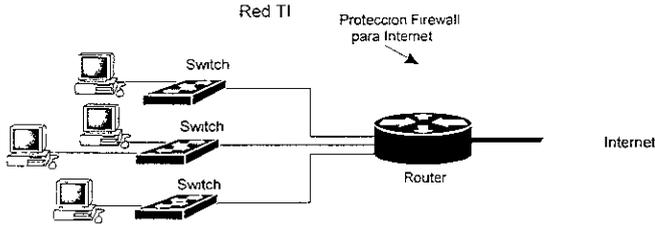


Figura 5.6 Router que filtra el acceso a la Red TI

La desventaja del filtrado de paquetes es que puede ser una tarea compleja por la necesidad de tener un detallado estudio de varios servicios de Internet, como los formatos del encabezado de los paquetes y los valores específicos esperados a encontrarse en cada campo. Si las necesidades de filtrado son muy complejas, se necesitará soporte adicional con lo cual el conjunto de reglas de filtrado se pueden empezar a complicar e incrementar el sistema haciendo más difícil su administración y comprensión, y serán menos fáciles de verificar para las correcciones de las reglas de filtrado después de ser configuradas en el dispositivo de enrutamiento y puede darse el caso de dejar una localidad abierta sin probar su vulnerabilidad.

El filtrado de paquetes IP no podría ser capaz de proveer el suficiente control sobre el tráfico en la Red TI. El router Filtra-Paquetes puede permitir o negar un servicio en particular, pero no es capaz de comprender el contexto del servicio. Por ejemplo, en las tareas administrativas en la Red TI se necesitará filtrar el tráfico de una capa de aplicación limitando el acceso a un subconjunto de comandos disponibles por FTP o Telnet o bloquear la importación de correo electrónico. Este tipo de control es muy perfeccionado a las capas altas por los servicios de un Gateways a Nivel-aplicación. La instalación del router (o un switch capa 3) capaz de llevar a cabo el filtrado de paquetes puede ser complementado por un Gateway a Nivel-aplicación.

b. Redes Virtuales (VLANs)

Las redes virtuales pueden incrementar el nivel de seguridad sobre la Red TI y el caso de la tecnologías de red Fast y Gigabit Ethernet seleccionadas para ser implantadas soportan el manejo de redes virtuales. En las tareas de administración se puede hacer uso de las redes virtuales para la definición de filtros que restrinjan el acceso entre grupos y dispositivos, proporcionando así un nivel de seguridad.

Al implementar las redes virtuales se provee la posibilidad de evitar la visibilidad del tráfico de red, previniendo así que accesos no permitidos sean llevados a cabo. El esquema de redes virtuales evita que personal no autorizado haga uso de direcciones de red (direcciones IP) que solamente correspondan a la Red TI

c. Gateway a Nivel Aplicación

La instalación de un gateway a nivel-aplicación (también conocidos como servidores Proxy) en el sistema firewall de la Red TI puede permitir que en la administración de red se pueda implementar una política de seguridad más estricta que la que permite el dispositivo de enrutamiento. Esta puede ser una herramienta que complemente el sistema firewall para no depender totalmente de la herramienta genérica de filtra-paquetes. En el Gateway se debe instalar un código de propósito especial (un servicio Proxy) para cada aplicación deseada. Si no se instala el código Proxy para la aplicación particular, el servicio no será soportado y no podrán desplazarse a través del firewall. El

código Proxy puede ser configurado para soportar únicamente las características específicas de una aplicación mientras se nieguen todas las otras.

La función de filtrado de paquetes permite la circulación directa de los paquetes dentro y fuera del sistema. Diferente a esto, el Gateway a nivel-aplicación dejaría que la información circule entre los sistemas pero no permitirá el intercambio directo de paquetes. El principal riesgo de permitir que los paquetes se intercambien dentro y fuera del sistema se debe a que el servidor residente en los sistemas de protección de la Red TI podrá ser asegurado contra cualquier amenaza representada por los servicios permitidos.

Existen varias características de diseño que son usadas para hacer mas seguro un servidor de defensa o Gateway a nivel-aplicación, para el caso del sistema de seguridad en la Red TI se pueden considerar las siguientes:

- La plataforma de Hardware del servidor de defensa debe ejecutarse en una versión "segura" de sistema operativo. Por ejemplo, una versión segura del sistema operativo UNIX que es diseñado específicamente para proteger los sistemas operativos vulnerables.
- Generalmente, un conjunto limitado de aplicaciones Proxy tales como Telnet, DNS, FTP, SMTP y autenticación de usuarios, deben ser instalados en este servidor.
- El servidor de defensa podrá requerir de una autenticación adicional para que los usuarios accesen a los servicios Proxy. Por ejemplo, el servidor de defensa es ideal para colocar un sistema fuerte de supervisión de autorización (como la tecnología "una-sola vez" de contraseña donde una tarjeta inteligente genera un código de acceso único por medios criptográficos). Adicionalmente, cada servicio Proxy podrá requerir de autorización propia después que el usuario tenga acceso a su sesión.
- Cada Proxy es configurado para soportar únicamente un subconjunto de aplicaciones estándar de un conjunto de comandos. Si un comando estándar no es soportado por la aplicación Proxy, es porque simplemente no esta disponible para el usuario.
- Cada Proxy debe estar configurado para dejar acceder únicamente a los servidores especificados en el sistema. Esto significa que existe un conjunto de características - comandos que podrán ser aplicados para un subconjunto de sistemas en la Red TI.
- Cada Proxy debe mantener la información detallada y auditada de todos los registros del trafico, cada conexión, y la duración de cada conexión. El registro de audición es un herramienta esencial para descubrir y finalizar el ataque de un intruso en la Red TI.
- Cada Proxy es independiente de todas las demás aplicaciones Proxy en el servidor de defensa. Si se suscitara un problema con la operación de cualquier Proxy, o si se descubriera un sistema vulnerable, este puede desinstalarse sin afectar la operación de las demás aplicaciones. Aun, si los de usuarios de la Torre requieren el soporte de un nuevo servicio, se puede fácilmente instalar el servicio Proxy requerido en el servidor de defensa.
- Un Proxy generalmente funciona sin acceso al disco, lo único que hace es leer su archivo de configuración inicial, lo que dificultaría la instalación de todo tipo de archivos peligrosos en el servidor de defensa.

El Gateway a nivel aplicación puede dar a la administración de la Red TI un completo control de cada servicio desde aplicaciones proxy limitadas por un conjunto de comandos y la determinación del servidor interno donde se puede acceder a los servicios.

Una de las limitaciones de un gateway a nivel-aplicación es que se requerirá modificar la conducta de los usuarios de la Torre o se requerirá la instalación de software especializado en cada sistema que accese a los servicios Proxy. Por ejemplo, el acceso de Telnet vía gateway a nivel-aplicación demanda modificar la conducta del usuario desde el momento en que se requiere de dos pasos para hacer una conexión en lugar de un paso.

5 ESQUEMA DE ASIGNACIÓN DE DIRECCIONES IP EN LA RED TI

En este proyecto se plantea el soporte de la pila de protocolos TCP/IP en el diseño de la Red TI. Sin embargo, con la proliferación mundial de la tecnología TCP/IP, incluso fuera de la propia Internet, y con el continuo crecimiento de su uso de manera exponencial, se presentan los retos ó "problemas" a nivel mundial que lógicamente afectan a Red UNAM y en consecuencia a la Red TI. Uno de los retos es que el espacio de direcciones globalmente únicas se empieza a agotar. Otro reto distinto y bastante más complicado es que la sobrecarga de enrutamiento crece más allá de las capacidades de los "Proveedores de Servicios de Internet" (ISP: Internet Service Providers). Para el caso de la Red TI el ISP será Red UNAM. Mientras tanto es necesario considerar los procedimientos de asignación de direcciones IP a cada estación o dispositivo en la Red TI.

El agotamiento de direcciones IP globalmente únicas (u homologadas) es un problema que se ha reflejado a causa de que en la versión 4 del protocolo IP (IPv4) se definen direcciones de 32 bits de longitud. En un punto extremo, esta versión de IP no puede ser capaz de proveer una dirección única para más de 4.2 billones de estaciones en el mundo y considerando que muchas asignaciones previas de bloques de direcciones a redes públicas y privadas no han sido adecuadas⁴³. Esto implica que IPv4 empieza a tener problemas para soportar el ritmo de crecimiento de redes con protocolo TCP/IP en general Internet. La demanda de direcciones IP globalmente únicas debe ser justificable, y el hecho de obtener una dirección globalmente única para cada estación o nodo en la Red TI podría ser imposible. Por tanto, es necesario considerar el reto de que la asignación de direcciones IP únicas, por parte de Red UNAM, puede ser insuficiente para los requerimientos de la Red TI.

Siguiendo con el esquema de direcciones del protocolo IPv4 y partiendo de la situación de direcciones IP únicas insuficientes, se puede iniciar un análisis para las estaciones que estarán usando direcciones IP en la Red TI. Este análisis se basa en definir en cual de los siguientes tipos se encuentra cada estación.

- Tipo 1. Las estaciones que no necesiten tener enlaces con otras estaciones en redes externas a la Red TI o Internet en general. Estas estaciones pueden usar direcciones IP que sean únicas dentro de la Red TI, pero que no son únicas entre redes.
- Tipo 2. Las estaciones que necesiten acceso a un conjunto reducido de servicios externos (por ejemplo: correo electrónico, transferencia de archivos, sesiones remotas, web) que pueden ser gestionados por gateways intermedios (por ejemplo, el gateway de nivel aplicación descrito en la construcción del firewall para la Red TI). Para muchas estaciones dentro de este tipo, un acceso sin restricciones al exterior (el proporcionado por la conectividad IP) puede ser innecesario y no deseable por razones de seguridad. Como en el caso de las estaciones del tipo 1, tales estaciones pueden usar direcciones IP que sean únicas dentro de la Red TI.
- Tipo 3. Las estaciones que necesitan acceso a nivel de red hacia el exterior de la Red TI (mediante la conectividad IP). Las estaciones en este tipo necesitan direcciones IP que sean globalmente únicas. Estas estaciones pueden ser los servidores principales de la Red TI, por ejemplo: el servidor de correo, de web, DNS y gateways a nivel aplicación.

Las estaciones tipo 1 y 2 se pueden referir como "privadas", y las de tipo 3 como "públicas". En la mayoría de las estaciones muchas aplicaciones necesitarán conectividad sólo dentro de la Red TI y

⁴³ Ha sido típico asignar direcciones globalmente únicas a todas las estaciones que usan TCP/IP, pero es frecuente que en grandes redes sea sencillo identificar un considerable número de estaciones usando TCP/IP que no necesitan conectividad de nivel de red fuera de esta. Otro caso es la asignación de bloques de direcciones excedido para el número real de estaciones que se encuentran en una red.

no necesitarán conectividad externa, es decir, puede ser considerable el número de estaciones que usen TCP/IP y que no necesiten conectividad de nivel de red fuera de la Red TI.

En la descripción de los tipos de estaciones, la asignación de direcciones IP privadas en la Red TI se puede establecer eligiendo uno de los tres bloques reservados de direcciones IP para uso de intranets privadas, éstos definidos por la "Autoridad de Números Asignados en Internet" (IANA: Internet Assigned Numbers Authority)⁴⁴. Estos bloques son:

1. 10.0.0.0 - 10.255.255.255 (prefijo 10/8)
2. 172.16.0.0 - 172.31.255.255 (prefijo 172.16/12)
3. 192.168.0.0 - 192.168.255.255 (prefijo 192.168/16)

El primer bloque es un único número de red de clase A, el segundo bloque es un conjunto de 16 números de red de clase B contiguos, y el tercer bloque es un conjunto de números de red de clase C contiguos. Para el caso de la Red TI, el tercer bloque sería la opción a elegir como bloque de direcciones privadas sin coordinación con Red UNAM ni con la IANA. Este espacio de direcciones privado será único dentro de la Red TI.

Las estaciones que tengan direcciones IP privadas podrán comunicarse con el resto de las estaciones en la red con IP's tanto públicas como privadas. Sin embargo, no podrán tener conectividad IP a ninguna estación fuera de la Red TI. Las direcciones privadas no tienen significación global, los paquetes con direcciones origen o destino privadas no son reenviados en enlaces con redes externas a la Red TI.⁴⁵

Aunque no dispongan de conectividad IP fuera de la Red TI las estaciones con IP privadas, éstas pueden tener acceso a servicios externos mediante el uso de NAT (Network Address Translation, RFC 1631) o gateways a nivel aplicación (mejor conocidos como Servidores Proxy). Entre estas dos soluciones, la implantación de gateways a nivel aplicación sería la mejor opción ya que el uso de NAT presenta mayores inconvenientes.

5.6.1 NAT (Network Address Translation)

El NAT es una función en las tareas de enrutamiento que fue inicialmente propuesto como una solución para la escasez de direcciones IP únicas o públicas. La idea en que se basa el NAT es que solamente una parte de la red está conectada con el exterior, es decir, tienen asignadas IP públicas. Para el resto de las estaciones en la red que tengan asignadas direcciones IP privadas solo se les asigna una dirección IP única si van a transmitir paquetes o conectarse al exterior. Por tanto, se necesita reservar cierto número de direcciones IP únicas.

Si una estación envía paquetes al exterior con una dirección IP privada como fuente en el encabezado IP, los routers o dispositivos de enrutamiento no podrán reenviar dichos paquetes. Los routers de Internet al leer en el encabezado IP de un paquete una dirección IP privada ya sea fuente o destino, este automáticamente lo descarta o desecha.

⁴⁴ Cualquier dependencia que necesite espacio de direcciones globalmente único necesita obtener tales direcciones de un registro de Internet. Una dependencia que solicite direcciones IP para su conectividad externa nunca recibirá direcciones de los bloques definidos arriba.

⁴⁵ Se supone que los routers en las redes que no usen espacio de direcciones privados, principalmente aquellos situados en los proveedores de servicios de Internet, estarán configurados para filtrar la información de enrutamiento acerca de redes privadas. Si uno de estos routers recibe tal información, el rechazo del paquete no es tratado como un error en el protocolo de encaminamiento.

La implantación del NAT como una solución para las estaciones con IP privadas en la Red TI de tal manera que el dispositivo NAT cambie la dirección origen privada por una dirección única. Esta traducción de direcciones se puede hacer de manera estática o dinámica. La traducción de manera estática no sería útil en este caso ya que parte del hecho de que existe el mismo número de direcciones IP únicas y privadas, esto se aplica solamente para funciones de seguridad en red. La traducción de manera dinámica se aplica cuando el número de direcciones IP únicas es menor al número de direcciones IP privadas (figura 5.7).

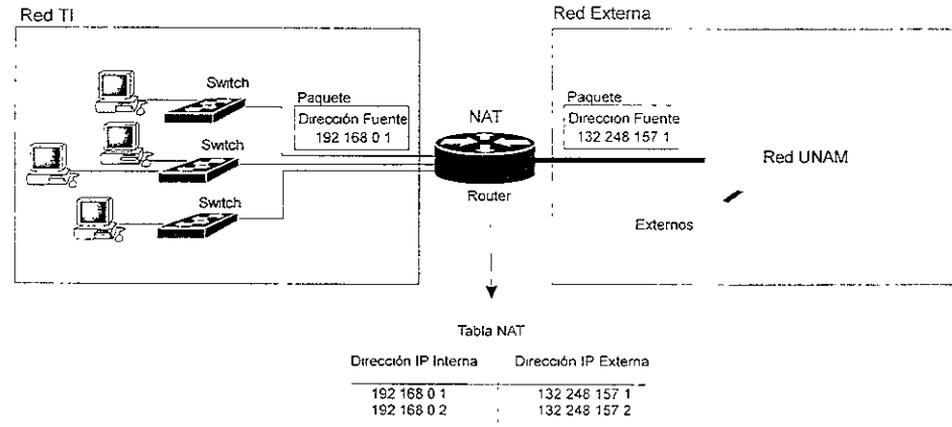


Figura 5.7 NAT IP masquerading

El NAT, sin embargo, no es una buena opción para ser implantado en la Red TI ya que el procedimiento de sustituir los campos de dirección en cada paquete que salga de la red resultará ser una función complicada y que podría ser demandada por más de la mitad de las estaciones, lo cual origina la creación de un cuello de botella en este punto de enlace hacia Red UNAM e Internet e incrementa la probabilidad de pérdida de paquetes. En conclusión, el NAT es una función viable en ciertos escenarios, y no para el caso de la Red TI.

2 Gateway a Nivel Aplicación (Proxy)

Un servidor proxy⁴⁶ es una aplicación que por una parte actúa como servidor, aceptando las solicitudes de los clientes de la red y al mismo tiempo de cliente al redirigir las peticiones de los clientes a los servidores finales. Todas las comunicaciones efectuadas entre ellas pasan a través suyo, una forma que puede funcionar como un filtro que limite el acceso a recursos considerados peligrosos.

Para los casos en que la numeración IP está basada en direcciones privadas, el proxy lleva a cabo la reenumeración (IP-masquerading) de los paquetes al igual que el NAT, es decir, un servidor proxy utiliza su dirección IP pública y actúa como un traductor para los clientes (figura 5.8). Este servidor proxy recibe peticiones (por ejemplo: sesiones remotas, transferencia de archivos, WWW, etc) de las estaciones con IP privadas. En seguida, inicia estas peticiones como si el servidor proxy fuera quien las hace. Una vez que este servidor proxy envía la información requerida, se traducen las direcciones IP a las direcciones internas de la red de los clientes, enviando el tráfico a la estación que inició la petición. Es importante tener en cuenta que el proxy es capaz de realizar esta función exclusivamente para los paquetes de los protocolos que soporte, es decir, todas las aplicaciones que

⁴⁶ Una aplicación proxy es una herramienta que diversas empresas de software ponen a disposición en el mercado. Sin embargo, también existe un servicio que está integrado en sistemas operativos como Linux (Red Hat), Windows 98 (2ª edición), Windows Me, Windows XP, Windows 2000 y Solaris 8 (Sun Microsystems).

desear acceder la Internet por medio de un servidor proxy deben tener soporte para ello. importante también considerar que las estaciones tipo 2 en la Red TI necesitarían únicamente soporte a los servicios principales externos que son gestionados por el servidor proxy.

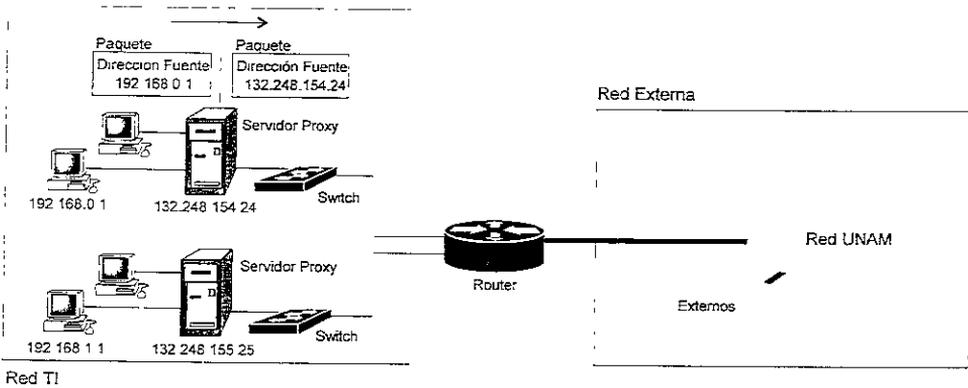


Figura 5.8 Servidores Proxy

Se puede concluir que el proxy se basa en las funciones del NAT, sin embargo, el proxy puede ser instalado en equipos servidores de manera distribuida en la Red TI sin que se genere un punto único de enlace para la mayor parte de las estaciones propenso a convertirse en un cuello de botella. La aplicación proxy se puede instalar en equipos que operen como servidores de aplicación por cada piso o área de trabajo en la Torre. La instalación de un servidor proxy también puede depender del número de estaciones tipo 2 que se determinen en cada área de trabajo.

5.6.3 DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)

DHCP⁴⁷ es un protocolo de comunicación que permite de manera centralizada y automática administrar la asignación de direcciones IP a las estaciones dentro de una red privada. En las estaciones en el momento de dar inicio el sistema hace la petición al servidor DHCP de la obtención de los parámetros de red entre los cuales va incluido la dirección IP. Por tanto, DHCP se basa en el modelo cliente-servidor. La asignación de una dirección IP por medio de un servidor DHCP asegura que esta es una dirección apropiada, es decir, no asignada a otra estación dentro de la red. Además de la asignación de una dirección IP, los demás parámetros de configuración de red que asigna el servidor DHCP son: la máscara de la subred, la dirección del router por defecto, la dirección del servidor DNS, etc.

DHCP soporta tres modelos de asignación de direcciones IP a las estaciones o clientes: dinámico, automático y estático. En el modelo dinámico el servidor DHCP elige una dirección de un grupo de direcciones disponibles y realiza una concesión de la dirección IP al cliente durante un plazo limitado. En el modelo automático el sistema es igual al modelo dinámico a diferencia de que se asigna un plazo ilimitado. En el modelo estático (o manual) el administrador de la red preasigna manualmente a cada dirección física una dirección IP.

Estos modelos de asignación de direcciones IP por medio del protocolo DHCP sería útil para facilitar los requerimientos de acceso de las estaciones de la Red TI y un escaso número de direcciones IP únicas disponibles. Es decir, se comparte el número de direcciones IP únicas disponibles.

⁴⁷ DHCP fue desarrollado por Microsoft en Windows NT y está especificado en los RFC's 2131 y 2132.

entre las estaciones cliente bajo el esquema de que la estación que haga una petición al servidor DHCP es porque realmente la va a requerir, y así evitar la asignación estática de direcciones IP a estaciones que realmente no la requieren. Cada servidor de aplicación por área de trabajo en la Torre puede ser un servidor DHCP.

Aunque el protocolo DHCP puede ser una opción a ser implantada en la Red TI, este podría no ser flexible dependiendo directamente del número total de direcciones IP únicas disponibles y del número de estaciones que se especifiquen como tipo 1 y tipo 2. En el momento en que ya no existieran direcciones IP disponibles para ser asignadas y surjan peticiones de clientes, éstos quedarían a la espera de la asignación de una dirección IP mientras que su conectividad en la red sería nula, para este caso sería necesario la asignación de direcciones IP privadas con la limitante de no tener interfaces al exterior de la Red TI. Bajo esta situación los servicios que los usuarios demandaran de la Red no van a ser gestionados. El complemento de la solución con el protocolo DHCP sería la instalación de la aplicación Proxy en los servidores.

6.4 Transición a IP Versión 6 (IPv6)

La actualización o la transición hacia la nueva versión del protocolo IP, la versión 6, parece ser motivada principalmente por la necesidad de tener un protocolo IP más flexible y considerar las principales características de IPv6, las cuales son:

- Manejo de direcciones IP de longitud de 128 bits, lo cual permite nuevos mecanismos de direccionamiento para dar cabida a la gran cantidad de futuros usuarios.
- Reduce el tamaño de las tablas de enrutamiento.
- Es más simple que IPv4 y de esta manera permite a los routers el procesamiento más rápido de paquetes.
- Proporciona mayor seguridad (verificación de autenticidad y confidencialidad).
- Presta mayor atención al tipo de servicio, especialmente con los datos en tiempo real.
- Permite el manejo de broadcast permitiendo la especificación de alcances.
- Posibilita que una estación sea móvil sin cambiar de dirección IP.
- Permite la interoperabilidad con IPv4.

Se puede establecer que IPv6 cumple con los objetivos de evolución de IP ya que mantiene las mejores características de este y descarta y reduce las deficientes, además de que agrega nuevas donde se necesitan. En general, IPv6 no es compatible con IPv4, pero es compatible con todos los demás protocolos de Internet, incluidos TCP, UDP, ICMP, IGMP, OSPF, BGP y DNS, en algunas ocasiones requiriendo pequeñas modificaciones (principalmente para manejar direcciones más grandes). Por principio, y lo más importante, el IPv6 al tener direcciones más grandes que el IPv4 proporciona una cantidad prácticamente ilimitada de direcciones IP.

Contemplar la implantación del protocolo IPv6 en la Red TI en principio no es una tarea fácil. Para llevar a cabo las tareas necesarias para la evolución a IPv6 se requiere de una paulatina integración y coexistencia con IPv4. La estrategia de implantación de IPv6 sería bajo los siguientes tres puntos principales.

- Que el sistema operativo de red de las estaciones y servidores en la Torre soporten el protocolo IPv6⁴⁸.
- El software de la pila de protocolos TCP/IP debe ser actualizado en los servidores principales de DNS y FTP, ya que necesitan manejar la estructura de la cabecera y de direccionamiento de IPv6. Esta actualización podría significar cambios mínimos en las estaciones clientes.

⁴⁸ Entre los sistemas operativos que cuentan con soporte para IPv6 se encuentran, Linux (Red Hat 7.2), Windows 2000, Windows XP y Solaris 8 (SUN Microsystems). En ciertos casos, el soporte para IPv6 puede ser simplemente una actualización de software.

- El dispositivo de enrutamiento o router de la Red TI debe soportar ambas versiones de protocolo IP, para que de esta manera la Red TI con protocolo IPv6 pueda coexistir con las redes externas con protocolo IPv4, en el caso inmediato con Red UNAM.

Este último punto es el principal para la implantación del protocolo IPv6 en la Red TI en un escenario donde se debe coexistir con redes principales y routers con IPv4. Una red con IPv6 dentro de una infraestructura de red con IPv4 requiere de técnicas que se basan en actualizaciones en el dispositivo de enrutamiento de entrada y salida hasta que se ofrezca capacidad de conexión IPv6 nativa de extremo a extremo con otra red IPv6. Para la coexistencia de IPv6 con IPv4 en estaciones y routers se especifican esquemas de "tunneling" y de "doble pila". Dentro de la división del espacio de direcciones de IPv6, las direcciones que comienzan con 80 ceros se reservan para direcciones IPv4. Se reconocen dos variantes, distinguidas por los siguientes 16 bits. Estas variantes se relacionan con la manera en que se enviarán en túnel los paquetes IPv6 a través de la infraestructura IPv4 existente. En esquemas "tunneling" los paquetes IPv6 pueden ser enviados a través de redes enrutadas con IPv4 mediante túneles automáticos y manuales. Estos túneles son programas propietarios.⁴⁹ Esta característica permite el uso de la infraestructura de red con IPv4 como un camino de enrutamiento para un sitio IPv6 [figura 5.9]. El mecanismo para las comunicaciones entre estaciones IPv4 e IPv6 se puede llevar a cabo con el soporte de los dos pilas de protocolos, es decir, estaciones con pila doble de protocolos, en otro caso mediante la conversión de direcciones de red y conversión de protocolos (NAT-PT: NAT-Protocol Translation)⁵⁰.

Finalmente, la implantación de IPv6 se podría establecer en tres etapas. La primera etapa consiste en lograr la compatibilidad con la arquitectura y direcciones IPv6, contar con una nueva versión de los protocolos RIP e ICMP para IPv6 (RIPng: RFC 2080 e ICMPv6), compatibilidad con túneles manuales y automáticos, y actualizaciones para: la traza de rutas, sesiones remotas (Telnet), ping y de listas de control de acceso (ACL: Access Control List). En una segunda etapa implantar la conversión de protocolos IPv6-IPv4 y el MIB de IPv6. En una tercera etapa implantar la nueva versión del protocolo OSPF (OSPFv3) y las características de operación de IPv6 como: la multidifusión, movilidad, calidad de servicio, seguridad y voz sobre IPv6.

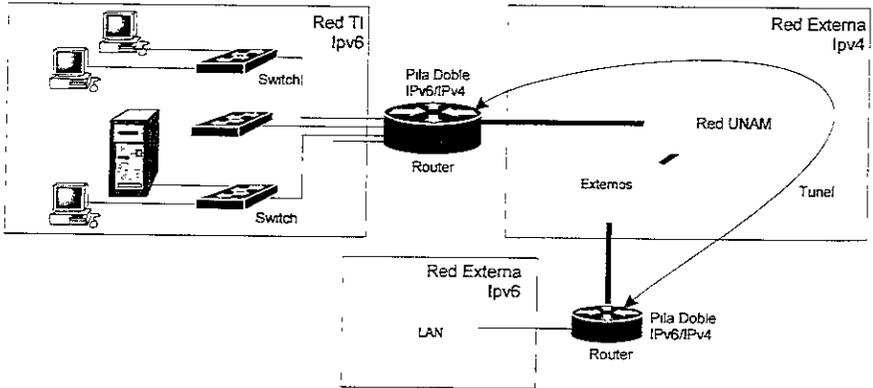


Figura 5.9 Túnel para los paquetes IPv6 a través de infraestructura de red IPv4 existente

⁴⁹ Por ejemplo el software Cisco IOS IP Versión 6.

⁵⁰ El mecanismo NAT-PT en un futuro será compatible con los programas propietarios para la integración de IPv6 en un infraestructura IPv4. Por ejemplo, en el segundo trimestre del año 2001 Cisco anunció que está trabajando en dicho soporte para ser integrado en su software "Cisco IOS IPv6" para los dispositivos de enrutamiento y hosts.

5 Conclusión

La asignación de un bloque de direcciones IP públicas suficiente no podría ser posible y por tanto es necesario asumir el hecho de que no puede ser asignada una dirección IP globalmente única a cada estación o dispositivo dentro de una red que sea de nuevo ingreso a Red UNAM y en el caso mas general a Internet. Este es el caso específico de la Red TI.

Se analizaron anteriormente posibles esquemas que hoy en día se encuentran dando soluciones a esta problemática. El mejor esquema es la asignación de direcciones IP globalmente únicas a cada dispositivo de red y estaciones que integren a la Red TI. Sin embargo, ante la posible asignación reducida de direcciones IP únicas a la Red TI, una primera solución, siguiendo con el esquema de direccionamiento IPv4, se puede establecer por medio de dos esquemas. En un primer esquema se puede considerar la implantación del protocolo DHCP dependiendo del número total de direcciones IP únicas disponibles y de las estaciones determinadas como tipo 1 y 2. El segundo esquema puede ser la implantación de servidores Proxy por cada área de trabajo en la Torre con la asignación de direcciones IP privadas a las estaciones o clientes. Estas dos opciones se pueden considerar como soluciones inmediatas para la Red TI.

Una tercera solución es que la arquitectura de la Red TI tenga el soporte para adaptarse al protocolo IPv6. Existen muchas razones por las cuales el protocolo IPv6 es el apropiado para ser plantado. Sin embargo, para una exitosa adopción del protocolo IPv6 es fundamental la paulatina migración y coexistencia con la actual versión IPv4 en la infraestructura de Red UNAM y otras redes internas. Esta se puede considerar como una solución no inmediata, pero que es importante considerar ya que IPv6 formará la próxima generación de servicios de redes y podrá abarcar la expansión de Internet.

CAPÍTULO VI

SELECCIÓN DEL EQUIPO QUE INTEGRARÁ LA RED DE CÓMPUTO TORRE DE INGENIERÍA

PRODUCCIÓN

La etapa final del diseño de la Red TI es la selección de los dispositivos de interconexión de red aplicando la metodología de puntuación aditiva), el switch principal y los switches de escritorio, dentro de las opciones que brindan los principales fabricantes de equipos de red, considerando de nuevo los resultados obtenidos en el capítulo anterior sobre el tipo de medio de transmisión y la tecnología de red en los sistemas de cableado vertical, horizontal y campus, y los requerimientos de la Red TI para la distribución de los servicios de red en cada nivel ó área de trabajo en la Torre. La característica principal que debe cumplir el equipo principal de interconexión de la red es que opere como un dispositivo que lleve a cabo la tarea de puenteo y ruteo de los paquetes de datos a ser transmitidos entre los segmentos de la red local y del enlace de la Red TI hacia Red UNAM, mientras que la función principal de los equipos de interconexión de escritorio es la de centralizar el flujo de información en cada segmento o piso de la Torre. La capacidad de reenvío de paquetes de éstos dispositivos y las tecnologías de red, Fast y Gigabit Ethernet, determinan la plataforma para definir a la Red TI como una red de alta velocidad y con especificaciones de operación para enfrentar retos actuales y futuros de comunicación y de aplicaciones de nuevo desarrollo para los usuarios de la Red TI.

Establecer las bases de una plataforma de administración y monitoreo de los dispositivos de la Red TI, específicamente los equipos de interconexión de red (switches), permite que los administradores de la red tengan esquemas y datos estadísticos de la operación y desempeño total de la red de manera que facilitan las tareas de administración y mantenimiento. Los reportes que pueda arrojar la tarea de monitoreo de la red son la base para la pronta detección de fallas que puedan ocurrir y para la toma de decisiones de cambios en la estructura de la red a causa de crecimiento o actualizaciones. Una herramienta de administración y monitoreo ofrece mayores expectativas para el mantenimiento y buen desempeño de la Red TI.

ESTRATEGIA DE REDES DE ALTA VELOCIDAD EN LA RED TI (SEGMENTACIÓN)

El ancho de banda es un recurso finito en las redes de computadoras por lo que un número grande o incremento de estaciones o nodos que lo comparten reduce la disponibilidad de este recurso para cada uno, además de generarse tráfico excesivo en la red lo cual generaría un bajo desempeño de la Red TI. Un método para obtener un mejor desempeño de la Red TI es la división en grupos de manera balanceada del número de servicios de datos que comparten el ancho de banda, lo que implicaría que por cada grupo se tendría control del tráfico de red y del ancho de banda disponible para cada estación. Esto es lo que se conoce como segmentación de red.

La segmentación de red es una estrategia que combinada con las tecnologías de red de alta velocidad pueden reducir el número de colisiones y compartir el ancho de banda entre pocas estaciones, y en consecuencia obtener un buen desempeño en la red. Un segmento de red, o subred, para redes basadas en tecnología Ethernet se define como un concentrador o una pila de concentradores; Las características de esta configuración es que en cada segmento de red todos los nodos comparten el mismo tipo de protocolo de red y el acceso a la red por medio del protocolo de acceso al medio CSMA/CD, todos miembros de un mismo dominio de broadcast.

Los segmentos o subredes que se definan en la Red TI deben estar interconectados entre sí por el sistema de cableado vertical, el backbone, para permitir que el tráfico de datos que se genere en un segmento ó dominio de colisión sea transmitido a otro, y por otro lado, cada segmento generará tráfico local sin repercutir éste en los demás. Finalmente, la interconexión de cada segmento de la Red TI constituirá la estructura e implantación de la red de área local de la Torre I.

Como se ha definido en el capítulo anterior, el sistema de cableado vertical, construido con fibra óptica multimodo, va a proveer la ruta física y lógica al tráfico de datos entre todas las estaciones conectadas a este, los segmentos de red deben entonces estar conectados al backbone por medio de dispositivos de red que sean capaces de ejecutar funciones necesarias de puenteo y ruteo de los paquetes de datos que estén siendo transmitidos. Estos dispositivos pueden ser bridges (puentes), routers (ruteadores), switches (conmutadores) o servidores ejecutando funciones de puenteo y ruteo de paquetes de datos. Sin embargo, antes de definir el tipo de dispositivo de interconexión de red, es importante antes definir la segmentación de la Red TI.

6.2 DISPOSITIVOS DE INTERCONEXIÓN DE LA RED TI

Los dispositivos de interconexión de la Red TI deben cumplir las funciones de puenteo y ruteo de tráfico de datos. Sin embargo, para realizar total o parcialmente dichas funciones existen los dispositivos de interconexión tales como los bridges, los routers, servidores con un sistema operativo de red que ejecute dichas funciones, y los switches.

La elección de las tecnologías Gigabit Ethernet conmutado y Fast Ethernet conmutado implican que los switches o conmutadores son los dispositivos de interconexión de red. Sin embargo es importante considerar cuáles son los beneficios que ofrece el modo de operación de estos dispositivos en comparación con los demás.

Bridges

- Los bridges son dispositivos de red que pueden interconectar segmentos de una red LAN segmentando en cada uno el tráfico de datos.
- Operan a nivel de la capa de enlace de datos del modelo de referencia OSI y por tal motivo pueden interconectar segmentos de red con diferentes protocolos de red, y en el caso de tolerancia a fallas soportan el protocolo de árbol expandido IEEE 801.
- Los bridges trabajan bajo el principio de que cada nodo de red tiene su propia dirección MAC. La tabla de direcciones MAC la crean y la actualizan escuchando todo el tráfico en la red y verificando la dirección fuente y destino de cada paquete.
- La instalación de estos dispositivos es simple y transparente a los usuarios, son flexibles y adaptables, y un aspecto a considerar es que son relativamente económicos.
- Los bridges son dispositivos que no son capaces de tomar las ventajas de tener múltiples rutas simultáneas para el envío de paquetes, es decir, la función principal de un router.
- Envían todas las señales de broadcast, posiblemente creando tormentas de broadcast en cada segmento de la red.

Routers

En ambientes que consisten de diversos segmentos de red con diferentes protocolos y arquitectura un bridge podría no ser el dispositivo adecuado para asegurar una rápida comunicación entre todos los segmentos. Una red con estas necesidades requeriría de un dispositivo el cual no únicamente conozca las direcciones de cada segmento, también sería necesario que pudiera determinar la mejor ruta para enviar paquetes de datos y filtrar el tráfico de broadcast.

- Los routers trabajan a nivel de la capa de Red del modelo de referencia OSI, lo cual implica que tienen acceso a más información y son capaces de conmutar y enrutar los paquetes a través de múltiples redes y en comparación con los bridges hacen una mejor entrega de los paquetes.
- Un router es un dispositivo de propósito general diseñado para segmentar una red con los objetivos de limitar el tráfico de broadcast, proveer seguridad, control y redundancia entre dominios de broadcast individuales.

- Entre los routers se comparten información de ruteo y estatus de operación. La tabla de ruteo de estos dispositivos se basa en direcciones de capa 3 para determinar la dirección destino de los datos de entrada.
- Los routers conocen todas las direcciones de red, como conectarse a otras redes, las rutas posibles entre routers y el costo de envío de los datos sobre estas rutas. El router selecciona la mejor ruta para el envío de datos basándose en costo y rutas disponibles.
- Los routers únicamente entienden direcciones de capa 3, las cuales les permiten establecer enlaces con otros routers, y direcciones de las tarjetas de red locales. Los routers no establecen enlaces con estaciones remotas.
- Cuando los routers reciben paquetes con destino a redes remotas los envían al router que manipula la red destino, esta característica resulta ser una ventaja de operación ya que un número grande de segmentos los integra y prohíbe las tormentas de broadcast ya que las señales de broadcast no las reenvía, esto es, los routers únicamente enviarán la información si la dirección de red destino es conocida, reduciendo así el tráfico entre redes y permitiendo a los routers utilizar los enlaces más eficientemente que los bridges.
- Los routers únicamente operan con protocolos ruteables como: TCP/IP, IPX, OSI, y DECnet. Sin embargo, a causa de que los routers ejecutan funciones más complejas en cada paquete, los routers son más lentos en operación que los bridges.

Servidores

La instalación de estaciones como servidores deben tener dos o más adaptadores de red donde uno de estos conecta el servidor con el backbone para permitir el acceso de los segmentos de red conectados al servidor, y otro adaptador de red que realice la conexión entre el servidor y dichos segmentos de red. El servidor debe contar con un sistema operativo de red que tenga integrado las funciones de puenteo y ruteo. Sin embargo, el uso de estos equipos como dispositivo de interconexión puede dar como resultado un bajo desempeño en la red ya que las funciones de interconexión están basadas en software además de que estos servidores pueden estar compartiendo ciclos de proceso con otras actividades vitales de un servidor como servidor de archivos, de impresión, etc. La instalación de servidores como dispositivos de interconexión es recomendable en redes LAN no muy extensas y donde el tráfico de datos no es excesivo.

Switches

A diferencia de los dispositivos de red descritos anteriormente, los switches manejan la micro segmentación. La micro segmentación es la creación de muchos segmentos pequeños de red de manera que en cada uno se limita aún más el tráfico, se incrementa el desempeño de la red reduciendo las colisiones y hay disponibilidad de más ancho de banda para cada estación. Un switch es considerado como un bridge especializado que aprovecha la topología en estrella y los diseños de concentradores.

Un switch manipula el tráfico entre las estaciones de trabajo de cada segmento, generándose así menor tráfico y contención por el canal de transferencia. Si una estación situada en un segmento necesita comunicarse con un servidor ó estación en otro segmento, el dispositivo de conmutación actúa como puente y establece un circuito temporal entre los segmentos, esta conexión la realizan en base a la dirección destino de cada paquete y la conexión permanece el tiempo que tarda en ser enviado el paquete, en esencia se crea un segmento privado por usuario. A consecuencia de que el paquete es transmitido únicamente por el puerto asociado con la dirección destino específica, ningún otro puerto recibe el paquete, lo cual provee poco tráfico sin que se generen colisiones y alta seguridad como ventaja extra. Esta función de conmutación es superior a la efectuada por un bridge normal ya que el retardo en el almacenamiento y reenvío se eliminan gracias al circuito directo entre los dispositivos. Funcionalmente, los switches son similares a los bridges pero un switch provee un desempeño mucho mayor. Generalmente los switches se diferencian de los bridges y routers en los siguientes aspectos:

- Su funcionamiento es más simple
- Agrega un mayor ancho de banda
- Operan con un tiempo menor de latencia

Otra diferencia de los switches es su esquema de reenvío de paquetes basado en hardware, opuesto al mecanismo de software usado en los bridges y routers típicos, los switches interconectan un gran número de puertos moviendo datos entre éstos enteramente por lógica electrónica (microprocesadores y software no participan básicamente en el reenvío de datos). Los procedimientos de conmutación pueden ser encapsulados enteramente dentro de circuitos integrados de aplicaciones específicas (ASICs), lo que permite una velocidad extremadamente alta de proceso de paquetes. Bridges y routers, en contraste, generalmente usan procesadores de alto desempeño RISC para mover paquetes de datos. El reenvío de paquetes por microprocesador es más caro y lento.

En conclusión, un switch es diseñado para segmentar el dominio de colisión de una red local dentro de varios dominios de colisión más pequeños. Esto resulta ser una ventaja ya que aumenta el desempeño de una red local debido a que reduce el número de estaciones compitiendo por el acceso al medio.

El diseño de la Red TI con switches como dispositivos de interconexión, éstos deben llevar a cabo la tarea centralizar el flujo de información en cada segmento de la red ofreciendo los servicios de red a los usuarios con enlaces dedicados (cada enlace miembro del mismo dominio de broadcast). Por tanto, por cada segmento que se defina en la Red TI se requiere de un switch que de servicios de red al escritorio. Por otra parte, se requiere entonces de un switch central cuya función sea la de controlar el flujo de información a través de la red hasta los usuarios, esto por medio de canales punto a punto hacia cada switch que de servicios al escritorio. Este switch central debe entonces reunir las características de operación de un switch de capa 2 y de un switch de capa 3⁵¹, es decir, se requiere que este dispositivo colectione y mantenga actualizada la información de las direcciones de los dispositivos de la Red TI para funciones de ruteo y puenteo, resolviendo la información de direccionamiento a los equipos de la red que la requieran (envío inteligente de paquetes) permitiendo el establecimiento de enlaces a nivel de la red en el Backbone, y el enlace a Red UNAM para posteriormente tener acceso a otras redes de área amplia e Internet.

El diseño de la Red TI, considerando los switches como dispositivos de interconexión y la selección en el capítulo anterior de las tecnologías de red para cada sistema que la componen (backbone y escritorio), se puede establecer bajo los siguientes puntos:

- Para el sistema del backbone, la tecnología Gigabit Ethernet conmutado debe ser implantada como un sistema compartido, esto es, se debe instalar un switch central Gigabit Ethernet y conectar en cada puerto un dispositivo (switch de escritorio) Fast Ethernet, de manera que cada segmento (cada puerto del switch) ofrece un ancho de banda de 1Gbps. Para el caso del campus, las conexiones entre el switch central y los dispositivos de interconexión ubicados en el IIMAS y la Facultad de Arquitectura (conmutadores ATM) deben ser también un sistema compartido para la Red TI, con una velocidad de transmisión de datos de 100Mbps definido así por limitaciones de Red UNAM.
- Para el sistema de escritorio, la tecnología Fast Ethernet conmutado debe ser implantada como un sistema dedicado, es decir, en este esquema se conecta cada dispositivo final a un

⁵¹ Un switch de capa 2 y capa 3 conjunta las tecnologías de operación de un bridge y de un router, y éste como el equipo principal de interconexión de la Red TI permite definirla como una red de alto desempeño y escalable. Este dispositivo permite seguir la filosofía "conmutar donde se pueda y enrutar donde se deba". La tendencia actual de los diseñadores de redes es conjuntar el empleo de las características de operación de los switches y routers en un solo dispositivo.

puerto del switch Fast Ethernet, de manera que este dedica 100Mbps de ancho de banda a cada servicio de escritorio.

DISEÑO DE LA IMPLANTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA GIGABIT ETHERNET CONMUTADO

Como se determinó en la evaluación del capítulo anterior, el sistema del backbone de la Red TI se propone la implantación de la tecnología Gigabit Ethernet conmutado. Esta etapa se puede analizar en tres partes principales: topología, definición de segmentos y dispositivo central de conmutación.

6.1 Topología

La tecnología Gigabit Ethernet conmutado especifica una topología de red de tipo estrella tal y como se ha propuesto el sistema de cableado estructurado para el sistema de backbone y del campus (figura 6.1). La topología de red tipo estrella ofrece que los recursos y administración de la red sean centralizados permitiendo así realizar de manera simple y rápida la localización y corrección de fallas, además de obtener un mayor grado de disponibilidad y una red más confiable en el aspecto que por segmento se aíslan las fallas de red sin que afecte la operación total de la Red TI.

6.2 Definición de segmentos

La tecnología Gigabit Ethernet conmutado proporciona un diseño de la red a través de la creación de segmentos por dominios de colisión. Para el caso de la Red TI se debe definir un esquema de organización de segmentos adecuado a las necesidades de crecimiento de usuarios, pero al mismo tiempo ofrecer las facilidades de administración y monitoreo requeridas.

La segmentación de la Red TI puede quedar definida a partir del diseño arquitectónico de la Torre I. Esto es, por cada área donde se desean instalar los servicios de datos existe un clóset de telecomunicaciones, como se establece en el estándar EIA/TIA 568-A, dichas áreas de la Torre I son: terraza superior, cada piso ala, niveles de acceso y auditorio, y el área de talleres. Por lo tanto, se puede entonces establecer que cada segmento (o dominio de broadcast) de la Red TI queda definido a partir de cada una de las áreas de trabajo que cuentan con un clóset de telecomunicaciones. Sin embargo, en las áreas de trabajo que se ubiquen en la terraza superior, los servicios de datos deberán ser suministrados a partir de los equipos y herramientas de interconexión ubicados en los closets de telecomunicaciones de las alas norte y sur del nivel seis respectivamente. Como se mencionó en el capítulo anterior se puede establecer debido a que la densidad de servicios que se requieren en la terraza superior no amerita la construcción de closets de telecomunicaciones, además de considerar el diseño arquitectónico de la Torre. La terraza superior no es un área donde se ubiquen oficinas, esta es una área de uso general (terrazas, salas, cafetería).

Considerando el número de servicios de datos propuestos para cada una de las áreas de trabajo de la Torre I mostrados en la tabla 5.2 del capítulo anterior, la estimación tanto del crecimiento de usuarios como del tráfico de información entre cada área de trabajo de la Torre I, la definición de los segmentos de la Red TI se muestran en la siguiente tabla.

Torre de Ingeniería			
Localización	ALA SUR	ALA NORTE	Total servicios por planta
	Nombre del segmento (NSD)	Nombre del segmento (NSD)	
P. nivel azotea	Segmento 1S (25)	Segmento 1N (16)	41
Planta tipo nivel 6	Segmento 2S (40)	Segmento 2N (40)	80
Planta tipo nivel 5	Segmento 3S (43)	Segmento 3N (43)	86
Planta tipo nivel 4	Segmento 4S (40)	Segmento 4N (40)	80
Planta tipo nivel 3	Segmento 5S (43)	Segmento 5N (43)	86
Planta tipo nivel 2	Segmento 6S (45)	Segmento 6N (45)	90
Planta tipo nivel 1	Segmento 7S (53)	Segmento 7N (48)	101
Planta nivel acceso	Segmento 8 (74)		74
Planta nivel talleres	Segmento 9 (21)		21
Planta nivel auditorio	Segmento 10 (197)		197
Total servicios de datos			856

NSD = Número de Servicios de Datos

Tabla 6.1 Definición de los segmentos de la Red TI

Como se muestra en la tabla anterior, los segmentos se definen por cada planta tipo ala sur y ala norte respectivamente, y los casos de la planta nivel acceso, planta nivel talleres y planta nivel auditorio se define un segmento de red para cada uno de estos niveles. Una vez realizada esta segmentación, el aumento de servicios de datos o la instalación de un dispositivo de red no afectará en el esquema y funcionamiento total de la Red TI, únicamente afectará en el segmento de red donde se realicen dichos cambios o donde puedan surgir fallas de operación de red, además de obtener como resultado un esquema de organización por segmentos que permite con mayor facilidad las tareas de administración, control y monitoreo de la red.

6.3.3 Dispositivo central de conmutación

La conmutación permite un mejor control del tráfico al limitarlo solamente a los segmentos apropiados de destino sin alterar el ancho de banda de otros dominios. Por tal motivo, se obtiene un incremento en el desempeño de la red ya que proporciona un mejor aprovechamiento del ancho de banda en los segmentos, y por tanto en la Red TI total.

Este dispositivo central de conmutación en conjunto con el sistema de cableado estructurado definido para el sistema de backbone y del campus, tienen una importancia crítica dentro de la Red TI. Este conmutador central debe tener como función el control del flujo de información a través de la Red TI hasta los usuarios, esto por medio de un canal punto a punto para cada sección de servicio de escritorio (closet de cada piso-ala). Por lo tanto, se requiere que esta unidad esté ubicada en el MD de Datos de la Torre I como centro principal de operación de la red. Las características que debe reunir el equipo central se pueden dividir en secciones separadas⁵², ya que debe cumplir los requerimientos de funcionalidad de los switches de capa 2 y capa 3.

Considerando a las secciones en que se divide el conmutador central por los requerimientos de funcionalidad que debe reunir como switch de capa 2 y capa 3, las características y especificaciones de hardware y software pueden ser analizadas por separado. Estas especificaciones pueden ser consideradas para la selección de entre los fabricantes del dispositivo central de conmutación. A continuación se describen las especificaciones que debe cumplir cada tipo de switch en base a los requerimientos de la Red TI.

⁵² Para la elección del dispositivo central de conmutación entre los fabricantes, es importante considerar de preferencia aquellos equipos que reúnan las características y funciones de los conmutadores de capa 2 y capa 3 en uno solo, de lo contrario se requerirá de dos dispositivos que llevan a cabo dichas funciones por separado.

Switch de capa 2

Características y especificaciones de hardware

- **Construcción:** Chasis modular para montaje en bastidor de 19 pulgadas con al menos 6 ranuras. Fuente de poder redundante AC (Load Sharing) con característica de operación Hot-swap. Redundancia en el procesador central (hot-swap) e indicadores visibles de estado (estados de operación en línea, standby, fuera de servicio y falla en módulos).
- **Arquitectura de switcheo:** Matriz de Switcheo NO BLOQUEABLE.
- **Interfaces soportadas:** Gigabit Ethernet 1000BaseSX/LX, Fast Ethernet 10/100BaseTX y 100BaseFX, Hot-swap en todos los módulos.
- **Número mínimo de puertos en un solo chasis:** 22 puertos Gigabit Ethernet (1000BaseSX/LX) ó 22 puertos Fast Ethernet (100BaseFX).
- **Crecimiento:** Capacidad de crecimiento del 50%, con respecto a la capacidad mínima de puertos mencionados.

Características y especificaciones de software

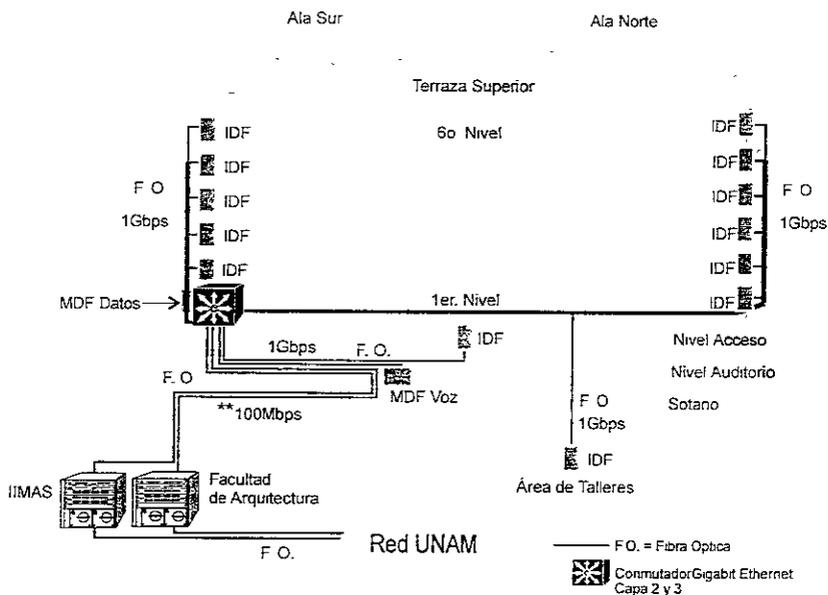
- **Otras características:** Módulos con modo de operación hot-Swap, consola a través de Telnet, actualización de software vía TFTP ó FTP, software y configuración almacenada en memoria no volátil.
- **Administración:** SNMP MIB-2, Ethernet MIB, Bridge MIB, Route MIB, Virtual LAN MIB, consola local RS-232. La administración debe hacerse vía Telnet y vía Web browser.
- **Priorización de tráfico:** Inteligencia soportando varios tipos de tráfico, soporte QoS y soporte 802.1p, 802.1Q.
- **Puertos 100BaseFX:** Capacidad de detectar velocidad (10/100Mbps) automáticamente y los puertos deberán tener capacidad Full Dúplex.
- **Protocolos de redes de datos soportados:** conjunto TCP/IP.
- **Switcheo Ethernet-Ethernet:** Soporte Multicast en Ethernet-Ethernet, tamaño de tabla de 8,000 direcciones como mínimo y soporte de IEEE 802.1d Spanning Tree.
- **Condiciones de operación:** Alimentación de corriente alterna de 110V, temperatura de 0°C a 40°C y una humedad relativa de 10% a 90% sin condensación.
- **Documentación:** Manuales de operación, programación y mantenimiento.

Switch de Capa 3

Características y especificaciones

- **Chasis:** Modular, montable en bastidor de 19 pulgadas sin cajas externas para lograr una mejor funcionalidad. Fuente de poder redundante AC (hot-swap), indicadores visibles de estado (estados de operación en línea, standby, fuera de servicio y falla en módulos) y 3 ranuras disponibles para tarjetas de interfaces.
- **Interfaces soportadas:** Gigabit Ethernet 1000BaseSX/LX, Fast Ethernet 10/100BaseTX, 100 BaseFX, y todos los módulos con modo de operación hot-swap.
- **Protocolos soportados:** Protocolo IP.
- **Protocolos de ruteo:** RIP y OSPF.
- **Administración:** SNMP MIB-2, Ethernet MIB, Bridge MIB, Route MIB, Virtual LAN MIB, consola local RS-232. La administración debe hacerse vía Telnet y vía Web browser.
- **Actualizaciones:** Actualización de software vía TFTP ó FTP.
- **Condiciones de operación:** Alimentación de corriente alterna de 110V, temperatura de 0°C a 40°C y una humedad relativa de 10% a 90% sin condensación.
- **Documentación:** Manuales de operación, instalación y mantenimiento.

En esta parte del diseño de la implantación de la tecnología de red para los sistemas de backbone y del campus, en la figura 6.1 se muestra un diagrama de la tecnología Gigabit Ethernet conmutado para estos sistemas de la Red TI.



**Nota: Durante el tiempo de realización de este trabajo, la UNAM, por medio de la DGSCA-DTD, está trabajando en el proyecto de migración de la tecnología de red del backbone de la Red UNAM para en un futuro proveer servicios de enlace a 1000Mbps, y como caso particular a la Red TI.

Figura 6.1 Diagrama de la implantación de Gigabit Ethernet en la Red TI

6.4 DISEÑO DE LA IMPLANTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA FAST ETHERNET CONMUTADO

Como se determinó en la evaluación del capítulo anterior, Fast Ethernet conmutado es la tecnología propuesta para ser implantada en el sistema de escritorio de la Red TI. De esta manera, se establecen las bases para la estrategia de micro segmentación deseada para los usuarios finales proporcionando a cada servicio de datos un ancho de banda de 100Mbps. La implantación de Fast Ethernet se puede analizar en dos partes: tipo de topología y dispositivo de conmutación.

6.4.1 Topología

La tecnología Fast Ethernet conmutado especifica una topología de red de tipo estrella, el mismo tipo de topología de red propuesto para el sistema de cableado estructurado en el sistema de escritorio. Con esta configuración de topología de red se permitirá realizar de manera simple y rápida la localización y corrección de fallas así como las tareas de administración y monitoreo.

6.4.2 Dispositivo de conmutación

Los dispositivos de conmutación Fast Ethernet tienen la función de centralizar todo el flujo de información de cada área de trabajo (o segmento) en la Torre de Ingeniería, dando servicios de red a cada usuario final a través de enlaces dedicados 10/100BaseT. Los enlaces dedicados a 10/100Mbps en los servicios de escritorio es una parte opcional de la tecnología Fast Ethernet que deben proveer los switches, mejor conocida como función de "auto negociación". La función de auto-negociación podrá describir el proceso de configuración automático para los dispositivos en las terminaciones de un enlace. Esto hará posible el modo para intercambio de información entre los dispositivos según sean sus capacidades, 10 ó 100Mbps, y de esta manera establecer el mejor modo de operación sobre un enlace. Otro aspecto de la auto negociación es que podrá verificar de manera automática la capacidad de soporte del modo de operación full dúplex sobre alguno o todos los puertos. Esto hará posible el modo de operación full dúplex entre los switches de escritorio y el switch principal.

Las características y especificaciones de hardware y software de estos dispositivos de red deben cumplir los requerimientos de la Red TI para el servicio de escritorio. Para la selección del switch adecuado, a continuación se describen características que de inicio deben cumplir.

Switch de escritorio

Características y especificaciones de hardware

- **Construcción:** Chasis con capacidad de 24/36 ó 48 puertos Fast Ethernet 10/100BaseTX con auto negociación y un mínimo de una ranura para implantación de otras tecnologías (100BaseFX ó Gigabit Ethernet) y fuente de poder redundante (Load Sharing).
- **Capacidad de switcheo:** Al menos 500,000 paquetes por segundo, no bloqueable.
- **Interfaces soportadas:** puertos Gigabit Ethernet 1000BaseSX/LX, Fast Ethernet 100BaseTX, 100BaseFX, 10BaseTX y/o 100BaseFL, no se deben aceptar transceivers ni adaptadores externos.
- **Backplane:** De al menos 1Gbps
- **Condiciones de operación:** Alimentación de corriente alterna de 110V, temperatura de 0°C a 40°C y una humedad relativa de 10% a 90% sin condensación

Características y especificaciones de software

- **Administración:** SNMP MIB-2, Ethernet MIB, Bridge MIB, Route MIB, Virtual LAN MIB, consola local RS-232. La administración debe hacerse vía Telnet y vía Web browser
- **Priorización de tráfico:** Inteligencia soportando varios tipos de tráfico, soporte QoS y soporte 802.1p, 802.1Q.
- **Protocolos de redes de datos soportados:** IP.
- **Switcheo Ethernet-Ethernet** Soporte Multicast en Ethernet-Ethernet y soporte de IEEE 802.1d Spanning Tree.
- **Documentación:** Manuales de operación, programación y mantenimiento.
- **Otras características :** Capacidad de detectar velocidad de 10 ó 100Mbps automáticamente. Los puertos deberán tener capacidad Full Duplex (auto negociación) y la agregación de ancho de banda mediante enlaces paralelos (trunking).

En esta parte del diseño de la implantación de la tecnología de red para el sistema de escritorio, en la figura 6.2 se muestra un diagrama de la tecnología Fast Ethernet conmutado en este sistema de la Red TI. En esta etapa se puede entonces definir la configuración de la Red TI como se muestra en la figura 6.3, considerando únicamente una simbología de equipo de conmutación. La siguiente etapa es definir el fabricante y modelo del equipo a ser instalado como switch central y los switches de escritorio

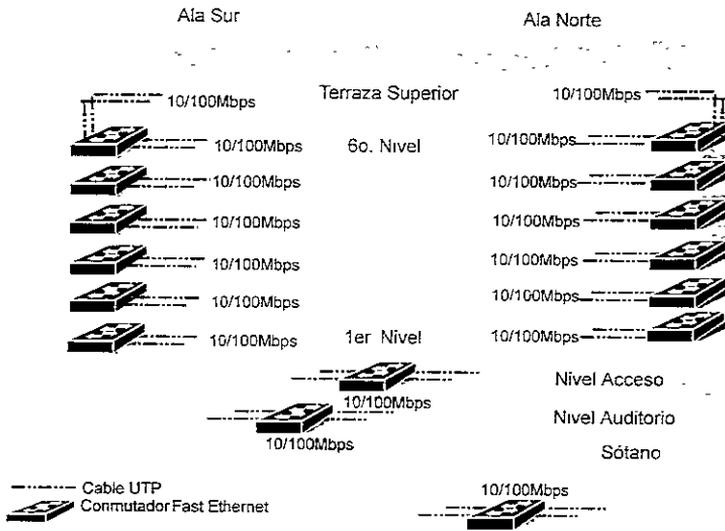


Figura 6.2 Diagrama de la implantación de Fast Ethernet en la Red TI

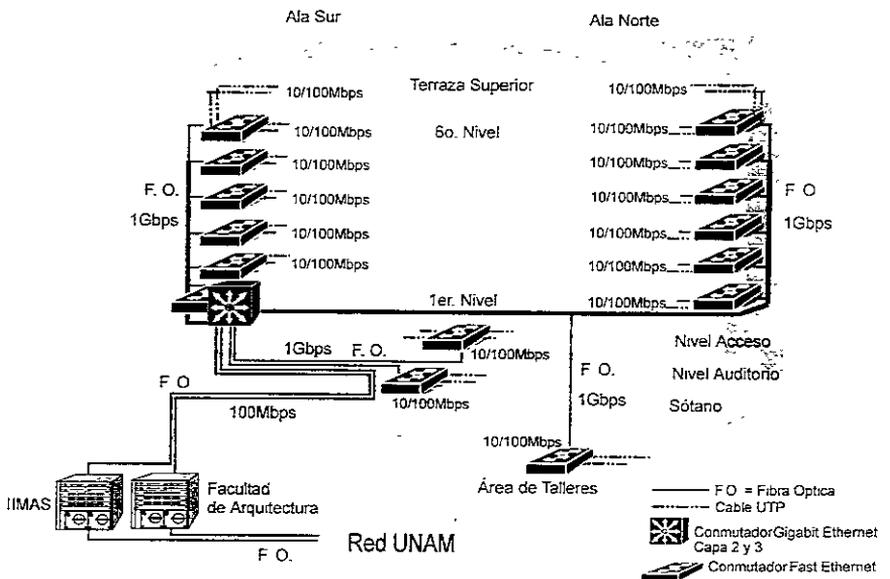


Figura 6.3 Esquema de configuración de la Red TI

5 SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE CONMUTACIÓN DE LA RED TI

La selección de las tecnologías Gigabit y Fast Ethernet conmutados para la Red TI permiten ahora definir la etapa de selección del equipo de conmutación a ser instalado. Este equipo debe ante todo cumplir con los requerimientos que se han planteado para la Red TI.

Para definir los fabricantes a ser evaluados en sus equipos de conmutación para este proyecto de la Red TI, se puede limitar a aquellos que cumplan los siguientes puntos:

1. Que sean empresas líder en el área de redes de datos a nivel mundial y en consecuencia amplio soporte en el mercado
2. Que tengan la presencia de sucursales en México para soporte técnico.
3. Que pertenezcan al grupo de desarrollo de las tecnologías de red propuestas para la Red TI.
4. Que tanto el Instituto de Ingeniería como Red UNAM, tengan la experiencia de haber trabajado con algunos de sus modelos de equipo de red.

Basándose en el cumplimiento de los puntos anteriores, se puede entonces considerar a los siguientes fabricantes para la etapa de selección y evaluación de los equipos de conmutación que presentan en el mercado: *Cisco Systems*, *3Com* y *Cabletron Systems*⁵³.

5.1 Tablas de especificaciones de los dispositivos de conmutación

En la continuación se muestran las tablas con las características técnicas más importantes de los equipos de interconexión de acuerdo a cada fabricante. Es importante tener en cuenta que los datos técnicos mostrados en las siguientes tablas para cada switch-fabricante son los más importantes en base a los requerimientos de la Red TI.

5.1.1 Dispositivo principal de conmutación

La tabla 6.2 muestra los parámetros más importantes del equipo de cada fabricante para ser seleccionado como el dispositivo central de conmutación de la Red TI.

⁵³ Cabletron Systems se ha transformado en cuatro compañías que operan de manera independiente: Apisma Management Technologies, Enterasys Networks, Global Network Technology Services y Riverstone Networks. Esto con el propósito de incrementar su presencia en el mercado y mejorar la atención al cliente.

		Cisco Systems	3Com	Enterasys Networks
Modelo		Catalyst 6506	Switch 4007	Matrix E7
Tipo		Switch Capa 2 y Capa 3	Switch Capa 2 y Capa 3	Switch Capa 2 y Capa 3
Hardware				
Chasis	Tipo de Chasis	Modular	Modular	Modular
	Ranuras utilizables	Soporte hasta 6 ranuras: 1 asignada al procesador central (System Engine) ó 2 si se desea procesador central redundante	Soporte hasta 7 ranuras: 1 asignada al procesador central (management module).	Soporte hasta 7 ranuras: 1 asignada para el módulo avanzado de ruteo (ARM: Advanced Router Module). Arquitectura de conmutación compartida, no se requiere de un procesador central (System Engine).
	Dimensiones	Montable en rack estándar de 19 pulgadas (49.7x42.5x44.7cm HxWxD)	Montable en rack estándar de 19 pulgadas (30.98x48.2x51.1*cm HxWxD)*con la fuente AC	Montable en rack estándar de 19 pulgadas (77.47x44x36.83cm HxWxD)
	Tolerancia a fallos y redundancia	<ul style="list-style-type: none"> - Todos los módulos son hot swap. - Redundancia en procesador central "System Engine" (Hot-swap) - Fuente de poder redundante, AC ó DC, load Sharing y hot swap (no se requiere de software) - Indicadores visibles de estado: Operación en línea, modo standby, administración de energía, temperatura, fuera de servicio y fallos en módulos. - Ventiladores hot swap 	<ul style="list-style-type: none"> - Todos los módulos son hot swap. - Redundancia en procesador central "management module" (Hot-swap) - Fuente de poder redundante, AC ó DC, load Sharing y hot swap. - Indicadores visibles de estado: fuente de poder, ventilador, poder y activo (chasis), PCMCIA, terminal de control y módulo, interfaz de puertos: enlace, falla y activo. - Ventiladores hot swap 	<ul style="list-style-type: none"> - Todos los módulos son hot swap. - No hay redundancia en el módulo de ruteo ARM. - Fuente de poder redundante, AC ó DC, load Sharing y hot swap. - Indicadores visibles de estado: fuente de poder, ventilador, poder y activo (chasis). - Ventiladores hot swap
	Interfases soportadas	1000BaseSX/LX/LH(SC y GBIC) 100BaseFX MMF (MT-RJ) 10/100BaseTX (RJ-45 y RJ-21) ATM OC12 (opciones mono modo y multimodo)	1000BaseSX/X (SC y GBIC) 100BaseFX MMF (MT-RJ) 10/100BaseTX (RJ-45 y RJ-21)	1000BaseSX/LX/T (SC y GBIC) 100BaseFX MMF (MT-RJ) 10/100BaseTX (RJ-45 y RJ-21) ATM OC12 y OC3
	Número máximo de puertos	240 - 10/100Base TX 120 - 100BaseFX 8 - OC12 ATM > 100 - Gigabit Ethernet	216 - 10/100Base TX (capa 2) 120 - 100BaseFX (capa 2) 54 - 1000BaseSX (capa 2) 24 - 1000BaseX (multilayer)	336 - 10/100Base TX 80 - Gigabit Ethernet
	Capacidad de Crecimiento en base a la Red TI	> 50% (puertos Gigabit ó Fast Ethernet)	> 50% (puertos Gigabit ó Fast Ethernet)	> 50% (puertos Gigabit ó Fast Ethernet)
	Arquitectura	Tipo de Arquitectura	Nonblocking	Nonblocking

		Cisco Systems	3Com	Enterasys Networks
	Tipo de reenvío	Cut through/Almacenamiento y reenvío, dependiendo de la tasa de error	-	Almacenamiento y reenvío
	Capacidad de conmutación	>150Mpps	80Mpps	100Mpps
	Memoria	64MB DRAM Opcional 16 ó 24MB flash tarjetas PCMCIA	-	64MB de memoria principal 16MB de memoria Flash
	Backplane	Escalable de 32Gps a > 256Gbps	120Gbps. pasivo	420Gbps. pasivo
Condiciones de operación	Alimentación	17.6 A max. @ 100VAC 38 A @ 60VDC	90-264 VAC	100V a 125V, 16A 200V a 250V, 8A
	Temperatura	De 0°C a 40°C	De 0°C a 50°C	De 5°C a 40°C
	Humedad relativa	10% a 90%, sin condensación	10% a 90%, sin condensación	5% a 90%, sin condensación
Software				
Admin	MIBs Soportados	SNMP MIB-II, TraceRoute MIB, VLAN Trunking Protocol (VTP), Bridge MIB, VLAN Query Protocol (VQP) y RMON 1 y 2.	MIB II, SNMP MIB-II, Router MIB, Bridge MIB, Ethernet MIB, OSPF MIB, RMON 1 y RMON 2.	SNMP MIB-II, RMON MIB, Bridge MIB.
	Consola	Consola para conexión local o remota vía RJ-45 (hembra), Administración vía Teinet	Consola para conexión local o remota vía RJ-45 (hembra) y RS-232 (DB-9). Administración vía Teinet o Web Browser.	Consola para conexión local o remota vía RS-232 (DB-9). Administración vía Teinet o Web Browser.
	Upgrades	Actualización del software vía FTP	Actualización del software vía FTP.	Actualización del software vía FTP.
Priorización del tráfico	Protocolos soportados	802.1p detección y clasificación, Soporte QoS, Inteligencia soportando varios tipos de tráfico, Clase de Servicio CoS	802.1p detección y clasificación, Soporte QoS, Inteligencia soportando varios tipos de tráfico, Clase de servicio CoS	802.1p, Soporte QoS.
Protocolos soportados	Protocolos estándar de red	Ethernet: IEEE 802.3, 10BaseT y 10BaseFL, Fast Ethernet: IEEE 802.3u, 100BaseTX y 100BaseFX Gigabit Ethernet: IEEE 802.3z, VLAN IEEE 802.1Q IEEE 802.1x	Ethernet: IEEE 802.3, 10BaseT y 10BaseFL, Fast Ethernet: IEEE 802.3u, 100BaseTX y 100BaseFX Gigabit Ethernet: IEEE 802.3z, VLAN IEEE 802.1Q IEEE 802.1x	Ethernet: IEEE 802.3, 10BaseT y 10BaseFL, Fast Ethernet: IEEE 802.3u, 100BaseTX y 100BaseFX Gigabit Ethernet: IEEE 802.3z, VLAN IEEE 802.1Q IEEE 802.1x, LANE 1 0/2 0, UNI 3 0/3 1/4.0
	Protocolos de red soportados	Suite TCP/IP	Suite TCP/IP	Suite TCP/IP
Switches Ethernet - Ethernet	Protocolos de ruteo	RIPv1/v2 y OSPF, IGMP routing	RIPv1/v2 y OSPF, IGMP routing	RIPv1/v2 y OSPF
	Tamaño de la tabla de direcciones MAC	Arriba de 32.000 direcciones MAC	-	Arriba de 32.000 direcciones MAC

		Cisco Systems	3Com	Enterasys Networks
	Soporte multicast Ethernet-Ethernet	Si. Switcheo Ethernet transparente para todos los protocolos a nivel MAC. Soporte IGMP snooping (Internet Group Management Protocol), CGMP (Cisco Group Management Protocol)	Si. Switcheo Ethernet transparente para todos los protocolos a nivel MAC. Soporte IGMP snooping (Internet Group Management Protocol).	Si. Switcheo Ethernet transparente para todos los protocolos a nivel MAC.
	Tolerancia a fallas y eliminación de loops	Soporte de IEEE 802.1d Spanning Tree Protocol (STP), STP para VLANs.	Soporte de IEEE 802.1d Spanning Tree Protocol (STP)	Soporte de IEEE 802.1d Spanning Tree Protocol (STP)
Conexiones	Físicas	1000Mbps Gigabit Ethernet: full/half duplex 100Mbps Fast Ethernet: full/half duplex 10/100Mbps Fast Ethernet: auto negociación y full/half duplex ATM: full duplex	1000Mbps Gigabit Ethernet: full o half duplex 100Mbps Fast Ethernet: full/half duplex 10/100Mbps Fast Ethernet: auto negociación y full/half duplex.	1000Mbps Gigabit Ethernet: full o half duplex 100Mbps Fast Ethernet: full o half duplex 10/100Mbps Fast Ethernet: auto negociación y full o half duplex ATM: full duplex
	Lógicas	Soporte IEEE 802.1Q VLANs.	Soporte IEEE 802.1Q VLANs.	Soporte IEEE 802.1Q VLANs.
	Soporte VoIP (Voice over IP)	Si	Si	Si

Tabla 6.2 Características de los dispositivos propuestos como el equipo principal de conmutación de la Red TI

Nota: La selección de los equipos de interconexión de cada fabricante corresponde a los que en la fecha de llevar a cabo esta evaluación, julio de 2001, están disponibles en el mercado. Es probable que en el momento en que se lleve a cabo la licitación para la evaluación y selección del dispositivo principal de conmutación de la Red TI existan nuevos modelos de equipo con arquitectura mejorada en comparación con los que se presentan en la tabla 6.2.

6.5.1.2 Switch de escritorio

La tabla 6.3 muestra los parámetros más importantes del equipo de cada fabricante para ser seleccionado como los dispositivos que centralicen el flujo de información de cada segmento de la red y que ofrezcan los servicios de red a cada usuario final a través de enlaces 10/100BaseT.

	Cisco Systems	3Com	Enterasys Networks
Modelo	Catalyst 2948G	Super Stack II Switch 3900	VH-4802
Tipo	Conmutador intraedificios	Conmutador intraedificios	Conmutador intraedificios
Hardware			
Tipo de Chasis	Configuración fija, apilable	Configuración fija, apilable	Configuración fija, apilable
Ranuras utilizables	2 ranuras opcionales para soporte de módulos 1000BaseSX/LX (GBIC).	2 ranuras opcionales para soporte de módulos 1000BaseSX para MMF y 1000BaseLX para MMF y SMF	2 ranuras opcionales para soporte de módulos 1000BaseLX/SX y 100BaseFX.
Dimensiones	Montable en rack estándar de 19 pulgadas (8.5x43.8x58.4cm HxWxD)	Montable en rack estándar de 19 pulgadas (6.5x44x30.5cm HxWxD)	Montable en rack estándar de 19 pulgadas (8.4x44x35cm HxWxD)
Tolerancia a fallos	Fuente de poder redundante (hot swap y load sharing)	Fuente de poder redundante.	Fuente de poder redundante (load sharing)
Indicadores	- Indicadores visibles de estado por puerto: deshabilitado, integridad de enlace, activo, velocidad e indicadores full dúplex. - Indicadores visbles de estado del sistema sistema en operación, ventilador, estado del módulo procesador, consumo de voltaje y carga de trabajo del switch.	- Indicadores visibles de estado por puerto: inactivo, activo, en línea, fuera de línea. - Indicadores visibles de estado del sistema: sistema en operación, presencia de fallas. - Indicadores visibles de poder: encendido(sistema ejecutándose) y apagado	- Indicadores visibles de estado por puerto: deshabilitado, de enlace, activo, velocidad e indicadores full dúplex.
Interfases soportadas	- RJ45 IEEE 802.3u Ethernet 10/100BaseTX (UTP Cat. 5). - puertos 1000BaseX (GBIC Gigabit Interface Converter), con la tecnología GBIC se puede elegir entre las interfaces Gigabit: 1000Base-SX, 1000Base-LX/LH ó 1000Base-ZX (rango extendido mono modo)	- RJ45 IEEE 802.3u Ethernet 10/100BaseTX (UTP Cat 5). - SC 1000BaseSX - 2 módulos opcionales para soporte de enlaces 1000BaseSX (MMF,SC) y 1000BaseLX (MMF y SMF, SC)	- RJ45 IEEE 802.3u Ethernet 10/100BaseTX (UTP Cat 5) - 2 módulos opcionales para soporte de enlaces 1000BaseLX/SX (MMF,SC) y 100BaseFX (MMC y SMF, SC)
Número máximo de puertos	- 48 puertos 10/100Mbps Ethernet y - 2 puertos 1000BaseX (GBIC)	- 36 puertos 10/100Mbps Ethernet y - 1 puerto 1000BaseSX (SC) y dos módulos opcionales 1000BaseX	- 48 puertos 10/100Mbps Ethernet y - 2 módulos opcionales para enlaces uplink.
Arquitectura	Tipo de Arquitectura	Nonblocking	Nonblocking
	Tipo de reenvío	Almacenamiento y reenvío.	Almacenamiento y reenvío.
	Capacidad de conmutación	Reenvío de paquetes de 64 bytes: 14,880pps en puertos 10Mbps. 148,800pps en puertos 100BaseT	Reenvío de paquetes de 64 bytes. 14,880pps en puertos 10Mbps. 148,800pps en puertos 100BaseT

		Cisco Systems	3Com	Enterasys Networks
	Memoria	4MB de Memoria Flash 8MB de packet-buffer DRAM 256KB NVRAM	8MB de memoria principal 2MB de memoria Flash	8MB de memoria principal 2MB de memoria Flash
	Backplane	24Gbps, reenvío de 15Mpps de 64Bytes para ejecutar "wire-speed" a todos los puertos.	>6.6Gbps	16Gbps, reenvío de 10Mpps de 64Bytes para ejecutar "wire-speed" a todos los puertos.
Condi- ciones de opera- ción	Alimenta- ción	AC input: 100 a 240VAC, 47 a 63 Hz (autoranging). DC input: +5V@30A; +12V@2A; +24V@0.2A	AC input: 100 a 240VAC	AC input: 100 a 240VAC
	Consumo	100 Watts como máximo	100 Watts como máximo	90 Watts
	Temperatu- ra	De 0°C a 40°C	De 0°C a 50°C	De 0°C a 50°C
	Humedad relativa	10% a 90%, sin condensación	10% a 90%, sin condensación	10% a 90%, sin condensación
Software				
Admin.	Protocolos	Soporte SNMP MIB-II, Ethernet MIB, Bridge MIB (RFC 1493), RMON, Route MIB y VLAN MIB.	Soporte SNMP MIB-II, Ethernet MIB, RMON y Bridge MIB (RFC 1493).	Soporte SNMP MIB-II, Ethernet MIB, Bridge MIB (RFC 1493) y VLAN MIB.
	Consola	- Puerto de Consola local RS-232 ó RJ-45 hembra. - Administración vía Telnet - Seguridad de acceso a la consola.	- Puerto de Consola local y remota RS-232 - Administración vía Telnet y web Browser.	- Puerto de Consola local RS-232. - Administración vía Telnet y web Browser.
Protoco- los soporta dos	Protocolos estándar de red	Ethernet: IEEE 802.3, 10BaseT y 10BaseFL, Fast Ethernet: IEEE 802.3u, 100BaseTX y 100BaseFX Gigabit Ethernet: IEEE 802.3z.	Ethernet: IEEE 802.3, 10BaseT Fast Ethernet: IEEE 802.3u, 100BaseTX Gigabit Ethernet: IEEE 802.3z.	Ethernet: IEEE 802.3, 10BaseT y 10BaseFL, Fast Ethernet: IEEE 802.3u, 100BaseTX y 100BaseFX Gigabit Ethernet: IEEE 802.3z.
	VLANs	- 802.1Q detección y clasificación. - Protocolos Proprietarios	- 802.1Q detección y clasificación.	802.1Q detección y clasificación.
	Protocolos de red soportados	IP	IP	IP
Swit- cheo Ethernet - Ethernet	Tamaño de la tabla de direcciones MAC	> 16,000 direcciones MAC	> 16,000 direcciones MAC	12,000 direcciones MAC
	Soporte multicast Ethernet- Ethernet	Si, Selectiva y dinámicamente reenvía tráfico multicast a las estaciones destino, basado en el protocolo proprietario CGMP (Cisco Group Management Protocol). Switcheo Ethernet transparente para todos los protocolos a nivel MAC.	Si, Selectiva y dinámicamente reenvía tráfico multicast a las estaciones destino, basado en IGMP snooping. Switcheo Ethernet transparente para todos los protocolos a nivel MAC.	Si, Switcheo Ethernet transparente para todos los protocolos a nivel MAC.

		Cisco Systems	3Com	Enterasys Networks
	Tolerancia a fallas y eliminación de loops	Soporte de IEEE 802.1d Spanning Tree Protocol (STP). STP para VLANs	Soporte de IEEE 802.1d Spanning Tree Protocol (STP)	No soporta IEEE 802.1d Spanning Tree Protocol (STP). Próximo en agregarse IEEE 802.1w (Quick Convergence ST)
Interconexiones	Físicas	1000Mbps Gigabit Ethernet full o half duplex, 100Mbps Fast Ethernet full/half duplex, 10/100Mbps Fast Ethernet auto negociación y full/half duplex. - Soporte Trunking (agregación de ancho de banda mediante enlaces paralelos).	1000Mbps Gigabit Ethernet full o half duplex, 100Mbps Fast Ethernet full/half duplex, 10/100Mbps Fast Ethernet auto negociación y full/half duplex - Soporte Trunking (agregación de ancho de banda mediante enlaces paralelos).	1000Mbps Gigabit Ethernet: full/half duplex, 100Mbps Fast Ethernet full/half duplex, 10/100Mbps Fast Ethernet auto negociación y full/half duplex - Soporte Trunking (agregación de ancho de banda mediante enlaces paralelos).
	Lógicas	- Soporte IEEE 802.1Q VLANs - El hardware soporta hasta 1000 VLANs	- Soporte IEEE 802.1Q VLANs.	- Soporte IEEE 802.1Q VLANs.

Tabla 6.3 Características de los dispositivos propuestos como switches de escritorio para la Red TI

La selección de los equipos de interconexión de cada fabricante corresponde a los que en la fecha de esta evaluación, julio de 2001, están disponibles en el mercado. Es probable que en el momento en que se lleve a cabo la licitación para la evaluación y selección de los switches de escritorio de la Red TI existan nuevos modelos de equipo con arquitectura mejorada en comparación con los que se presentan en la tabla 6.3.

2 Evaluación y selección del fabricante

La evaluación y selección del fabricante de los dispositivos de interconexión (switches) de la Red TI se realizó por medio del método de puntuación aditiva, el cual fue aplicado en los casos de evaluación y selección de opciones en el capítulo anterior. Los atributos a considerar para esta evaluación están establecidos en los requerimientos de la red de la Torre. Se consideran como atributos entre los equipos principales de conmutación las siguientes características de operación de switches: escalabilidad, interoperabilidad con Red UNAM, tolerancia a fallos, confiabilidad, administración, flexibilidad en la arquitectura, desempeño del equipo y resultados en pruebas de laboratorio. La justificación de la selección de las características de operación de los switches y la asignación de ponderadores se establecen mediante los siguientes criterios:

Ponderación Atributo

- 0.2 **Desempeño del equipo-** De acuerdo al análisis y diseño de la Red TI, el desempeño del equipo principal de red es un atributo crítico por ser el centro de interconexión de la Red TI en topología tipo estrella. Se consideran las características de los equipos de los fabricantes mostrados en documentos (tabla 6.2). Este atributo se puede complementar con resultados de pruebas de laboratorio.
- 0.2 **Tolerancia a fallos/confiabilidad-** El equipo principal de la Red TI debe proveer un esquema de prevención y solución inmediata a problemas de operación mediante mecanismos de redundancia por ser el centro de interconexión de la Red TI. La falla total o parcial de este equipo afecta inmediatamente el

desempeño general de la Red TI. La tolerancia a fallos que brinde confiabilidad de operación del equipo principal debe quedar establecida bajo el soporte de fuentes de poder redundantes y del sistema de enfriamiento, ambos sistemas con modo de operación hot swap. Es indispensable que ofrezca redundancia en el procesador central y modo hot swap tanto en el procesador central como en cada ranura de memoria del chasis.

- 0.2 **Escalabilidad-** La escalabilidad del equipo principal de conmutación de la Red TI deberá proveer principalmente soporte a las tecnologías de red Gigabit y Fast Ethernet conmutado así como a la transición al protocolo de Internet IP (IPv6), capacidad de implantación de VLAN's, y contar con un Backplane escalable que garantice el incremento de las tasas de reenvío de paquetes y el soporte al crecimiento del 50% de los servicios requeridos de inicio en la Red TI, así como el balanceo de cargas para enlaces redundantes.
- 0.1 **Administración-** Es indispensable considerar en el equipo principal de conmutación de la Red TI: el soporte de herramientas, interfaces y protocolos estandarizados y orientados a los protocolos de Internet (TCP/IP) para la administración local y remota (SNMP MIB-II, Ethernet MIB, Bridge MIB, Route MIB y Virtual LAN MIB). Estas herramientas e interfaces pueden ser complementadas con herramientas de software propietarios, para contar con un esquema mas completo de administración y monitoreo para la obtención de estadísticas de tráfico y del uso de los recursos de la Red TI.
- 0.1 **Flexibilidad en la arquitectura-** El equipo principal de conexión de la Red TI debe proveer flexibilidad en su arquitectura para el soporte de soluciones a la implantación de diferentes tecnologías de red en el Backbone. El soporte de tecnologías de red en la arquitectura del equipo principal garantizará la menor degradación en el desempeño. Al mismo tiempo, al ser una solución basada en tecnología de conmutación debe permitir realizar en mayor grado la estrategia de segmentación.
- 0.1 **Interoperabilidad con Red UNAM-** La interoperabilidad representa un modo transparente de operación entre el switch principal de la Red TI y los dispositivos con los que se establecerá conexión a Red UNAM. El switch principal de la Red TI debe ofrecer principalmente soporte para las tecnologías Fast Ethernet y ATM. Hoy en día Red UNAM provee enlaces Fast Ethernet. El backbone de datos de Red UNAM está implantado con tecnología ATM, y actualmente se esta trabajando en el proyecto de migración a la tecnología Gigabit Ethernet.
- 0.1 **Resultados en pruebas de laboratorio-** La evaluación de este atributo permite únicamente tomar como referencia para este proyecto los resultados en pruebas de laboratorio, realizadas por terceros, de los dispositivos de red que garantizan sus niveles de operación y rendimiento.

En la tabla 6.5 se muestra la evaluación de los switches para su instalación como dispositivo principal de interconexión de la Red TI. La escala de calificaciones asignadas a los equipos de fabricantes son los mostrados en la siguiente tabla con los respectivos criterios.

Criterio	Calificación	Explicación del criterio
Excelente	5	Casos en que el funcionamiento supera en gran medida las expectativas deseadas
Bueno	4	Satisface los criterios estándar e incluye algunas características especiales
Suficiente	3	Su función o características son las esperadas
Pobre	2	Escaso cumplimiento en las funciones o características esenciales
Inaceptable	1	Es seriamente deficiente

Tabla 6.4 Criterios de calificación que se consideran para el proyecto Red TI

	Catalyst 6506	Switch 4007	Matrix E7	Ponderación
Desempeño del equipo	5	4	4	0.2
Tolerancia a fallos/confiabilidad	5	5	4	0.2
Escalabilidad	5	4	5	0.2
Administración	4	4	4	0.1
Flexibilidad en la Arquitectura	4	3	4	0.1
Interoperabilidad con Red UNAM	4	4	4	0.1
Resultados en pruebas de laboratorio	4	3	3	0.1
Calificación	4.6	4.0	4.1	

Tabla 6.5 Calificaciones de los fabricantes para el switch central de la Red TI

Los atributos a considerar para la evaluación de los switches de escritorio están basados en los requerimientos de la red de la Torre. Se consideran como atributos entre los switches de escritorio las siguientes características de operación: desempeño del equipo, tolerancia a fallos, escalabilidad, interoperabilidad con el switch central, resultados en pruebas de laboratorio y administración. La justificación de la elección de las características de operación de los switches y la asignación de ponderadores se establecen mediante los siguientes criterios:

Ponderación Atributo

- 0.2 **Desempeño del equipo-** De acuerdo al análisis y diseño de la Red TI, el desempeño del switch de escritorio es un atributo crítico por ser el centro de interconexión del sistema de escritorio de la Red TI en topología tipo estrella de cada piso ala. Se consideran las características de los equipos de los fabricantes mostrados en documentos (tabla 6.3). Este atributo se puede complementar con resultados de pruebas de laboratorio.
- 0.2 **Tolerancia a fallos/confiabilidad-** Los switches de escritorio de la Red TI deben proveer un esquema de prevención a problemas de operación por ser el centro de interconexión del sistema de escritorio en estrella de cada área de trabajo de la Torre. Los problemas de operación de un switch de escritorio afecta únicamente a los equipos de los usuarios conectados a este. La tolerancia a fallos de operación de los switches de escritorio debe quedar establecida bajo el soporte de fuentes de poder redundantes y del sistema de enfriamiento. Es indispensable que provea soporte al mecanismo de redundancia basado en el protocolo de árbol expandido.
- 0.2 **Escalabilidad-** La escalabilidad del equipo de conmutación de escritorio representa el soporte para el crecimiento del número de servicios de red

mediante la capacidad de ser dispositivos apilables, además del soporte de módulos uplink Gigabit Ethernet para asegurar la conexión al Backbone, y manejo de esquemas de redundancia y balanceo de cargas para funciones de red de alto desempeño en la Torre.

- 0.15 **Interoperabilidad con el switch central-** La interoperabilidad de los switches de escritorio con el switch central, seleccionado en la etapa anterior, debe permitir crear un esquema completo de red con integración efectiva, que provea conexiones de red confiables, accesibles y veloces en los equipos de los usuarios de la Torre.
- 0.15 **Resultados en pruebas de laboratorio-** La evaluación de este atributo permite únicamente tomar como referencia para este proyecto los resultados en pruebas de laboratorio, realizadas por terceros, de los switches de escritorio que garantizan sus niveles de operación y rendimiento.
- 0.1 **Administración-** Los switches de escritorio de la Red TI deben soportar herramientas, interfaces y protocolos estandarizados y orientados a los protocolos de Internet (TCP/IP) para la administración local y remota (SNMP MIB-II, Ethernet MIB, Bridge MIB, Route MIB y Virtual LAN MIB). Estas herramientas e interfaces pueden ser complementadas con herramientas de software propietarios y así contar con un esquema mas completo de administración y monitoreo.

En la tabla 6.6 se muestra la evaluación de los switches para su instalación como dispositivos en el sistema de escritorio de la Red TI. La escala de calificaciones asignadas a los equipos de los fabricantes son los mostrados en la tabla 6.4 con los respectivos criterios.

	Catalyst 2948G	Super Stack II Switch 3900	VH-4802	Ponderación
Desempeño del equipo	5	3	4	0.2
Tolerancia a fallos/confiabilidad	3	3	3	0.2
Escalabilidad	3	3	3	0.2
Interoperabilidad con el switch central	4	3	3	0.15
Resultados en pruebas de laboratorio	4	3	3	0.15
Administración	4	3	3	0.1
Calificación	3.8	3.0	3.2	

Tabla 6.6 Calificaciones de los fabricantes para los switches de escritorio

De acuerdo a las calificaciones obtenidas en las tablas 6.5 y 6.6, los equipos de interconexión de red (switch principal y de escritorio) de Cisco Systems son los que mejor se adaptan a los requerimientos de la Red de cómputo de la Torre y resultan ser una opción viable para la implantación de este proyecto.

El switch multi-capa Catalyst 6506 de Cisco Systems Cuenta con un grado de escalabilidad adecuado donde el chasis es de alto desempeño con soporte para las tecnologías de red: 10BaseT/100BaseTX, 100BaseFX, Gigabit Ethernet y ATM, un Backplane pasivo escalable de 32Gbps a 256Gbps, lo cual permite garantizar el incremento de las tasas de transmisión de paquetes sin la necesidad de intercambiar este dispositivo a mediano plazo. La capacidad de conmutación que ofrece es mayor a 150Mpps el cual resulta ser superior a los demás switches analizados. El número de

tos que soporta es mayor al 50% del crecimiento de los servicios Gigabit Ethernet que se requieren a la Red TI. El Catalyst 6506 al soportar módulos de tecnologías ATM, Fast Ethernet y Gigabit Ethernet permite tener una amplia flexibilidad para realizar diferentes esquemas de configuración de tecnologías sobre el backbone. Sin embargo, la principal configuración que ofrece y se requiere para el proyecto es la de controlar el flujo de información por medio de canales punto a punto a los dispositivos de escritorio con servicios de red Gigabit Ethernet con la opción de configurar estos enlaces en modo full dúplex. Otro aspecto importante es la tolerancia a fallas en su arquitectura en la cual se puede tener redundancia en el mecanismo de conmutación central (System Engine), redundancia de la fuente de poder (AC ó DC) y balanceo de carga, además de que los módulos son intercambiables rápidamente (hot swap), todo esto permite definir al Catalyst 6506 como un switch confiable para su operación dentro de la Red TI.

El desempeño de los equipos Cisco han obtenido resultados sobresalientes en pruebas de laboratorio (benchmarks)⁵⁴ de empresas independientes, los cuales demuestran su eficacia como dispositivos de conmutación en ambientes de backbone y de servidores de alto rendimiento en sus aplicaciones básicas. El switch Catalyst 6506 ofrece soluciones inteligentes que permiten el tráfico de aplicaciones de Internet/intranets, desempeño en misiones críticas y aplicaciones de voz y video.

El switch Catalyst 2948G es una solución para centralizar el flujo de información en cada segmento de la red y dar los servicios de red a los usuarios finales a través de enlaces dedicados. Estos dispositivos apilables, lo que permite un rango de crecimiento en el número de servicios que se requieran. Cuentan con puertos uplink Gigabit Ethernet para el enlace hacia el backbone. Al mismo tiempo, estos dispositivos son auto sensibles (10/100BaseTX) para la detección automática de la velocidad y pueden operar en modo full dúplex en todos sus puertos. Por otro lado, tienen fuente de poder redundante externa.

Mantener una solución completa de un mismo fabricante permite obtener una mejor interoperabilidad entre los dispositivos. Como parte de la familia de switches Catalyst de Cisco, el switch 2948G puede integrarse fácil y efectivamente a una solución para la Red TI en conjunto con el switch central Catalyst 6506 de manera que se dispongan de conexiones de red altamente confiables, accesibles y veloces para los equipos terminales de los usuarios, a la vez que se podrá garantizar la compatibilidad total y adaptación a la estructura de la red. El switch Catalyst 2948G al estar ligado con la familia Catalyst utiliza el mismo software del sistema Catalyst que la serie 6500, con lo que se puede garantizar una total interoperatividad. La confiabilidad de los enlaces en la Red TI serán definidos en base a la operación del equipo principal de conmutación y de los switches de escritorio, el chasis del equipo central de conmutación tiene las características de ser de alta disponibilidad que se conforma completamente de componentes que cumplen con las características de intercambio rápido (hot swap), la opción de instalar un mecanismo de conmutación central redundante así como fuentes de poder redundante con balanceo de carga. Sin embargo, para agregar confiabilidad en la operación de este dispositivo central, además de ser un punto crítico de operación de la Red TI, el personal del Instituto de Ingeniería en conjunto con el personal de la DGSCA-DTD y los proveedores deberán crear un programa de soporte proactivo con un mínimo de dos visitas al año con la tendencia de monitorear el rendimiento y uso eficiente de

⁵⁴ Para obtener mayor información sobre pruebas realizadas con el switch Catalyst 6506 y el switch Catalyst 2948G, consultar las siguientes direcciones de páginas web:

- 1) LAN Switches: living in a heterogeneous world, 25 de Septiembre del 2000, página Web <http://www.nwfusion.com/research/2000/0925fe017.html>
- 2) Putting Gigabit Ethernet to the Test, 7 de Septiembre del 2000, página Web http://techweb.techreviews.com/printableArticle?doc_id=112000023150028
- 3) Cisco's Catalyst Line Begins Battle for Midtier Dominance, 15 de Mayo del 2000, página Web <http://www.networkcomputing.com/1109/1109sp3.html>
- 4) Cisco System Catalyst 6500 Switches Get Turbocharged 6 de Septiembre de 1999 página web <http://www.networkcomputing.com/101e/101e0501.html>

tanto el equipo principal de conmutación como de los switches de escritorio. Es importante especificar que todas las actividades de soporte proactivo que se realicen sean regidas por un plan maestro de soporte técnico que se elabore en forma conjunta entre el proveedor de los equipos y UNAM. El soporte proactivo puede contemplar actividades tales como:

- Revisiones técnicas del hardware y su software asociado, lo cual permitirá diagnosticar problemas potenciales.
- Ofrecer apoyo al personal de administración de la red en las tareas de migración y actualización.
- Apoyo en la instalación de nuevas versiones de software.
- Apoyar en la integración con nuevas tecnologías.
- Limpieza general de los equipos.

En los casos donde se presenten fallas o desperfectos, se deberán contemplar la sustitución de componentes o partes con las mismas características funcionales del equipo afectado (switches, módulos, fuentes de poder, ventiladores, etc.) a fin de mantener en operación la Red TI y contemplar un tiempo de respuesta adecuado para su solución o con la celeridad que el caso amerite de manera que permita garantizar a los usuarios de la Torre un servicio continuo y oportuno. Finalmente, se definirá la implantación de los equipos de conmutación de Cisco Systems, y como seguimiento a los datos mostrados en las tablas 5.2 y 6.1, para la estructura de la Red TI en estrella distribuida, se requerirán de los servicios de datos en cada closet de telecomunicaciones como se muestran en la tabla 6.6.

Nota: La elección de los dispositivos de conmutación de Cisco Systems se debe considerar como una propuesta de solución para el diseño de la Red TI. La selección de los dispositivos de interconexión de la Red TI dependerá de la licitación que en su momento se lleve a cabo para la evaluación y selección de los equipos de interconexión de red, y de un análisis costo-efectividad que justifique la elección de solamente uno o más fabricantes en una solución completa para la Red TI, considerando otros modelos de equipo de red de fabricantes no contemplados en este trabajo.

Torre de Ingeniería			
Localización	Closet sur	Closet norte	Total servicios planta
	Servicios de datos	Servicios de datos	
Planta nivel azotea	25	16	41
Planta tipo nivel 6	40	40	80
Planta tipo nivel 5	43	43	86
Planta tipo nivel 4	40	40	80
Planta tipo nivel 3	43	43	86
Planta tipo nivel 2	45	45	90
Planta tipo nivel 1	MDF Datos		
	53	48	101
Planta nivel acceso	Closet central servicios de datos		
	74		74
Planta nivel talleres	Closet talleres		
	21		21
Planta nivel auditorio	MDF Voz		
	Butacas: 135, Estribo: 6 y Salas: 56		197
Total servicios de datos			856

Tabla 6.6 Distribución de servicios de datos en la Torre I

ertos que soporta es mayor al 50% del crecimiento de los servicios Gigabit Ethernet que se requieren a la Red TI. El Catalyst 6506 al soportar módulos de tecnologías ATM, Fast Ethernet y Gigabit Ethernet permite tener una amplia flexibilidad para realizar diferentes esquemas de configuración de tecnologías sobre el backbone. Sin embargo, la principal configuración que ofrece y se requiere para el proyecto es la de controlar el flujo de información por medio de canales punto a punto a los dispositivos de escritorio con servicios de red Gigabit Ethernet con la opción de configurar estos dispositivos en modo full dúplex. Otro aspecto importante es la tolerancia a fallas en su arquitectura en la cual se puede tener redundancia en el mecanismo de conmutación central (System Engine), redundancia de la fuente de poder (AC ó DC) y balanceo de carga, además de que los módulos son intercambiables rápido (hot swap), todo esto permite definir al Catalyst 6506 como un switch confiable para su operación dentro de la Red TI.

El desempeño de los equipos Cisco han obtenido resultados sobresalientes en pruebas de laboratorio (benchmarks)⁵⁴ de empresas independientes, los cuales demuestran su eficacia como dispositivos de conmutación en ambientes de backbone y de servidores de alto rendimiento en sus aplicaciones básicas. El switch Catalyst 6506 ofrece soluciones inteligentes que permiten el tráfico de aplicaciones de Internet/intranets, desempeño en misiones críticas y aplicaciones de voz y video.

El switch Catalyst 2948G es una solución para centralizar el flujo de información en cada segmento de la red y dar los servicios de red a los usuarios finales a través de enlaces dedicados. Estos dispositivos apilables, lo que permite un rango de crecimiento en el número de servicios que se requieran. Cuentan con puertos uplink Gigabit Ethernet para el enlace hacia el backbone. Al mismo tiempo, estos dispositivos son auto sensibles (10/100BaseTX) para la detección automática de la velocidad y pueden operar en modo full dúplex en todos sus puertos. Por otro lado, tienen fuente de poder redundante externa.

Mantener una solución completa de un mismo fabricante permite obtener una mejor interoperabilidad entre los dispositivos. Como parte de la familia de switches Catalyst de Cisco, el switch Catalyst 2948G puede integrarse fácil y efectivamente a una solución para la Red TI en conjunto con el switch central Catalyst 6506 de manera que se dispongan de conexiones de red altamente confiables, accesibles y veloces para los equipos terminales de los usuarios, a la vez que se podría garantizar la compatibilidad total y adaptación a la estructura de la red. El switch Catalyst 2948G al estar ligado con la familia Catalyst utiliza el mismo software del sistema Catalyst que la serie 6500, con lo que se puede garantizar una total interoperatividad. La confiabilidad de los enlaces en la Red TI serán definidos en base a la operación del equipo principal de conmutación y de los switches de respaldo. Por otro lado, como criterio, el chasis del equipo central de conmutación tiene las características de ser de alta disponibilidad que se conforma completamente de componentes que cumplen con las características de intercambio rápido (hot swap), la opción de instalar un mecanismo de conmutación central redundante así como fuentes de poder redundante con balanceo de carga. Sin embargo, para agregar confiabilidad en la operación de este dispositivo central, además de ser un punto crítico de operación de la Red TI, el personal del Instituto de Ingeniería en conjunto con el personal de la DGSCA-DTD y los proveedores deberán crear un programa de soporte proactivo con un mínimo de dos visitas al año con la tendencia de monitorear el rendimiento y uso eficiente de

Para obtener mayor información sobre pruebas realizadas con el switch Catalyst 6506 y el switch Catalyst 2948G, consultar las siguientes direcciones de páginas web

- 1) LAN Switches: living in a heterogeneous world, 25 de Septiembre del 2000 página Web <http://www.nwfusion.com/research/2000/0925/lan17.html>
- 2) Putting Gigabit Ethernet to the Test, 7 de Septiembre del 2000, página Web http://techweb.ty.com/publish/Article?article_id=112000023150028
- 3) Cisco's Catalyst line Begins Battle for Midtier Dominance, 15 de Mayo del 2000, página Web <http://www.networkcomputing.com/1109/1109sp2.html>
- 4) Cisco System Catalyst 6500 Switches Get Turbocharged 6 de Septiembre de 1999 página web <http://www.networkcomputing.com/1015/1015sp1.html>

tanto el equipo principal de conmutación como de los switches de escritorio. Es importante especificar que todas las actividades de soporte proactivo que se realicen sean regidas por un maestro de soporte técnico que se elabore en forma conjunta entre el proveedor de los equipos UNAM. El soporte proactivo puede contemplar actividades tales como:

- Revisiones técnicas del hardware y su software asociado, lo cual permitirá diagnosticar problemas potenciales.
- Ofrecer apoyo al personal de administración de la red en las tareas de migración y actualización.
- Apoyo en la instalación de nuevas versiones de software.
- Apoyar en la integración con nuevas tecnologías.
- Limpieza general de los equipos.

En los casos donde se presenten fallas o desperfectos, se deberán contemplar la sustitución de componentes o partes con las mismas características funcionales del equipo afectado (switches, módulos, fuentes de poder, ventiladores, etc.) a fin de mantener en operación la Red TI y contemplar un tiempo de respuesta adecuado para su solución o con la celeridad que el caso amerite de manera que permita garantizar a los usuarios de la Torre un servicio continuo y oportuno. Finalmente, definiendo la implantación de los equipos de conmutación de Cisco Systems, y como seguimiento a los datos mostrados en las tablas 5.2 y 6.1, para la estructura de la Red TI en estrella distribuida, requerirán de los servicios de datos en cada closet de telecomunicaciones como se muestran en la tabla 6.6.

Nota: La elección de los dispositivos de conmutación de Cisco Systems se debe considerar como una propuesta de solución para el diseño de la Red TI. La selección de los dispositivos de interconexión de la Red TI dependerá de la licitación que en su momento se lleve a cabo para la evaluación y selección de los equipos de interconexión de red, y de un análisis costo-efectividad que justifique la elección de solamente uno o más fabricantes en una solución completa para la Red TI, considerando otros modelos de equipo de red de fabricantes no contemplados en este trabajo.

Torre de Ingeniería			
Localización	Closet sur	Closet norte	Total servicios planta
	Servicios de datos	Servicios de datos	
Planta nivel azotea	25	16	41
Planta tipo nivel 6	40	40	80
Planta tipo nivel 5	43	43	86
Planta tipo nivel 4	40	40	80
Planta tipo nivel 3	43	43	86
Planta tipo nivel 2	45	45	90
Planta tipo nivel 1	MDF Datos	48	101
	53		
Planta nivel acceso	Closet central		74
	servicios de datos		
Planta nivel talleres	74		21
	Closet talleres		
Planta nivel auditorio	21		197
	MDF Voz		
	Butacas: 135, Estribo: 6 y Salas: 56		197
	Total servicios de datos		856

Tabla 6.6 Distribución de servicios de datos en la Torre I

6 ADMINISTRACIÓN Y MONITOREO DE LA RED TI

Para el equipamiento activo de la red (switches) se requiere de un servidor para las funciones de administración y monitoreo. Los equipos servidores deben contar en su arquitectura con componentes adecuados que no afecten su desempeño, es decir, componentes que no sean un cuello de botella en el funcionamiento de los equipos servidores y que puedan llegar a simular un bajo desempeño de la red a los usuarios finales. Estos componentes son: la velocidad del procesador, el subsistema de disco duro, la memoria RAM y la tarjeta de interfaz de red (NIC).

6.1 Equipo servidor

Para las funciones de administración y monitoreo de los equipos activos de la Red TI, en la arquitectura el equipo que se desempeñe como servidor se debe considerar las características de los siguientes componentes:

Procesador
La velocidad del procesador es un factor importante en el desempeño del servidor. El procesador debe satisfacer la carga de trabajo que demanda la tarjeta de interfaz de red para el procesamiento de los paquetes de datos que se reciben y se envían, además de las peticiones de procesamiento que demanda el sistema operativo de red y la plataforma de administración y monitoreo.

Subsistema de Disco Duro
El subsistema de Disco duro consiste en el disco duro en sí y el controlador de disco que manipula la transferencia de datos entre el disco y el procesador del equipo. Si el subsistema de disco no provee acceso rápido a los archivos almacenados en este, los usuarios finales esperarán demasiado tiempo para los requerimientos de procesamiento de estos archivos. El rango de transferencia de datos, o la velocidad con que se pueden transmitir datos entre el subsistema de disco y el procesador, es una función del disco mismo, del controlador del disco y de las interfaces de bus entre el disco y el controlador del disco y entre el controlador del disco y el procesador. La rapidez de estos componentes son la rapidez de tiempo de respuesta de la red en los equipos terminales. El subsistema de disco debe experimentar un alto desempeño para los requerimientos del servidor de lectura y/o escritura de datos, y el tiempo de espera de entrada y salida de datos en el disco (disk input/output) debe ser mínima.

Memoria RAM
La memoria caché de red del servidor son los datos más recientes de acceso en la memoria. Cuando en el servidor se llena la capacidad de memoria RAM, esta escribe los datos de último acceso a disco (swapping). Si el servidor tiene una configuración de memoria RAM escasa experimentará largo tiempo de espera para acceder a los datos en disco, ya que la lectura de datos desde controladores de disco es sustancialmente más lenta que la lectura de datos desde la memoria RAM. La velocidad de lectura a la memoria RAM también afecta en general al desempeño del servidor.

Tarjeta de interfaz de red (NIC)
Las tarjetas de interfaz de red pueden también afectar el desempeño de red en el servidor. Estas deben operar a la velocidad que opera el sistema de escritorio, 10/100Mbps. Las tarjetas de red varían en costo y desempeño, sin embargo, es importante evaluar las siguientes características:

- **Data Throughput.** Esta es la velocidad en la cual la tarjeta de interfaz de red transfiere datos entre la memoria del equipo y la red. El data throughput depende del ancho de la interfaz de bus al procesador del servidor y del método que la tarjeta de red usa para transferir los datos. La capacidad de envío de datos en los buses comúnmente es de 8, 16 y 32 bits. La rapidez con que una tarjeta de red puede transferir datos depende del tamaño del bus de datos al

procesador. Actualmente existen arquitecturas de tarjetas de red que ofrecen diferentes extensiones de bus, pero para este caso una opción sería las tarjetas con arquitectura EISA (Extended Industry Standard Architecture) y PCI (Peripheral Component Interface) las cuales operan con un buses de 32 bits.

Las tarjetas de interfaz de red transfieren datos a la memoria del servidor usando uno de los tres métodos: direct memory mapping, input/output ports ó direct memory addressing (DMA). El método direct memory mapping es usualmente el método de transferencia de datos más rápido.

- Onboard processor. Las tarjetas de interfaz de red utilizan un eficiente microprocesador en la tarjeta que puede mejorar su desempeño, y por lo tanto de la red.
- Soporte de Controladores (Drivers). Los controladores son líneas de código que traducen las llamadas de los programas redirectores de red en instrucciones para la tarjeta de red. Los problemas con controladores mal programados y con escaso soporte, afectan directamente al desempeño del enlace de red de los equipos que va desde las retransmisiones necesarias para enviar un paquete, tiempos de espera extensos para envío y recepción de datos, y pérdida de conexiones.

Considerando las características anteriores en la arquitectura del servidor de administración y monitoreo de la Red TI, se puede establecer que el servidor no sea un cuello de botella en el tiempo de respuesta de la red que puedan experimentar los usuarios o administradores.

Para la administración de las aplicaciones de escritorio se requiere de computadoras que cumplan las características de arquitectura antes descritas y funcionen como servidores que centralicen en cada área de trabajo de la Torre ciertas aplicaciones y servicios de escritorio y la administración de recursos de hardware y software, además de un equipo servidor de administración y monitoreo de todos los servidores de aplicaciones y equipos de escritorio. Los servidores de aplicación deben ofrecer los servicios de seguridad en las aplicaciones de escritorio como lo son: autenticación de usuarios, confidencialidad, integridad de los datos y la administración de llaves para la autenticación de los usuarios y evitar accesos no autorizados.

6.6.2 Sistema operativo de red para los servidores

El sistema operativo de red del servidor de administración y monitoreo de la Red TI, así como de los servidores de aplicación, debe ofrecer características de operación con soporte para la manipulación de los recursos y componentes de la arquitectura de estos equipos, soporte a todos los protocolos de comunicación que conforman la suite TCP/IP, además de que los desarrolladores y distribuidores de dicho sistema ofrezcan soporte técnico. Sin embargo, un requerimiento específico para la Red TI es que el sistema operativo de red pueda proveer las herramientas y servicios de seguridad adecuadas, como lo son: servicios de autenticación, servicios de confidencialidad, servicios de integridad y Administración de llaves (passwords). El personal del Instituto de Ingeniería ha trabajado y tiene la experiencia en la tarea de administración de los sistemas operativos de red: Unix System V y BSD (Solaris, AIX, HP-UX y IRIS), Linux (Red Hat), Windows NT V4 (Server y Workstation) y Windows 2000. Esto permite definir a estos sistemas operativos de red como opcionales para ser instalados en los equipos que operan como servidores en la Torre I. Unix es un sistema operativo de red seguro, estable y robusto, específicamente dedicado a procesos y tareas más sofisticadas que requieren mayor capacidad de procesamiento como aplicaciones y programas de investigación, y bases de datos. La plataforma Windows NT y Windows 2000 (basado en el kernel y tecnología de Windows NT) esta principalmente diseñada para las tareas de administración de servicios de escritorio, dentro de los principales se encuentran:

- Administración de cuentas de usuario y grupos: Permite las tareas de planeación, creación y mantenimiento de cuentas de usuario y grupo para asegurar que cada usuario pueda ser validado en la red y el acceso necesario a recursos.
- Administración de impresoras: Permite la instalación local y remota de impresoras, lo cual asegura que los usuarios puedan hacer uso de los recursos de impresoras de manera fácil.
- Centralización de aplicaciones: Permite la centralización de aplicaciones de escritorio de uso común en los usuarios, así como bases de datos no robustas.
- Administración de seguridad: Permite la planeación, implementación y el forzamiento a seguir políticas de seguridad para la protección de datos y en la actividad de compartir recursos de red, incluyendo carpetas, archivos e impresoras.
- Monitoreo de eventos y recursos: Permite la planeación e implementación de políticas para el rastreo de violaciones de seguridad, y monitoreo y control de los recursos del sistema (arquitectura del servidor).
- Respaldo y restauración de datos: Permite la planeación, programación y ejecución regular de respaldos para la protección de datos importantes.

Actualmente la plataforma Windows 2000 cuenta con amplio soporte de controladores de dispositivos de hardware, información y soporte técnico y cumple el funcionamiento del grupo de protocolos de comunicación de TCP/IP; Considerando además los servicios que ofrece, se puede establecer a Windows 2000 como el sistema operativo de red para los servidores de aplicación, el servidor de administración de los servidores de escritorio, y del servidor de administración y monitoreo de los dispositivos activos de la Red TI. Los servidores de escritorio se pueden distribuir de la siguiente manera: 12 servidores para las plantas tipo y azotea⁵⁵ (6 por ala) y un servidor para el área de talleres, los cuales se deben instalar en el closet de telecomunicaciones de cada una de estas áreas de trabajo. En el MDF Datos se puede instalar el servidor para monitoreo de la red y el servidor de administración de los servidores de aplicaciones y equipos de escritorio. Para cada uno de estos servidores se debe establecer las especificaciones mínimas que deben cumplir para llevar a cabo las funciones respectivas de administración y monitoreo (tabla 6.3). Una opción para la arquitectura de éstos equipos sería la arquitectura Intel, la cual es compatible con el sistema operativo de red Windows 2000, además de ser una arquitectura que predomina en los equipos servidores del Instituto de Ingeniería y se puede establecer que el personal del Instituto tiene la experiencia para la operación, administración y mantenimiento de equipos con arquitectura Intel.

Características	Servidor de Monitoreo	Servidores de Aplicación
	Especificación	
Procesador	pentium 4 a 1.4Ghz.	pentium 4 a 1.4Ghz.
Disco duro	ultra-scsi-2 de 18Gb.	ultra-scsi-2 de 18Gb
Memorias	512Mb rdram de 60ns o menos. 512kb caché L2 integrada. 2Mb flash para Bios del sistema.	512Mb rdram de 60ns o menos 512kb caché L2 integrada. 2Mb flash para Bios del sistema.
Monitor	color 17 pulgadas SVGA.	color 17 pulgadas SVGA.
Tarjeta de video	AGP 8Mb.	AGP 8Mb.
Unidades I/O	Floppy disk 3 1/2., cdrom RW, fax modem interno 56k. unidad de respaldo (zip 250 ó 100mb).	Floppy disk 3 1/2., cdrom 40X
Tarjeta de red	2 tarjetas PCI Fast Ethernet 10/100, para redundancia en monitoreo	PCI Fast Ethernet 10/100
Sistema operativo	Windows 2000 Advanced Server	Windows 2000 Advanced Server, con licencia para 20 usuarios.

Tabla 6.3 Especificaciones para los servidores

⁵⁵ Para la administración y servicio de las aplicaciones de escritorio en los equipos que se ubiquen en la Terraza Superior, los servidores de aplicaciones del nivel seis, ala norte y sur respectivamente, también llevarán a cabo la función de servidores para este nivel.

6.6.3 Sistema de Administración, Mantenimiento y Operaciones (OAM)

El control y monitoreo centralizado de los dispositivos activos de la Red TI permite obtener un diagnóstico de fallas y control de recursos que pueden simplificar la administración y mantenimiento de la red, pero básicamente a mantener esquemas de seguridad y confiabilidad a nivel de red. La plataforma de administración sirve para que los administradores de la red puedan consultar la información en diversos formatos y utilizar métodos estadísticos para evaluación de cómo están siendo utilizados y aprovechados los recursos de la red, el rendimiento que esté ofreciendo, detectar las posibles fallas en la red y encontrar pronta solución a éstas teniendo como base de conocimiento lo que las ocasiona.

La tarea específica de monitoreo permite la extracción e interpretación de datos relacionado con el estado de los dispositivos conectados a la red. El desarrollo de una buena función de monitoreo permite llevar a cabo una planeación de posibles crecimientos de la red en algunos de sus segmentos, esto de la manera mas adecuada basada en diseños y datos estadísticos. En conclusión, se puede establecer que para facilitar las tareas de administración en la Red TI es importante la incorporación de una plataforma de administración, mantenimiento y monitoreo (OAM).

La plataforma de administración HP Open View de Hewlett Packard permite realizar las tareas de monitoreo de red físico y lógico. El monitoreo de red físico se encarga de los elementos físicos en la red, como son: interfaces de comunicación, puertos, canales, etc. Este tipo de monitoreo se basa en que todos los cambios de estado pueden ser medidos y comparados con umbrales de operación. Las funciones de monitoreo de red física son capaces de analizar las tres primeras capas del modelo OSI (física, enlace de datos y de red). En el monitoreo lógico de red se analizan los estados lógicos de los elementos de red para garantizar el buen funcionamiento de todo el equipo, como son: colas, uso del procesador, utilización de puertos, utilización de enlaces, tráfico, memoria, etc. Esta plataforma puede ser complementada con herramientas o programas adicionales de los fabricantes de los dispositivos de interconexión de red.

La plataforma HP Open View utiliza los estándares de administración: SNMP MIB-II, Ethernet MIB, Bridge MIB, Route MIB, Virtual LAN MIB, RMON y RMON II, los cuales a su vez cumplen como parte de los protocolos de administración de los dispositivos de conexión de la Red TI (el switch central y los switches de escritorio). Las principales facilidades⁵⁶ que ofrece esta plataforma son:

- Estadísticas de tráfico.
- Presentación gráfica de los red en forma completa con acercamiento a nivel de tarjeta, puertos y circuitos virtuales.
- Es posible la asignación de puertos de usuario, anchos de banda y calidad de servicio QoS en forma dinámica y flexible.
- Proporciona datos del rendimiento de la red y generar los reportes correspondientes.
- Debe permitir el monitoreo y análisis de tráfico (para detección de cuellos de botella entre otros parámetros).
- Permite modificar las configuraciones de los equipos en forma remota.
- Permite diagnosticar el rendimiento y funcionamiento de cada uno de los dispositivos de red.
- Permite generar y controlar órdenes de trabajo.

Todos los datos y resultados que pueda arrojar esta plataforma de administración y monitoreo permitirá efectuar cambios en la infraestructura de la Red TI.

⁵⁶ La plataforma HP Open View puede ofrecer estas facilidades de administración y monitoreo mediante los módulos de gestión: Desktop Administrator, IT/Operations, Manage X, Network Mode Manager, Omniback II, OmniStorage y Service Reporter.

En esta etapa final, en la figura 6.4 se muestra el esquema de la solución final del diseño de la red de cómputo de la Torre, y de esta manera se define una configuración óptima con grado de escalabilidad, flexible y confiable, con capacidad de soportar los requerimientos y servicios que de esta se demanden, cumpliendo además con las características de diseño e implantación en un edificio inteligente

Red de la Torre de Ingeniería (Red TI)

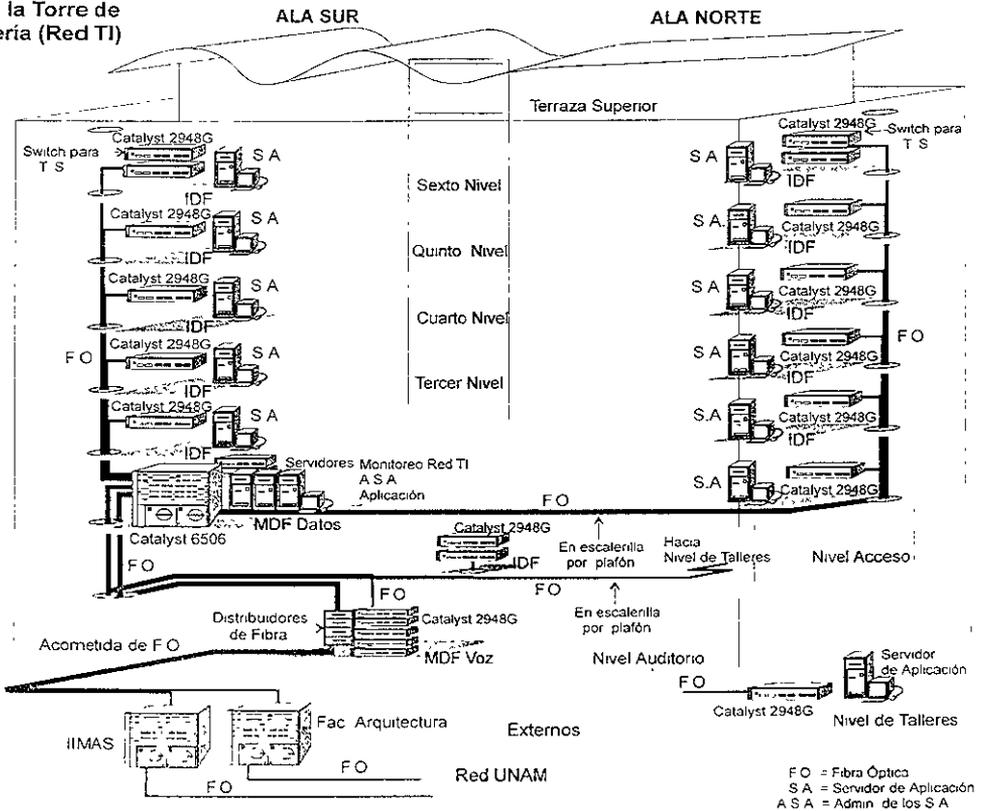


Figura 6.4 Esquema final diseño de la Red TI .

6.7 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE RACKS

En cada closet de telecomunicaciones de la Torre i es necesario el suministro e instalación de racks donde se pueda instalar o contener los equipos de interconexión de la red (switches), herramienta de interconexión y los equipos servidores de administración y monitoreo. Las especificaciones de diseño e instalación de éstos racks deben estar sujetas a normas para la instalación de equipo de telecomunicaciones en la Universidad, Red UNAM, el Instituto de Ingeniería y los estándares internacionales EIA/TIA. Con el seguimiento de estas normas, el diseño de la construcción e instalación de los racks en cada closet se define de la siguiente manera:

Características de diseño

- Las dimensiones que deben cumplir son de 84 pulgadas de altura y 19 pulgadas de ancho.
- El material de construcción debe ser de aluminio.
- La base debe estar diseñada con 15 pulgadas de profundidad.
- Los tornillos para fijar equipo debe ser de tipo rosca.
- Los orificios deben tener cuerda.
- De acuerdo al estándar EIA, el espacio entre orificios debe ser de: 5/8 pulg., 5/8 pulg., 1/2 pulg.
- El rack debe contar con canales para la administración vertical de los cables (dimensiones 78pulg.x6pulg.x6pulg.)
- La tira de contactos deben ser montables y desmontables en rack de 19 pulgadas de ancho con capacidad de 10 contactos (salidas) y la longitud del cable de potencia debe contar con 3m de longitud.

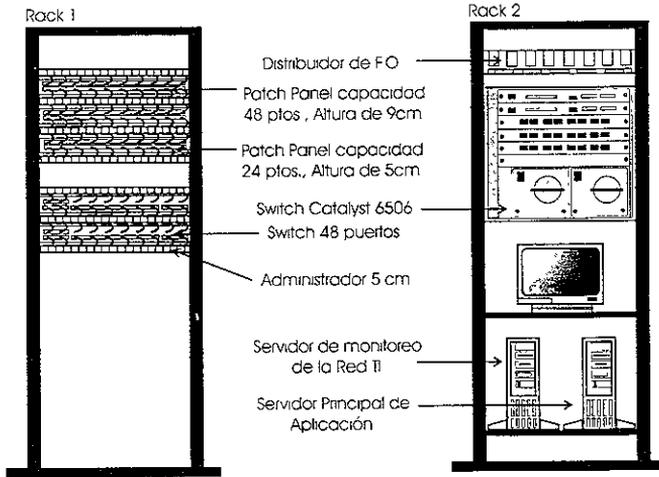
Especificaciones de instalación

- Los racks deben instalarse a 80 centímetros de separación de la pared del closet o cuarto de equipo al menos que se indique lo contrario.
- El rack debe fijarse al piso con taquetes metálicos de expansión de acero inoxidable, de acuerdo con las características técnicas del rack.

6.7.1 Esquemas de distribución

Los esquemas de distribución de los racks en los closets de cada nivel en la Torre varían en base al número de servicios de datos a servir en cada área y en consecuencia del equipo necesario para cubrir estos requerimientos de servicios de red. El caso específico de los racks en el MDF Datos es donde se ubique el equipo principal de interconexión de la red. En las siguientes figuras se muestran los posibles esquemas de distribución para cada closet de telecomunicaciones y el MDF Datos.

Esquema del Rack MDF Datos



Esquema del Rack MDF Voz

Esquema del Rack Nivel Acceso

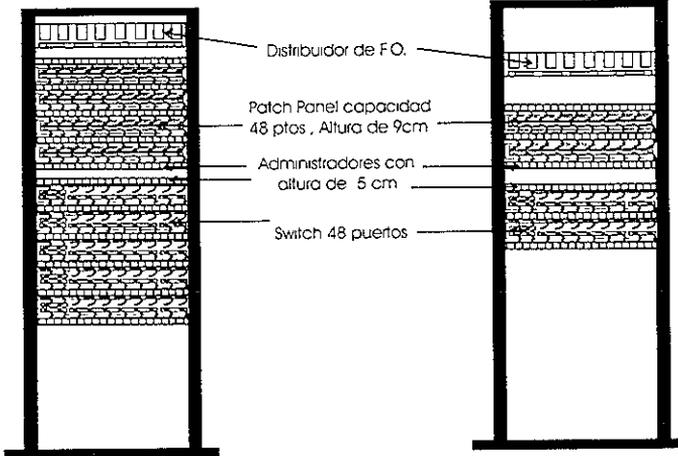
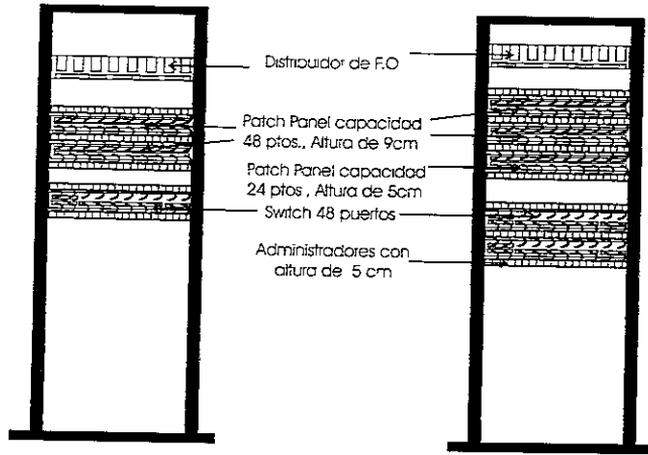


Figura 6.5 Esquemas de distribución en racks

Esquema del Rack Planta Tipo

Esquema del Rack Nivel 6 Ala Sur



Esquema del Rack Nivel 6 Ala Norte

Esquema del Rack Talleres

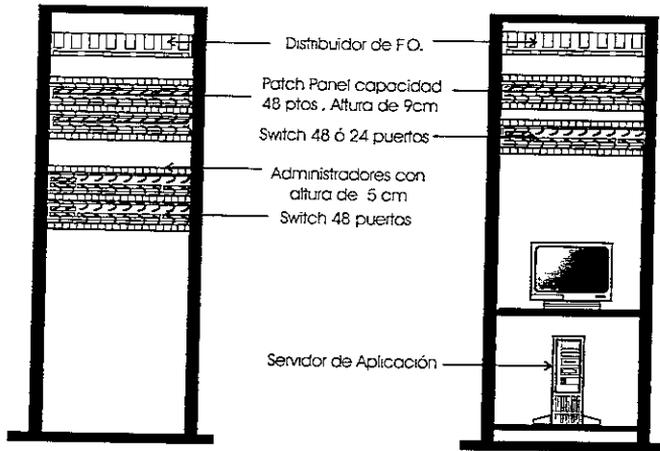


Figura 6.6 Esquemas de distribución en racks

El trabajo de análisis y diseño de la red de cómputo de la Torre de Ingeniería parte de la idea de que esta será la columna vertebral de los sistemas de información y la principal herramienta para las actividades de la comunidad de la Torre de Ingeniería, además de considerarla como parte de los sistemas que integran la infraestructura de un edificio inteligente. Las conclusiones que se han obtenido a lo largo del desarrollo del presente trabajo son las siguientes:

La Torre de Ingeniería de la UNAM es una solución para vincular docencia, investigación e industria, lo cual enriquecerá sustancialmente el proceso educativo, ampliará la trascendencia de la investigación que realizan los académicos del Instituto de Ingeniería y de la Investigación Asociada colaborando con los sectores productivo, social y de servicios; para finalmente generar productos y servicios útiles y necesarios para la sociedad. Este proyecto estimulará aún más la creatividad y desarrollo tecnológico de la comunidad universitaria en el seguimiento de una nueva estructuración y evolución de la Universidad en este nuevo milenio, la cual es una institución responsable y comprometida con el desarrollo del país.

La Torre de Ingeniería es también el resultado de la calidad y trascendencia de las investigaciones que se realizan dentro de la Universidad generando soluciones reales a problemas reales. La Torre de Ingeniería representa la continuación de la ampliación de los horizontes de la ingeniería mexicana con el fin de incrementar las oportunidades de empleo en el país, fomentar la excelencia profesional y contribuir al bienestar de la nación resolviendo problemas específicos con soluciones innovadoras.

La Torre de Ingeniería se puede entonces calificar como un proyecto innovador y complejo dentro de la Universidad que proporcionará el espacio vital necesario para los académicos del Instituto de Ingeniería y de la Investigación Asociada. La Torre presentará características sumamente avanzadas de un edificio inteligente con mecanismos modernos de conservación y mantenimiento que lo conviertan en un inmueble altamente funcional que será aprovechado al máximo. En medida de la importancia y complejidad de las actividades que se llevarán a cabo en la Torre de Ingeniería se requiere que su equipamiento esté compuesto con los más avanzados sistemas de cómputo y telecomunicaciones. Por tal motivo, el análisis y diseño de la red de cómputo de la Torre parte de la idea de que sea una red con altas especificaciones y la columna vertebral de los sistemas de información, donde su contribución a las actividades de los académicos sea significativa.

El diseño de la red de la Torre de Ingeniería bajo el esquema de una red de altas especificaciones se basó conservando lineamientos de normas internacionales, de la UNAM y del Instituto de Ingeniería; la implantación de un sistema de cableado estructurado, tecnologías de red de alta velocidad, dispositivos de interconexión con tecnología de conmutación, esquemas de seguridad a nivel de red, y un sistema de monitoreo y administración a nivel de red. El inicio del diseño de una red de altas especificaciones es el planteamiento de una arquitectura de red modular. En este trabajo se siguió el Modelo de Referencia OSI ya que este es un esquema de capas que delimita las funciones de cada componente que integra una red de computadoras. El seguimiento del Modelo de Referencia OSI permite establecer los límites de análisis para el diseño de la Red TI el cual únicamente abarca las capas inferiores mejor conocidas como "Servicios de Red". Una buena planeación de las tres capas inferiores del modelo OSI permite que se pueda sobreponer cualquier conjunto de protocolos de las capas superiores, los cuales a su vez se adaptan a las necesidades de los servicios de red de los usuarios de la Torre.

El diseño de la red de datos de la Torre de Ingeniería cumple con los conceptos de telecomunicaciones aplicados a edificios inteligentes, en este se han considerado los requerimientos de diseño de una red de datos para formar parte de los sistemas que integran la infraestructura de un edificio inteligente. Estos requerimientos de diseño se basan en el seguimiento de los conceptos y normas establecidos por la ANSI/EIA/TIA en los estándares 568-A y 569 A referentes al cableado e instalación de los sistemas de telecomunicaciones en edificios. Otro punto a considerar es que un

edificio inteligente se caracteriza por la integración de los sistemas de telecomunicaciones y de administración en una plataforma común de distribución y cableado. Por tanto, en la implantación y distribución del sistema de telecomunicaciones se debe integrar el cableado de los sistemas de administración de la Torre de Ingeniería para tener así un sistema único de cableado que facilite las tareas de administración y mantenimiento, y que de este modo opere como el sistema central de todos los sistemas que brinden el grado de inteligencia requerido en la Torre de Ingeniería.

En el diseño de la red de datos fue importante considerar que uno de los cambios más significativos serán los patrones impredecibles de tráfico que resultan de la combinación del tráfico de Internet, enlaces con otras redes, el uso de aplicaciones multicast, servidores de alto desempeño y grupos de trabajo. Esto demuestra la caída de la regla que establece que solamente el 20% del tráfico en la red lo soporta el sistema de cableado principal (backbone). La facilidad de acceder a la información desde cualquier lugar propicia que los patrones de tráfico se establezcan por el lugar donde se encuentren los servidores con la información, servicios y procesamiento más importante, no por la configuración física de los grupos de trabajo. En este nuevo esquema de interconexión, se considera al sistema de cableado principal de la Red TI como un sistema robusto donde el mayor tráfico de red puede pasar a través de este, estableciendo así la regla: "el tráfico de red es cualquiera con cualquiera".

La arquitectura de red de la Torre además de ser una lista de dispositivos, topologías, protocolos, y capas del Modelo de Referencia OSI, es también la planeación por etapas del diseño e implantación de la red donde se establecen las estrategias y anteproyectos para definir los elementos que cumplan con los requerimientos y objetivos del diseño, además de la relación que mantendrán entre sí. La planeación de la red de la Torre por etapas es también parte del desarrollo de la arquitectura de red.

La primera etapa en el diseño de la Red TI es el sistema de cableado estructurado. Las consideraciones de diseño de este sistema se dividen en: el Campus, cableado vertical (Backbone) y cableado horizontal. El diseño de éstos sistemas se basa en los siguientes puntos:

- La implantación de los sistemas de cableado vertical y horizontal en una topología de tipo estrella permite que se establezca una administración centralizada que facilite las tareas de mantenimiento, detección rápida y aislamiento de fallas. La topología tipo estrella en estos sistemas debe ser implantada con menos de dos niveles de jerarquía, lo que permitirá que se limiten los niveles de atenuación de la señal, además de simplificar movimientos y actualizaciones en cada sistema.
- La selección de la fibra óptica como medio de transmisión para los sistemas de Campus y backbone es la adecuada ya que ésta al utilizar el envío de señales codificadas por luz a diferencia de señales eléctricas la hace totalmente inmune a las interferencias electromagnéticas, además de ser altamente segura al resistir accesos no autorizados debido a que no se puede interceptar o interferir la señal. La fibra óptica no permite llevar a cabo derivaciones ya que cualquier ruptura en la fibra óptica ocasionaría fallas para transmitir la señal luminosa, y permite tener alta integridad en los datos ya que tiene una tasa baja de error en la transferencia de datos. El ancho de banda que la fibra soporta es virtualmente ilimitado y puede soportar la transmisión de todo tipo de datos. Esto permite que la implantación de la tecnología de red en estos sistemas sea independiente del medio.
- La selección del cable par trenzado para el sistema de cableado horizontal es el óptimo ya que provee la flexibilidad requerida para un sistema propenso a cambios continuos en su instalación, además de soportar las principales tecnologías de alta velocidad.

Los puntos anteriores definen el diseño del sistema de cableado estructurado como sistema modular que proporciona la flexibilidad requerida en la Red TI para soportar actualizaciones sin la necesidad de un rediseño total de la red. Esto permite establecer a la Red TI como un sistema abierto para establecer enlaces mediante medios de transmisión no guiados, es decir, la implantación de redes inalámbricas. La Red TI podrá contar con la infraestructura para la implantación de redes inalámbricas como solución a futuro.

La segunda etapa es la integración del conjunto de protocolos desarrollados por el IEEE conocidos como estándares 800.X los cuales definen la comunicación entre dispositivos de red en las capas inferiores del modelo de referencia OSI. La integración de estos protocolos en el diseño de la arquitectura de la Red TI se establece como la tecnología de red. La tecnología Gigabit Ethernet Conmutado para el sistema de backbone proporciona el soporte para todo tipo de aplicaciones que requieren de un uso intensivo de ancho de banda y en modo full dúplex, puede ofrecer soporte aplicativo sensible al tiempo como videoconferencia e imágenes. Con estas características se podrán proporcionar servicios tales como: videoconferencias, educación a distancia, aplicaciones de escritorio compartidas, Internet 2, soporte para aplicaciones de procesamiento de imágenes y actualización, supercómputo y voz sobre IP. Aunque Gigabit Ethernet Conmutado no soporta la Calidad de Servicio (QoS), este puede regular los periodos de tiempo de latencia para minimizar los tiempos de retardo en señales de video y audio incorporando otras tecnologías como: IEEE 802.1Q y protocolo RSVP (Resource Reservation Protocol). Para el caso del sistema de escritorio, la tecnología Fast Ethernet Conmutado utiliza los mismos esquemas de transmisión y formato de paquete que Gigabit Ethernet por lo que no hay necesidad de utilizar emulaciones y traducciones complejas que ocasionen tiempo de latencia. Fast Ethernet Conmutado ofrece un óptimo aprovechamiento del ancho de banda ya que permite seguir el esquema de microsegmentación donde a cada usuario se le puede asignar un enlace dedicado, además del modo de operación full dúplex. Ambas tecnologías de red soportan la tolerancia a fallas por medio de enlaces múltiples entre dispositivos en enlaces redundantes controlados por el protocolo de árbol expandido. La integración de las tecnologías Gigabit y Fast Ethernet en la Red TI permite definir un esquema completo bajo la tecnología Ethernet obteniendo así una completa interoperabilidad entre los sistemas de backbone y escritorio.

En una tercera etapa se establece la implantación de las tecnologías de red en los sistemas de backbone y escritorio. La selección del dispositivo principal de interconexión con tecnología de conmutación multicapa permite combinar lo mejor de las tecnologías de conmutación y ruteo para producir niveles altos de rendimiento y escalabilidad. La conmutación multicapa provee funcionalidad en el ruteo a velocidad de alambre, aplicado a los servicios de red. Esta tecnología es esencial para la implantación de la tecnología Gigabit Ethernet en el sistema del backbone. La selección del switch multicapa Catalyst 6506 de Cisco Systems obedece a que cuenta con un grado de escalabilidad adecuado donde el chasis es de alto desempeño con soporte para las tecnologías de red: 10BaseT/100BaseTX, 100BaseFX, Gigabit Ethernet y ATM, un Backplane pasivo escalable de 32Gbps a 256Gbps, lo cual permite garantizar el incremento de las tasas de transmisión de paquetes sin la necesidad de intercambiar este dispositivo a mediano plazo. La capacidad de conmutación que ofrece es mayor a 150Mpps el cual resulta ser superior a los demás switches actualizados. El número de puertos que soporta es mayor al 50% del crecimiento de los servicios Gigabit Ethernet que se requieren para la Red TI.

Para el sistema de escritorio al definirse la implantación de la tecnología de conmutación a nivel de capa dos se centraliza el flujo de información en cada segmento de red con enlaces dedicados de 10/100Mbps, se mantiene una solución completa de un mismo fabricante lo que permite obtener una mejor interoperabilidad entre los dispositivos. Como parte de la familia de switches Catalyst de Cisco, el switch 2948G puede integrarse fácil y de manera efectiva a una solución para la Red TI en conjunto con el switch central Catalyst 6506 de manera que se dispongan conexiones de red altamente confiables, accesibles y veloces para los equipos terminales de los

usuarios, a la vez que se podría garantizar la compatibilidad total y adaptación entre estos dispositivos.

La elección de los equipos de interconexión de Cisco Systems de entre las opciones que contemplaron de los demás fabricantes, Enterasys Networks y 3Com, corresponde a los que están disponibles en el mercado en el momento de hacer la selección y el análisis para su integración en el diseño de la Red TI. La elección de los equipos de Cisco Systems no puede establecerse como solución final, estos equipos se presentan como una mejor opción dentro de este trabajo de diseño. La solución final de los equipos de interconexión de la Red TI puede variar de fabricante y modelo, que es probable que en el momento de la licitación para la evaluación y selección del dispositivo principal de conmutación y de los switches de escritorio de la Red TI se lleve a cabo en el momento en que en el mercado se presenten nuevos modelos de equipo con arquitectura mejorada incluyendo además otros fabricantes de los que se contemplan.

En el esquema de seguridad a nivel de red, el planteamiento bajo los sistemas tradicionales de paredes cortafuegos (firewalls) y gateways a nivel aplicación (servidores proxy) permite que ambos sistemas puedan ofrecer mayores expectativas de seguridad. Sin embargo, la operación conjunta de estos sistemas de seguridad puede ser inútil sin una política interna de seguridad para los usuarios de la red con el fin de mantener la integridad y confidencialidad de los datos que se transmitan por la red. El perímetro de defensa de la red tendrá éxito si tanto los usuarios como los administradores conocen lo que se está protegiendo. Una política de seguridad detallada en conjunto con estos sistemas de seguridad a nivel de red podrán establecer un esquema completo de protección en la red de la Torre de Ingeniería.

El diseño de la red de datos de la Torre cumple con los requerimientos de funcionalidad como parte integral de los sistemas de la Torre de Ingeniería ya que esta se puede considerar como el soporte de la inteligencia. El diseño de la Red TI contempla la infraestructura de red necesaria y la tecnología de punta para enfrentar los retos actuales y futuros de comunicación, así como las nuevas aplicaciones en desarrollo. La flexibilidad definida en el diseño de la red permiten que esta sea capaz de absorber los cambios que demande el personal de la Torre sin la necesidad de un rediseño total de cambios abruptos. Una ruta de migración significa cambios mínimos en los dispositivos que conforman. Estos dispositivos proveen el soporte para ser administrados y monitoreados de manera local y remota, y por medio de los cuales se puede controlar la forma en que son utilizados los recursos de la red.

En las redes de datos dentro y fuera de la UNAM día a día se incrementa el tráfico de datos por lo que se requieren conexiones con mayor ancho de banda y dispositivos de interconexión capaces de procesar información a velocidades altas, logrando con ello la obtención y manejo de información de manera eficiente. Estas son las características principales en el diseño de la arquitectura de la red de la Torre para cubrir los requerimientos y servicios que de esta se demandados por los usuarios, como el soporte de las aplicaciones orientadas a la investigación científica y de ingeniería, además de los propios de administración. Así mismo, en este proyecto se ha definido una infraestructura de red de alta velocidad con grado de flexibilidad y escalabilidad confiable, además de ser un sistema abierto a la comunicación con otras redes.

En el desarrollo del proyecto Torre de Ingeniería, ciertamente, han existido problemas contables y externos que afectan su culminación. El estallido de la huelga en la UNAM en febrero de 1999 afectó considerablemente el transcurso del proyecto, además de la búsqueda de fuentes de financiamiento. Esto en consecuencia limitó la opción de contemplar en este trabajo de tesis la etapa de implantación y puesta en operación de la Red TI. Por tales motivos la etapa de implantación y puesta en operación de la Red TI está fuera del alcance de este trabajo de tesis y el manejo de los costos que implica la adquisición de los equipos de interconexión de red y del sistema cableado estructurado no se contemplan para llevar a cabo un análisis costo-efectividad. El dise

de la Red TI se basa en un análisis para cada subsistema que la integra considerando la infraestructura necesaria para enfrentar los retos actuales y futuros de comunicación y contar con el ancho de banda que ofrecen las tecnologías de punta para finalmente alcanzar el objetivo de diseñar una red de datos de altas especificaciones.

Finalmente, uno de los factores importantes a considerar en este tipo de proyectos son los esquemas complejos de instalación y configuración, por lo cual se requiere que cada sistema que integra una red de datos sea implantado en una serie de etapas. Si el proyecto se implantara en una etapa única implicaría en determinado momento una gran inversión y complejidad de implantación. Unido a esto, las estrategias de implantación de redes de cómputo dentro de la UNAM y del Instituto de Ingeniería, y a las políticas de operación de la Torre de Ingeniería que hasta hoy en día, al término de este proyecto, se han estado estableciendo, se plantea el inicio de una primera etapa de instalación de la red de datos. En esta etapa se contempla implantar el sistema de Campus y del cableado vertical (backbone) que abarca los niveles tipo y los niveles de acceso y auditorio, así como la instalación del cableado estructurado del sistema de escritorio para dos niveles tipo y los niveles de acceso y auditorio. Posterior a la implantación del sistema de cableado estructurado en las áreas antes mencionadas, se integrará el dispositivo principal de interconexión de la red y los switches de escritorio para dejar operando estas áreas.

ANEXO A. COMENTARIOS FINALES

SISTEMA ABIERTOS TCP/IP Y OSI EN LA RED TI

Un punto de conflicto común en los diseñadores o administradores de redes de computadoras es la selección del esquema de organización a seguir para dar una solución a proyectos de redes de comunicación. En este trabajo de Tesis se siguió el esquema planteado por el modelo de referencia OSI y la suite de protocolos de comunicación TCP/IP, pero la pregunta que surge es: ¿Por qué seguir el modelo de referencia OSI y la suite de protocolos de TCP/IP para el diseño de la Red TI?

Los estándares para la comunicación son parte de la solución a problemas que surgen de la incompatibilidad entre sistemas. Hasta hoy en día existen dos conjuntos principales de estándares de protocolos de comunicación para redes de datos, el primero es el conjunto de protocolos TCP/IP y el segundo es el modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI: Open System Interconnection) de la ISO.

TCP/IP y OSI proveen varias capacidades similares: la interconexión de computadoras tanto en redes de área local (LAN) como en redes de área amplia (WAN), enrutamiento de la información entre las redes, retransmisión confiable de datos, transferencia de archivos, acceso remoto a computadoras, y correo electrónico. Sin embargo, hay algunas diferencias con respecto al despliegue, la disponibilidad de aplicaciones y características técnicas en los dos conjuntos de protocolos. TCP/IP fue la solución inicial para resolver la incompatibilidad de los sistemas de red y ha colaborado en la industria para desarrollar e implementar estándares internacionales para OSI, creando sistemas abiertos globales adaptativos.

El conjunto de protocolos de TCP/IP es más antiguo que OSI y se ha usado durante muchos años. TCP/IP se implementó sobre Internet, donde miles de redes y millones de computadoras son usadas por investigadores, en universidades e instituciones públicas y privadas, para el intercambio de información y colaboración. TCP/IP está implantado mas ampliamente que OSI. Esta popularidad pudo haber surgido por la fácil disponibilidad de las implantaciones comerciales de TCP/IP las cuales pueden proveer soluciones sobre TCP/IP sin la necesidad de invertir grandes cantidades en el desarrollo de protocolos. Con una inmediata recuperación o reembolso de sus inversiones, los desarrolladores pueden concentrar recursos para mejorar sus productos de redes basados en TCP/IP.

El éxito de TCP/IP como una solución para las comunicaciones de datos entre sistemas de computadoras heterogéneas puede ser una de las causas de la lentitud del desarrollo aplicaciones para OSI. OSI es la norma internacional aceptada para comunicaciones de datos, sin embargo, se espera que su reemplazo sea TCP/IP. Los estándares OSI evolucionaron en un proceso abierto, visible a los usuarios y suministrados en todo el mundo. Los estándares de OSI son sometidos a un proceso riguroso de pruebas que mejora la calidad de sus productos. Las ventajas y desventajas de TCP/IP y OSI están en la facilidad de las comunicaciones de datos entre sistemas distintos. TCP/IP y OSI pueden interactuar por medio de compuertas (gateways) y complementarse el uno con el otro. El protocolo de OSI para el enrutamiento de paquetes (CLNP), que corresponde a la parte IP, se despliega en un segmento importante y creciente de Internet compuesto en su mayoría por TCP/IP. CLNP es un protocolo mas robusto que IP y tiene un campo mas grande y versátil para direccionamiento. Un gran número de compuertas (gateways) existen para inter operar con el correo electrónico (SMTP) de TCP/IP y el sistema de manejo de mensajes referido como X.400. El protocolo para transferencia de archivos, FTP, se utiliza de manera rutinaria en Internet, el protocolo de OSI para el traslado de archivos, acceso y gestión, FTAM, se usa también sobre Internet, algunos de los primeros servicios de directorios de OSI (X.500) están siendo utilizados sobre Internet.

TCP/IP es popular por su bien conocida Interfaz de Programación de Aplicaciones (API) sockets y streams. Los productos comerciales tienen que ser implantados usando TCP/IP para distribuir servicios a través de la red, por ejemplo, SQL accede a bases de datos relacionales, los servicios de archivos en red permiten montar sistemas de archivos remotos, se permite el despliegue gráfico en sistemas remotos. X-Windows y los sistemas de ventanas propietarias operan sobre TCP/IP.

OSI provee APIs equivalentes que pueden ser usados por los mismos vendedores de software ofreciendo las mismas características de TCP/IP y otras adicionales, tales como el acceso a SQL y las interfaces con ventanas. Otras especificaciones están siendo desarrolladas para ser integradas dentro de la capa de servicios de la arquitectura OSI de una manera estándar, haciendo que la capa de servicios sea más robusta y compleja.

Los servicios de aplicación más importantes de TCP/IP son: la transferencia simple de correo (SMTP: Simple Mail Transfer Protocol), transferencia de archivos (FTP: File Transfer Protocol), y acceso remoto (Telnet). Los servicios de aplicación de OSI actualmente proveen una funcionalidad mayor que los servicios de TCP/IP, por ejemplo, el servicio de correo electrónico (X.400) de OSI provee una estructura con la cual puede manejar todos los tipos de información existentes, no solo es un sistema de mensajes personales; los servicios de terminal virtual de OSI soportan más que una simple terminal de carácter (formatos, tipos de páginas y modos de barras de desplazamiento de ventana); el servicio de directorios distribuido de OSI (X.500) es mucho más robusto y eficiente que el equivalente en TCP/IP, el cual es un servicio centralizado de directorios (Whois).

OSI también provee capacidades técnicas mejoradas sobre TCP/IP. Por ejemplo, el espacio de direccionamiento de TCP/IP es de 32 bits (que se está agotando rápidamente) mientras que en OSI las direcciones de red comprenden 160 bits, un tamaño que provee un direccionamiento global. Los protocolos de enrutamiento de OSI soportan un tipo de enrutamiento jerárquico, reduciendo la cantidad de información de enrutamiento que fluye en la red y que debe almacenarse en los nodos de conmutación. Es importante tomar en cuenta que los servicios de conmutación de OSI deberán proveer un mecanismo de transición sobre el Internet como el espacio de direcciones limitado de TCP/IP. OSI se construyó pensando en el futuro, mejorando las aplicaciones existentes y nuevas aplicaciones están siendo desarrolladas para proveer servicios adicionales a los usuarios.

Tanto TCP/IP como OSI necesitan mejoras en la arquitectura de sus capas superiores. TCP/IP utiliza técnicas de codificación anticuadas para los protocolos de capas superiores, que son inferiores a la solución de OSI, el cual utiliza ASN.1. TCP/IP usa un tipo de direccionamiento referido como "bien conocidas" para conectar los servicios de red, mientras que OSI confía en un directorio de nombres para encontrar la dirección para un servicio determinado. Sin embargo, por otro lado OSI fuerza a una estructura arbitraria de tres capas (sesión, presentación y aplicación) en sus capas superiores, creando construcciones ineficientes y haciendo que ciertas operaciones, como la encriptación, sean más difíciles de lo necesario. Ninguna arquitectura provee la flexibilidad deseada para construir nuevos servicios de aplicación.

Ambas arquitecturas tienen deficiencias en seguridad, multicasting y multimedia. En TCP/IP se empezaron a desarrollar estándares para poder tener correo electrónico privado incluyendo un sistema para una distribución certificada para el apoyo de un servicio de autenticación general, además de que están bajo consideración propuestas para proveer seguridad en los servicios para la administración de red y enrutamiento. Kerberos, un sistema de autenticación por medio de llaves, con integridad y confidencialidad está siendo implementado en sitios de Internet. Los estándares de OSI están bajo desarrollo para la autenticación, confidencialidad e integridad en la red, transporte, liga, y capas de aplicación.

OSI tiene un gran conjunto de capacidades para multimedia incluidos en los estándares de correo electrónico, mientras que en TCP/IP simplemente desarrollaron extensiones para soportar

ultimedia por medio de SMTP. Cabe mencionar que los protocolos de TCP/IP y OSI tienen capacidades para tiempo real, y servicios multimedia.

En conclusión, se recomienda en los diseños de redes nuevas de computadoras se apeguen a los protocolos provistos por OSI. En los casos donde existan requerimientos específicos que van más allá de las capacidades disponibles de los productos OSI actuales, deberán complementarse con los productos TCP/IP. La instalación de OSI en conjunto junto con TCP/IP en redes nuevas tiene sentido cuando los enrutadores, servidores y estaciones de trabajo que se tienen que integrar con algunas computadoras existentes de más antigüedad en la red. Frecuentemente, una instalación de TCP/IP puede existir para estaciones más antiguas que no puedan manejar los protocolos OSI y tampoco puedan ser actualizadas. En estos casos, la manera de migración es directa adquiriendo enrutadores llamados "duales" capaces de conmutar datos entre OSI y TCP/IP además de agregar algunos hosts-duales que tengan aplicaciones de compuerta (gateway). La nueva red entonces apoyará el intercambio de información entre estaciones antiguas y los nuevos productos OSI.

El modelo OSI es un esquema bien estructurado que delimita de manera eficaz las diferentes funciones que debe tener una red de comunicaciones, ya que abarca desde las aplicaciones de los usuarios finales (capas superiores) hasta los métodos de comunicación entre los diferentes dispositivos electrónicos de interconexión de redes (capas inferiores). La adopción del modelo de referencia OSI permite delimitar hasta que nivel es necesario abarcar en proyectos de diseño de redes, en este caso Red TI. Por otro lado, se requiere de un protocolo de comunicación que permita la conexión transparente entre diferentes clases de computadoras (PC, mainframes, sistemas Unix, Macintosh, etc.), que sea fácil de configurar y requiera pocos ajustes de acuerdo al crecimiento de la red, que sea altamente confiable bajo cualquier condición operativa y en caso necesario que cuente con herramientas para la corrección de errores, facilidades para el monitoreo y mantenimiento de la red. El conjunto de protocolos TCP/IP es la solución a estos requisitos, además de ser el protocolo para la comunicación en Internet.

PERSPECTIVA GENERAL DE LA APORTACIÓN DE LA PRESENTE TESIS

El proyecto Torre de Ingeniería es el resultado de que el Instituto de Ingeniería de la UNAM es uno de los más importantes centros de investigación. Esto lo demuestra el crecimiento continuo de las actividades dentro del Instituto como el establecimiento de convenios de trabajo y asociación con empresas privadas e instituciones gubernamentales para el impulso de las actividades de la investigación aplicada que contribuyan al desarrollo de la industria y tecnología de México. La Torre de Ingeniería como un espacio para llevar a cabo éstas actividades necesita contar con modelos tecnológicos a seguir, partiendo del principio de ser un Edificio Inteligente.

El diseño de la red de cómputo de la Torre debe cumplir con los requerimientos de un edificio modelo en la Universidad, por tal motivo esta deberá contar con la infraestructura necesaria y tecnología de punta para hacer frente a los retos actuales y futuros de comunicación. El objetivo principal de este proyecto es precisamente hacer el análisis y diseño de cada uno de los sistemas que conforman la red de cómputo en su totalidad. La implantación y puesta en operación quedan fuera del alcance de este proyecto. Sin embargo, en este trabajo se dejan las bases técnicas para la red de datos de la Torre, las cuales cumplen con los estándares y normas internacionales para proyectos de telecomunicaciones, normas de la Universidad, de Red UNAM y del Instituto de Ingeniería, logrando el objetivo de hacer un diseño de red de datos confiable, flexible y abierto, y que cumpla con los requerimientos que de ella se demanden en la actualidad y en un futuro. Este trabajo es un documento que ofrece los antecedentes e información para ser una guía de apoyo para estudiantes, administradores de redes, e instituciones, acerca de cómo llevar a cabo un proyecto de análisis y diseño de una red de datos.

En la actualidad, las instituciones y dependencias de la UNAM, así como instituciones privadas y del gobierno, requieren estar preparadas con una infraestructura de red de datos adecuada con alta confiabilidad y robustez para poder soportar las crecientes necesidades de comunicación y procesamiento de información requerida por los usuarios. Con este análisis y diseño de la red de datos de la Torre se puede garantizar que la Torre cumplirá con estas expectativas de comunicación y procesamiento de información.

ANEXO B. RED UNAM

Red UNAM es el proyecto desarrollado para la transmisión de datos entre las facultades, institutos, centros de difusión, coordinaciones y demás dependencias que conforman a la Universidad Nacional Autónoma de México. La Subdirección de Redes de la DGSCA se encarga de la coordinación del mantenimiento y operación de la Red UNAM, abarcando los aspectos técnicos y administrativos. Red UNAM además de transmitir datos es una red capaz de transmitir voz, imágenes y video. Los objetivos principales de esta red son:

- Integrar a los alumnos de la UNAM, desde el bachillerato hasta el posgrado, a la cultura informática, considerando a esta como la integración de cómputo y las telecomunicaciones.
- Proveer el intercambio de ideas, pensamientos y opiniones que enriquezcan a las instituciones, y proporcionar las herramientas de la tecnología informática para el desarrollo de actividades.
- Incorporar la enseñanza de la informática a los planes formales de estudio de todas las disciplinas.
- Apoyar el crecimiento de la UNAM y de México, brindando una opción tangible para el flujo de información entre las diversas instituciones generadoras y transformadoras de conocimientos en México y en el mundo.
- Utilizar esta herramienta como un factor de transformación en el modelo de enseñanza aprendizaje acercando a los bancos de información y otras fuentes de conocimiento a todo estudiante, personal académico, administrativo, y al público en general.

Principales características y objetivos de Red UNAM

La red integral de telecomunicaciones de la UNAM se inauguró en el año de 1992, y entre sus principales características de hoy en día son:

- Transmisión indistinta de voz, datos y video mediante sistemas digitales basados en normas internacionales actuales.
- Integración a la red de las principales instalaciones de la Universidad. Actualmente alrededor del 96% de los miembros de la Universidad a nivel bachillerato, licenciatura, posgrado e investigación, se encuentran laborando en instalaciones integradas a la Red, independientemente de su ubicación geográfica (desde Ensenada, en Baja California; hasta Puerto Morelos Quintana Roo).
- Tiene una infraestructura que cuenta con más de 600 redes locales de cómputo en ocho regiones del país. La Red enlaza a cerca de 21,500 computadoras en la UNAM entre sí y alrededor de quince millones de computadoras en todo el mundo.
- El sistema es descentralizado, redundante y esta integrado por 31 nodos de cómputo y telecomunicaciones enlazados entre sí por medio de fibra óptica, vía satélite o vía microondas.
- La Red es completamente privada y propiedad de la UNAM, operada y administrada por personal de la DGSCA-DTD

En las redes propias de la UNAM las topologías más empleadas son variantes de la tecnología ethernet. Como primera característica se tienen las redes con topología de tipo estrella (conocidas también como red de par trenzado, ya que este es el medio físico con el que construyen).

Conexión Red UNAM a la red mundial Internet

UNAM por medio de la DGSCA-DTD, tiene la conexión a la red mundial Internet mediante enlaces directos y permanentes, los cuales se muestran en la siguiente tabla.

Enlaces Internacionales	Número de Enlaces	Tasa de Transmisión
Teleglobe	1	34.368 Mbps
Avantel	1	34.368 Mbps
Uninet	1	34.368 Mbps
Uninet	8	2.048 Mbps
MCI	1	2.048 Mbps
Verio	2	1.544 Mbps

Tabla A1. Enlaces directos hacia la red mundial Internet

Servicios ofrecidos por Red UNAM

La Red UNAM ofrece diversos servicios a la comunidad universitaria, pero en particular a las dependencias e instituciones que se conectan a ella.

Enrutamiento

El enrutamiento es un servicio con el cual se hace posible la comunicación con los anfitriones de otras redes internacionales y extranjeras. El enrutamiento se encarga de que la información de los usuarios llegue a su destino y evitar que se pierda en las diversas rutas existentes para su envío. El enrutamiento es también una herramienta de seguridad ya que permite limitar el acceso de usuarios no autorizados a algún anfitrión importante dentro de la red.

Servidor de nombres (DNS: Domain Name Service)

Este servicio se encarga de resolver la conversión o mapeo entre las direcciones numéricas y los nombres lógicos de las máquinas. Los servidores de nombres de la UNAM para el dominio **unam.mx** son: ns.dgsc.unam.mx, noc.noc.unam.mx, dns2-ua.ns.net y danzon.astrocu.unam.mx.

Centro de operación de la Red (NOC: Network Operation Center)

Este centro se encarga de monitorear el comportamiento de la Red UNAM, así como la óptima operación de ésta y mantenimiento. También se encarga de la verificación de los enlaces de Red UNAM con las diversas dependencias internas y externas.

El objetivo primordial del NOC es llevar a cabo las actividades de administración, monitoreo, operación y crecimiento en la red. Por tal motivo, se llevan a cabo paralelamente actividades como: pruebas en la red, enrutamiento, distribución de información y funciones de mantenimiento.

Centro de información de la Red UNAM (NIC-UNAM)

Este centro tiene como función la de proporcionar servicios de soporte informativo, administrativo y procedimental a los usuarios de la Red UNAM. Estos servicios se pueden describir de la siguiente manera:

Proveer recursos de información. El Centro de Información debe proveer a los usuarios acceso a información auténtica y actual, para ello:

- Es el responsable de la obtención de información de otros sitios y de almacenarla localmente para que los usuarios puedan tener acceso a ella.
- Proporcionar referencias a los usuarios sobre la información localizada en otras localidades Internet.
- Debe crear documentos tales como boletines informativos, tutoriales, información comercial, etc. y ponerlos a disposición de los usuarios.

Proporcionar soporte a los usuarios finales a través de contacto directo. El Centro de Información de la Red UNAM es el principal recurso de información de los usuarios para resolver dudas o problemas relacionados con: el procedimiento de conexión a Internet, localizar y acceder cierta aplicación, cómo determinar una dirección electrónica o como resolver problemas operacionales.

En base a estos servicios que proporciona la Red UNAM, el usuario de la red puede hacer uso de otros, tales como:

- Correo electrónico: servicio que permite la comunicación entre usuarios de cualquier parte del mundo a través de la colocación de mensajes en el buzón electrónico del destinatario. La Red UNAM cuenta con varios servidores de correo, dos de los cuales están destinados al público universitario y académico en general (el principal y anfitrión es **servidor.unam.mx**).
- Gopher: Se trata de menús jerárquicos que permiten buscar información en Red UNAM a través de conexiones transparentes al usuario. Dentro de los servidores Gopher en Red UNAM se encuentran el servidor Condor y el servidor NOC.
- Archie: Se trata de búsqueda electrónica en los servicios anunciados para tal fin. Al definir un tema a buscar en pocos minutos se obtiene una lista que contiene nombres y direcciones de las máquinas que contienen archivos con dicha información.
- Telnet: Sesiones remotas a grandes computadoras para aprovechar sus recursos y capacidades de cálculo.
- World Wide Web (www): Son de los servicios mas requeridos en Internet. Este servicio aprovecha la tecnología de multimedia para ofrecer una presentación de la información mediante el uso de imágenes, texto y audio desde cualquier punto en Internet directamente a la computadora del usuario.
- Otros servicios: Se cuenta con el servicio de almacenamiento masivo de información. Para llevar a cabo la investigación científica y desarrollo tecnológico que requiere de servicios de cómputo con gran capacidad de procesamiento, la UNAM pone a disposición el servicio de operación de la supercomputadora **CRAY Y-MP4/464** en la cual se desarrollan proyectos de Astronomía, Química, Física, investigación en materiales y mecánica de fluidos entre otros.

Formas de conexión a Red UNAM-Internet

La UNAM pone a disposición tres maneras básicas de conexión:

1. La conexión directa: consiste en tener acceso a una red LAN que este conectada directamente a la red mundial Internet.
2. La conexión conmutada/vía telefónica: cuando se requiere la conexión a la red desde un lugar remoto, la computadora personal del usuario se utiliza para establecer el enlace a través de un módem y una línea telefónica convencional. Además se necesita de un programa apropiado que proporcione el cliente del protocolo Slip o PPP.
3. Conexión dedicada: En este tipo de conexión se hace uso de un circuito de telecomunicaciones dedicada punto a punto y enrutadores IP (dispositivo de red dedicada) que enlace la localidad remota con la Red UNAM-Internet. El rango de velocidad de una línea dedicada varía desde 9.6Kb hasta 45Mb, y velocidades de conexión comunes entre 56Kb y 2Mb. Una conexión dedicada a Internet se utiliza principalmente para interconectar

la red de un Campus que incluye una gran cantidad de computadoras y estaciones de trabajo.

Si alguna organización requiere integrar su red a través de una conexión dedicada, la UNAM provee la conexión una vez que la organización haya elegido e instalado su medio de enlace a Red UNAM. Los medios de enlace a Red UNAM pueden ser: línea privada, RDI, DSO, microondas, radio módems y enlace vía satelital.

El medio de enlace depende de las necesidades y de la distancia que exista entre la localidad remota y la UNAM. Sin embargo, uno de los factores decisivos para la selección del medio apropiado, además del costo y del propósito de la organización, son el ancho de banda y los usos proyectados de la conexión (relacionados con el tráfico). Una vez instalado el medio de enlace se requiere de dos dispositivos enrutadores con una configuración mínima que incluya un puerto V35 y un puerto Ethernet; además de una computadora con un sistema operativo apropiado que trabaje como Servidor de Nombres DNS primario.

Fuente: DGSCA, Dirección de Telecomunicaciones Digitales. Página Web: www.dtd.unam.mx.

ANEXO C. ESTIMACIÓN DE COSTOS PARA EL EQUIPAMIENTO DE LA RED TI

Este proyecto de análisis y diseño de la red de cómputo de la Torre de Ingeniería no involucra un análisis de tipo costo-efectividad para la selección del equipamiento. Sin embargo, en este anexo se presenta una estimación del costo que implica el equipamiento total para cada sistema que compone a la Red TI en base a los resultados de selección obtenidos en este trabajo. Los costos que se presentan corresponden a los presentes en el mercado durante el primer semestre del año 2001. Los precios se manejan en dólares para mantener congruencia con los precios a nivel internacional.

La distribución y el número total de servicios que se requieren en la Torre de Ingeniería se muestran en la siguiente tabla.

TORRE DE INGENIERÍA							
LOCALIZACIÓN	CLOSET SUR			CLOSET NORTE			TOTAL SERVICIOS POR PLANTA
	SERVICIOS DE VOZ	SERVICIOS DE DATOS	SERVICIOS DE VIDEO - CONFERENCIA	SERVICIOS DE VOZ	SERVICIOS DE DATOS	SERVICIOS DE VIDEO - CONFERENCIA	
Planta nivel azotea	5	25	1	2	16	1	50
Planta tipo nivel 6	40	40	-	40	40	-	160
Planta tipo nivel 5	43	43	-	43	43	-	172
Planta tipo nivel 4	40	40	-	40	40	-	160
Planta tipo nivel 3	43	43	-	43	43	-	172
Planta tipo nivel 2	45	45	-	45	45	-	180
Planta tipo nivel 1	MDF DATOS			48	48	-	202
	53	53	-				
Planta nivel acceso	CLOSET CENTRAL						85
	SERVICIOS DE VOZ		SERVICIOS DE DATOS		SERVICIOS DE VIDEO - CONFERENCIA		
Planta nivel talleres	CLOSET TALLERES						42
	21		21		0		
Planta nivel auditorio	MDF VOZ						69
	4		Butacas: 0 Estribo: 6 Salas: 56		3		
Total servicios de voz							564
Total servicios de datos							721
Total servicios de videoconferencia							7
Total de servicios							1292

Nota: Los datos mostrados en esta tabla fueron proporcionados por el Instituto de Ingeniería y la Dirección de Telecomunicaciones de la DGSCA.

Tabla C1. Distribución de servicios en la Torre de Ingeniería

En una primera etapa se considera la estimación de costo para la adquisición del equipo principal de conexión de la Red TI (el switch Catalyst 6506 de Cisco Systems) y los switches de escritorio (Catalyst 2948G), así como los equipos que operarán como servidores de aplicación y los propios para la administración y monitoreo de la red. El número de servicios requeridos en el equipo principal y en cada switch de escritorio corresponden a los mostrados en la tabla C1. El número total de servidores que se requiere es de 16, distribuidos de la siguiente manera: dos unidades para las funciones de administración y monitoreo de la Red TI, y 14 servidores que centralicen las aplicaciones de escritorio en las áreas de trabajo de la Torre de Ingeniería. En la siguiente tabla se muestra dicha estimación de costo para este equipo.

Equipo				
Switch central		Características		Subtotal
Cantidad				
1	Switch capa 2 y 3, chasis modular con seis ranuras, interfaz Gigabit Ethernet 1000 Base SX/LX, hot-swap en todos los módulos, mínimo número de puertos 22 Gigabit Ethernet (1000 Base SX/LX) o Fast Ethernet (100 Base FX), Backplane no bloqueable, procesador y fuente redundante			120,000
Switch escritorio 10/100 Base TX con Modulo 1000BaseSX				
Nivel	No. de puertos	No. de switch 48 puertos	Costo USD	Subtotal
Nivel Azotea	41	1	4,500.00	94,500.00
Nivel 6	80	2	9,000.00	
Nivel 5	86	2	9,000.00	
Nivel 4	80	2	9,000.00	
Nivel 3	86	2	9,000.00	
Nivel 2	90	2	9,000.00	
Nivel 1	101	3	13,500.00	
Acceso	74	2	9,000.00	
Talleres	21	1	4,500.00	
Auditorio	62	2	9,000.00	
Servidores				
Cantidad	Características			Subtotal
16	Procesador: Pentium IV Disco duro: Ultra SCSI 2 de 40 GB Memoria: 512 MB SDRAM de 60ns o menos, 512 KB Caché L2 integrada, 2 MB Flash para BIOS del sistema Monitor: Color 17" SVGA Video: AGP 8 MB Unidades I/O: Floppy disk 3 1/2, CDROM, Fax Modem interno 56K, unidad de respaldo (ZIP 250 ó 100Mb) Tarjetas de red: 2 PCI Fast Ethernet 10/100, para redundancia en monitoreo Sistema operativo: Windows 2000 con garantía de actualización a versión posterior			51,200.00
Subtotal				265,700.00
IVA				39,855.00
Total USD				305,555.00

Tabla C2. Estimación de costos de equipo de interconexión y de administración para la Red TI

La siguiente etapa se considera la estimación de costo para el sistema de cableado vertical para los servicios de datos, videoconferencia y voz (tabla C3, C4 y C5). Las trayectorias y longitudes estimadas de fibra óptica para interiores son las que se muestran en la tabla 5.11 del capítulo 5 de este trabajo.

Backbone. Cableado estructurado vertical para servicios de datos y video					
No	Cantidad	Unidad	Descripción	Precio por unidad	Importe
1	1196	Metro	Fibra optica para interiores 12 hilos	7.80	9,328.80
2	70	Metro	Fibra óptica para interiores 24 hilos	12.90	903.00
3	13	Pieza	Distribuidores de F.O Shelf, 12 conectores SC	290.00	3,370.00
4	312	Pieza	Conectores SC	20.00	6,240.00
5	1	Pieza	Distribuidores F.O. para rack 180 conectores SC	2,400.00	2,400.00
6	2	Lote	Consumibles para conectorización de F.O	200.00	400.00
Subtotal					22,641.80
IVA					3,396.27
Total USD					26,038.07

Tabla C3 Componentes de cableado vertical para servicios de datos y video

Backbone: Cableado estructurado vertical para servicios de voz						
No.	Cantidad	Unidad	Descripción	Precio por unidad	Importe	
1	148	Metro	Cable multipar de 25 pares	3.40	503.20	
2	1012	Metro	Cable multipar de 50 pares	4.50	4,554.00	
3	88	Metro	Cable multipar de 100 pares	6.50	572.00	
4	13	Pieza	Patch panel de 48 pto.	337.00	4,381.00	
5	3	Pieza	Patch panel de 24 pto.	196.50	589.50	
6	28	Pieza	Administrador horizontal	29.30	820.40	
7	2	Pieza	Backboard	38.00	76.00	
8	9	Pieza	Mounting bracket	68.00	612.00	
9	31	Pieza	Kit regal 110, 100 pares (incluye galletas 5 p.)	50.00	1,550.00	
10	2	Pieza	Bobina CCW	25.00	50.00	
11	1	Pieza	Rock con tira de contactos y canales laterales	615.00	615.00	
				Subtotal	14,323.10	
				IVA	2,148.47	
				Total USD	16,471.57	

Tabla C4. Componentes de cableado vertical para servicios de voz

Backbone	Subtotal	IVA	Total
Cableado estructurado vertical para servicios de datos y vídeo	22,641.80	3,396.27	26,038.07
Cableado estructurado vertical para servicios de voz	14,323.10	2,148.47	16,471.57
		Total USD	42,509.58

Tabla C5. Costo total de cableado vertical

La siguiente etapa consiste en la estimación de costos del sistema de cableado horizontal. La distancia máxima horizontal de cable par trenzado, entre una toma de datos o voz y el sistema de distribución de bloques terminales se considera máxima de 80 metros. Para mayor confiabilidad en el cableado estructurado horizontal, las conexiones se consideran punto a punto entre los equipos y los accesorios. En la tabla C6 se estiman los costos de los componentes de cableado horizontal por niveles considerando la distribución de servicios de la tabla C1.

Nivel 6 y azotea: 121 servicios de datos, 87 servicios de voz y 2 servicios de videoconferencia						
No	Cantidad	Unidad	Descripción	Precio p/u	Importe	
1	2	Pieza	Rack con tira de contactos y canales laterales	615.00	1,230.00	
2	4	Pieza	Patch panel 48 pto.	337.00	1,348.00	
3	2	Pieza	Patch panel 24 pto.	196.50	393.00	
4	16	Pieza	Administrador horizontal	29.30	468.80	
5	208	Pieza	Patch cord para puenteo 3 mts.	8.40	1,747.20	
6	121	Pieza	Jumper de usuario 10 mts.	10.60	1,282.60	
7	2	Pieza	Patch F.O. SC-SC de 3 mts.	75.00	150.00	
8	16	Pieza	Caja de distribución, capacidad 12 servicios	28.00	448.00	
9	14	Pieza	Caja Wiremold a piso	180.00	2,520.00	
10	2	Pieza	Multimedia outlet	60.00	120.00	
11	2	Pieza	Patch F.O. ST-ST de 3 mts.	75.00	150.00	
12	7399	Metro	Cable UTP plenum	1.60	11,838.40	
13	36	Pieza	F.O. multimodo plenum para interiores de 2 h	3.00	108.00	
14	208	Pieza	Módulo Jack	7.60	1,580.80	
15	1	Pieza	Face plate doble	2.60	2.60	
16	2	Pieza	Face plate sencillo	2.60	5.20	
				Subtotal	23,392.60	
				IVA	3,508.89	
				Total USD	26,901.49	

Nivel 5: 86 servicios de datos y 86 servicios de voz						
No.	Cantidad	Unidad	Descripción	Precio p/u	Importe	
1	2	Pieza	Rack con tira de contactos y canales laterales	615.00	1,230.00	
2	4	Pieza	Patch panel 48 pto.	337.00	1,348.00	
3	12	Pieza	Administrador horizontal	29.30	351.60	
4	172	Pieza	Patch cord para puenteo 3 mts.	8.40	1,444.80	
5	86	Pieza	Jumper de usuario 10 mts	10.60	911.60	
6	2	Pieza	Patch F.O. SC-SC de 3 mts	75.00	150.00	
7	5230	Metro	Cable UTP plenum	1.60	8,368.00	
8	16	Pieza	Caja de distribución, capacidad 12 servicios	28.00	448.00	
9	6	Pieza	Face plate doble	2.60	15.60	
10	172	Pieza	Módulo Jack	7.60	1,307.20	
				Subtotal	15,674.60	
				IVA	2,351.19	
				Total USD	18,025.79	

Nivel 4: 80 servicios de datos y 80 servicios de voz						
No	Cantidad	Unidad	Descripción	Precio p/u	Importe	
1	2	Pieza	Rack con tira de contactos y canales laterales	615.00	1,230.00	
2	4	Pieza	Patch panel 48 puertos	337.00	1,348.00	
3	12	Pieza	Administrador horizontal	29.30	351.60	
4	160	Pieza	Patch cord para puenteo 3mts.	8.40	1,344.00	
5	80	Pieza	Jumper de usuario 10mts.-	10.60	848.00	
6	2	Pieza	Patch de F.O. SC-SC 3mts	75.00	150.00	
7	160	Pieza	Modulo jack	7.60	1,216.00	
8	16	Pieza	Caja de distribución, capacidad 12 servicios	28.00	448.00	
9	5230	Metro	Cable UTP plenum	1.60	8,368.00	
				Subtotal	15,303.60	
				IVA	2,295.54	
				Total USD	17,599.14	

Tabla C6-a. Componentes de cableado horizontal por nivel

Nivel 3: 86 servicios de datos y 86 servicios de voz					
No.	Cantidad	Unidad	Descripción	Precio p/u	Importe
1	2	Pieza	Rack con tira de contactos y canales laterales	615.00	1,230.00
2	4	Pieza	Patch panel 48 ptos	337.00	1,348.00
3	12	Pieza	Administrador horizontal	29.30	351.60
4	172	Pieza	Patch cord para puenteo 3 mts.	8.40	1,444.80
5	86	Pieza	Jumper de usuario 10 mts	10.60	911.60
6	2	Pieza	Patch F.O. SC-SC de 3 mts.	75.00	150.00
7	5230	Metro	Cable UTP plenum	1.60	8,368.00
8	16	Pieza	Caja de distribución, capacidad 12 servicios	28.00	448.00
9	6	Pieza	Face plate doble	2.60	15.60
10	172	Pieza	Módulo Jack	7.60	1,307.20
				Subtotal	15,574.80
				IVA	2,336.22
				Total USD	17,911.02
Nivel 2: 90 servicios de datos, 90 servicios de voz					
No.	Cantidad	Unidad	Descripción	Precio p/u	Importe
1	2	Pieza	Rack con tira de contactos y canales	615.00	1,230.00
2	4	Pieza	laterales	337.00	1,348.00
3	12	Pieza	Patch panel 48 ptos	29.30	351.60
4	180	Pieza	Administrador horizontal	8.40	1,512.00
5	90	Pieza	Patch cord para puenteo 3 mts.	10.60	954.00
6	2	Pieza	Jumper de usuario 10 mts	75.00	150.00
7	6000	Metro	Patch F.O. SC-SC de 3 mts.	1.60	9,600.00
8	18	Pieza	Cable UTP plenum	28.00	504.00
9	180	Pieza	Caja de distribución, capacidad 12 servicios	7.60	1,368.00
				Subtotal	17,017.60
				IVA	2,552.64
				Total USD	19,570.24
Nivel 1: 101 servicios de datos, 101 servicios de voz					
No.	Cantidad	Unidad	Descripción	Precio p/u	Importe
1	2	Pieza	Rack con tira de contactos y canales laterales	615.00	1,230.00
2	4	Pieza	Patch panel 48 ptos	337.00	1,348.00
3	1	Pieza	Patch panel 24 ptos	196.50	196.50
4	14	Pieza	Administrador horizontal	29.30	410.20
5	202	Pieza	Patch cord para puenteo 3 mts.	8.40	1,696.80
6	18	Pieza	Caja de distribución, capacidad 12 servicios	28.00	504.00
7	2	Pieza	Patch F.O. SC-SC de 3 mts.	75.00	150.00
8	6000	Metro	Cable UTP plenum	1.60	9,600.00
9	8	Pieza	Face plate doble	2.60	20.80
10	202	Pieza	Módulo Jack	7.60	1,535.20
11	101	Pieza	Jumper de usuario 10 mts	10.60	1,070.60
12	3	Pieza	Charola	45.00	135.00
				Subtotal	17,897.10
				IVA	2,684.56
				Total USD	20,581.66

Tabla C6-b. Componentes de cableado horizontal por nivel

Nivel Acceso 74 servicios de datos, 9 servicios de voz, 2 servicios de videoconferencia

No.	Cantidad	Unidad	Descripción	Precio p/u	Importe
1	1	Pieza	Rack con tira de contactos y canales laterales	615.00	615.00
2	2	Pieza	Patch panel 48 puertos	337.00	674.00
3	8	Pieza	Administrador horizontal	29.30	234.40
4	83	Pieza	Patch cord para puenteo 3mts	8.40	697.20
5	74	Pieza	Jumper de usuario 10mts -	10.60	784.40
6	1	Pieza	Patch de F.O. SC-SC 3mts	75.00	75.00
7	4800	Metro	Cable UTP plenum	1.60	7,680.00
8	2	Pieza	Multimedia outlet	60.00	120.00
9	1	Pieza	Patch F.O. ST-ST de 3mts	75.00	75.00
10	150	Pieza	F.O. multimode plenum para interiores de 2 hilos	3.00	450.00
11	14	Pieza	Face plate cuadruple	2.60	36.40
12	2	Pieza	Face plate doble	2.60	5.20
13	2	Pieza	Face plate sencillo	2.60	5.20
14	83	Pieza	Módulo jack	7.60	630.80
				Subtotal	12,082.60
				IVA	1,812.39
				Total USD	13,894.99

Nivel Auditorio 62 servicios de datos, 4 servicios de voz, 3 servicios de videoconferencia

No	Cantidad	Unidad	Descripción	Precio p/u	Importe
1	2	Pieza	Rack con tira de contactos y canales laterales	615.00	1,230.00
2	2	Pieza	Patch panel 48 puertos	337.00	674.00
3	15	Pieza	Administrador horizontal	29.30	439.50
4	66	Pieza	Patch cord para puenteo 3mts.	8.40	554.40
5	62	Pieza	Jumper de usuario 10mts	10.60	657.20
6	1	Pieza	Patch de F.O. SC-SC 3mts	75.00	75.00
7	11000	Metro	Cable UTP plenum	1.60	17,000.00
8	3	Pieza	Multimedia outlet	60.00	180.00
9	1	Pieza	Patch F.O. ST-ST de 3mts	75.00	75.00
10	155	Pieza	F.O. multimode plenum para interiores de 2 hilos	3.00	465.00
11	8	Pieza	Face plate cuadruple	2.60	20.80
12	14	Pieza	Face plate doble	2.60	36.40
13	6	Pieza	Face plate sencillo	2.60	15.60
14	2	Pieza	Charola para rack	45.00	90.00
15	66	Pieza	Módulo jack	7.60	501.60
				Subtotal	22,014.50
				IVA	3,302.17
				Total USD	25,316.67

Nivel Talleres 21 servicios de datos y 21 servicios de voz

No.	Cantidad	Unidad	Descripción	Precio p/u	Importe
1	1	Pieza	Rack con tira de contactos y canales laterales	615.00	615.00
2	1	Pieza	Patch panel 48 pto	337.00	337.00
3	4	Pieza	Administrador horizontal	29.30	117.20
4	42	Pieza	Patch cord para puenteo 3 mts.	8.40	352.80
5	21	Pieza	Jumper de usuario 10 mls	10.60	222.60
6	21	Pieza	Face plate doble	2.60	54.60
7	2500	Metro	Cable UTP plenum	1.60	4000.00
8	42	Pieza	Módulo Jack	7.60	319.20
9	1	Pieza	Patch F.O. SC-SC de 3 mts	75.00	75.00
10	2	Pieza	Charola para rack	45.00	90.00
				Subtotal	6,183.4
				IVA	927.51
				Total USD	7,110.91

Nivel	Subtotal	IVA	Total
Nivel 6 y Azotea	23,392.60	3,508.89	26,901.49
Nivel 5	15,674.60	2,351.19	18,025.79
Nivel 4	15,303.60	2,295.54	17,599.14
Nivel 3	15,574.80	2,336.22	17,911.02
Nivel 2	17,017.60	2,552.64	19,570.24
Nivel 1	17,897.10	2,684.56	20,581.66
Acceso	12,082.60	1,812.39	13,894.99
Auditorio con estribo	22,014.50	3,302.17	25,316.67
Nivel Talleres	6,183.40	927.51	7,110.91
		Total USD	166,911.91

Tabla C7. Costo total del sistema de cableado horizontal

La estimación de costo del Campus (enlace principal y redundante) con fibra óptica para exteriores de 24 hilos se muestra en la siguiente tabla. Los requerimientos de longitud de fibra estimadas son las mostradas en la tabla 5.4 del capítulo 5 de este trabajo.

Campus: Enlace principal y redundante					
No.	Cantidad	Unidad	Descripción	Precio por unidad	Importe
1	1807	Metro	Fibra óptica de 24 hilos para exteriores	14.7	26,562.90
2	2	Pieza	Distribuidor de F. O. shelf 24 conectores SC	350.00	700.00
3	1	Pieza	Distribuidor de F. O. para rack 72 conectores SC	1,050.00	1,050.00
4	96	Pieza	Conectores SC	20.00	1,920.00
5	4	Pieza	Grounding clamp	40.00	160.00
6	8	Pieza	Unit splitter instalado en punta de cable de F. O.	35.00	280.00
7	1	Lote	Consumibles de conectorización de F. O.	200.00	200.00
8	7	Pieza	Patch F. O. SC-SC de 3 mis.	75.00	525.00
				Subtotal	31,397.90
				IVA	4,709.69
				Total USD	36,107.59

Tabla C8. Componentes del Campus

Finalmente, en la siguiente tabla se muestra el costo total para el equipamiento de la red de cómputo de la Torre de Ingeniería, además del cableado vertical para los servicios de videoconferencia y voz.

Subsistema	Costo
Equipo	305,555.00
Cableado Horizontal	166,911.91
Cableado Vertical datos, video y voz	42,509.58
Enlace Red UNAM	36,107.59
Total USD	551,084.08

Tabla C9. Costo total del equipo y cableado de la Red TI

hoc. Topología de redes inalámbricas, en la cual las estaciones se comunican entre sí, y no se requiere instalar infraestructura.

Esqueleto o columna vertebral. Conjunto de nodos y vínculos que se conectan entre sí para formar una red, o los protocolos de capa superior usados en una red. Algunas veces el término se emplea para hacer referencia a los medios físicos de una red.

Bit/s. Es el número de veces que una señal cambia de estado en un segundo.

Cables jumper o patch cords. Son cables pequeños de fibra óptica que se usan para llevar a cabo las conexiones de los distribuidores de fibra a los equipos de red terminales (como switches y concentradores).

Concentrador o Centrador (Hub). Dispositivo que sirve como punto central de conexión para los cables de los nodos que están puestos físicamente en topología estrella. Por lo general se encuentra en una red Ethernet 10BASE-T.

Colisión. Estado que ocurre en algunas LANs donde la subcapa de control de Acceso a Medios (MAC), habilita a más de un nodo para transmisión simultánea arriesgándose a colisiones.

Conector Cruzado (Cross-Connect). Facilidad que permite la terminación de los elementos del cable para interconexión, y/o conexión cruzada, en primera instancia con un cable jumper o patch cord.

Conexión Cruzada (Cross-Connection). Esquema de conexión entre: tendido de cableado, sistemas y equipo de red, utilizando cables jumper o patch cords que se conectan al hardware de conexión en cada extremo.

Datagrama. Unidad básica de datos usada en TCP/IP. Algunas veces llamado *Datagrama IP*, ya que su encabezado contiene las direcciones IP de la fuente y el destino.

Duty-time. Periodo fijo de tiempo empleado para la transmisión de pequeñas ráfagas de datos en la técnica de modulación salto de frecuencia (FHSS).

QDB (Distributed Queue Dual Bus). Al igual que FDDI, es un protocolo para tráfico de circuitos multiplexados especificado en la norma 802.6 del IEEE para redes de área metropolitana.

Rutador o ruteador. Dispositivo que conecta LANs en una interred y enruta tráfico entre éstas. Por lo general las redes que conecta usan la misma capa de protocolo de red (Capa 3) como TCP/IP o IPX. Tiene la capacidad de conectar redes que usan diferentes topologías lógicas, como Ethernet y Token Ring. También la palabra *encaminador* se refiere a éste.

FDDI-II. Nueva versión de FDDI que al igual que éste, corre a 100 Mbits/seg en fibra, pero además tiene un nuevo modo de operación llamado Modo Híbrido.

Fragmentación. División de un programa en porciones más pequeñas, lo que se hace generalmente porque el datagrama original es demasiado grande para la red o el software.

Gigabyte. Mil millones de bytes, que corresponde al número decimal 1,073,741,824.

IETF (Internet Engineering Task Force, Fuerza de trabajo de ingeniería de Internet) Organismo encargado de proponer y establecer los estándares en Internet.

Infrarrojo. Tecnología que usa ondas electromagnéticas para LANs inalámbricas.

Interred. Varias redes con puentes y ruteadores, que permiten que nodos de diferentes redes comuniquen entre sí.

Jam. Término Ethernet para comunicarse a todos los dispositivos de una red en la que haya ocurrido una colisión.

Jitter (fluctuación). Término que se usa generalmente en redes de 10BASE-T (Ethernet par trenzado) donde las señales estén fuera de fase entre sí.

Latencia. Es el tiempo que toma un conmutador para procesar un paquete. Se mide de diferentes formas dependiendo del método utilizado por el conmutador.

LLC (Logical Link Control). Subcapa homogeneizadora para permitir la interconectividad entre diferentes tipos de redes.

MAC (Media Access Control). Subcapa más relacionada con el medio físico y que maneja el método de acceso para la transmisión.

Mbps. Notación equivalente a millones de bits por segundo (esta nomenclatura se utiliza a lo largo de todo el trabajo).

Módem (MODulador DEModulador). Dispositivo que convierte las señales analógicas, en digitales viceversa. Se usa para conversión de señales para transmisión en líneas telefónicas.

Multiplexar. Cuando una sola conexión en la siguiente capa inferior soporta varias conexiones (a esta forma, tres conexiones de servicio de la capa de presentación se pueden multiplexar en una sola conexión de la capa de sesión).

Nodo. Término genérico que se usa para referirse a los dispositivos de la red.

PBX (Private Branch Exchange). Es un sistema compuesto por un switch, un grupo de líneas de voz, un grupo de líneas de datos y varias unidades de control y servicios para proporcionar la interconexión de varios usuarios en los sistemas de telefonía pública.

PNNI. Es la interfaz red-red para redes privadas o P-NNI, es una de las nuevas interfaces para asegurar la compatibilidad entre equipos de las redes ATM. La P-NNI es todavía inestable y en gran medida sigue asociada a cada fabricante, encargándose del arbitrio de las conexiones virtuales, el control de congestión y gestión de la topología.

Protocolo. Reglas que rigen el comportamiento o el método de operación de algo.

Puente (Bridge). Dispositivo de red capaz de conectar redes que emplean protocolos similares. Primero revisa la dirección del paquete, luego si ésta corresponde al otro segmento de red, lo pasa a través del puente.

Repetidor o hub repetidor. Dispositivo de red que eleva la potencia de las señales de llegada para permitir que se extienda la longitud de una red. Al amplificar y retransmitir la señal de la red, permite segmentos de cable de red más largos.

RFC "XXXX" (Requests For Comments; Peticiones de comentarios). Propuestas de estándares basadas en documentos numerados sobre la creación y establecimiento de estándares en Internet, siendo 'xxxx' el número de identificación de cada RFC. Cuando se propone un nuevo estándar, la IETF publica un RFC, el cual a su vez le hereda el nombre al estándar finalmente adoptado. Por ejemplo, para correo se tiene el RFC 822.

Switch, o **conmutador**. Aprovecha la topología en estrella y los diseños de concentradores para reducir la congestión del canal sobre los segmentos de la red. Estos como los puentes, fueron diseñados para dividir una red local extensa en pequeños segmentos, aislando el tráfico de cada uno (tráfico local), de esta manera se aprovecha mejor el ancho de banda mientras permanece una completa conectividad de los segmentos. Además usan un esquema de reenvío basado en hardware, opuesto al de software usado en puentes y enrutadores.

Transceiver. Dispositivos de acoplamiento entre medios de transmisión diferentes.

Transceptor. Dispositivo de red requerido en redes de banda base, que toma una señal digital y la coloca en un medio de banda base analógico. Los transceptores pueden detectar colisiones. Algunas veces llamado **transductor**.

Throughput (Transferencia Real). Cantidad de trabajo que puede ser procesada en un tiempo dado. Es también, la cantidad de datos que son transmitidos a algún punto de la red.

BROS

- Alfred Halshall; Data Communications, Computer Networks and Open Systems 3a. edición; Addison Wesley 1994.
- Andrew S. Tanenbaum; Redes de Computadoras 3a edición; Prentice Hall 1998.
- Colin Smythe; Internetworking Designing the Right Architectures; Addison Wesley 1995.
- Michael Santifaller; TCP/IP and NFS (Internetworking in Unix Environment); Addison Wesley 1991.
- Internetworking Essentials, Training for Supporting LAN; Microsoft Press 1996.
- Thomas W. Madron; Redes de Área Local, la siguiente generación; Noriega Editores 1994.
- ANSI Collections; Ansi EIA/TIA Telecommunications Building Wiring Standars, Multimedia Viewer 1998.
- Steve Parnell; LAN TIMES Guide to Building High Speed Networks; McGraw Hill 1996.
- Prentice Hall; Computer Networks Protocols, Standars and Interfaces; Prentice Hall.
- Prentice Hall; OSI a Model for Computer Communications Standars; Prentice Hall 1992.

ESIS

- Marcho Secul Javier E., Metodología de Preparación, Presentación y Evaluación de Proyectos de Equipamiento Computacional, Tesis de Licenciatura, Universidad Católica de Chile 1987.

DIRECCIONES WEB**Fabricantes:**

- 3Com Corporation; www.3com.com
- Bay Networks Inc.; www.baynetworks.com
- Cabletron Systems Inc.; www.cabletron.com
- Cisco Systems Inc ; www.cisco.com
- Enterasys Networks; www.enterasys.com
- Intel; www.intel.com
- Hewlett Packard Company; www.hp.com

Organizaciones y Forums:

- Agora International; www.agora.com.mx

ATM Forum; www.atmforum.com

Continental Automated Building association Home & Building Automation; www.caba.org

Dirección General de Servicios de Cómputo Académico; www.dgsca.unam.mx

Gigabit Ethernet Alliance; www.gigabit-ethernet.org

Institute Electrical & Electronics Engineers, IEEE; www.ieee.com

Instituto Mexicano del Edificio Inteligente, IMEI; www.imei.org.mx

Revistas:

LAN Times Magazine; www.lantime.com

Network World; www.nwfusion.com

Network Computing; www.networkcomputing.com