

"RED DE INTERFACE DE DATOS MEDIANTE FIBRA OPTICA-UNMSM"

Ing. Esequiel Zavala Huavel, Ing. Flavio Carrillo Gomero
E-mail : d270037@unmsm.edu.pe

*Profesores de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Facultad de Ingeniería Electrónica, Lima-Perú*

Resumen : Considerando que la Universidad Nacional Mayor de San Marcos aún no estaba integrada a través de una Red de Datos las unidades académicas y administrativas (Facultades, Institutos y Centros de Investigación, Administración Central y Biblioteca Central), nos motivó presentar a inicios del año 1995 el proyecto titulado "RED DE INTERFACE DE DATOS MEDIANTE FIBRA OPTICA - UNMSM" en la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería Electrónica. Culminado el estudio del proyecto y propuesto a las autoridades de la actual administración de la Universidad, a mediados de 1995 decidieron ejecutarlo. Concluyendo dicha ejecución en Mayo de 1996. En el presente trabajo se muestran las bondades de la red de datos por fibra óptica con relación al modelo de topología lineal en bus y anillo. Por otro lado, la Interface para Datos Distribuidos por Fibra (FDDI) potencia y multiplica la performance de la red sobre todo cuando se dispone de un número de estaciones bastante grande. En el diseño de la red de datos se utiliza las normas para interface de datos distribuidos por fibra óptica como son : modelado para interconexión de sistemas abiertos, control de acceso al medio de transmisión y gestión de red. Así mismo, los servicios que se obtienen a través de esta red para la comunidad universitaria son : acceder a base de datos (interno y externo), acceder al sistema académico-administrativo, conexión a Internet para usar los servicios de Páginas Web, transferencia de archivos (FTP), correo electrónico, TELNET y otros, así como voz y video.

Abstract : Since at National University Major of San Marcos the academic and administrative units (Faculties, Institutes and Research Centers, Central Administration and Central Library) were not linked by means of a Data Network, we had to introduce in early 1995 the project "Fiber Optic Data Interface Network" - UNMSM in Electronic Engineering Faculty Research unit. Once we finished the project and after proposing it before present university administration's officials, in the middle of 1995 such officials made the decision

of making the project a reality and it was finished in May 1995. In this paper the goodneses of Fiber Optic Data Network were expounded as regards model of linear bus-ring topology. Likewise, Fiber Distributed Data Interface (FDDI) acts as boosting and multiplying element for the performance of network, specially where many stations are available. During the stage of design of Data Network we used standards for Fiber Optic Distributed Data Interface such as: models for Interconnection of open systems, the transmission medium access control and network managing. On the other hand, this network will in general provide the university with the following services: available access to data base (inner and outer), available access to academic-administrative system, connection to internet in order to make the web page services available, file transfer, electronic mail, telnet and others, such as voice and video in the future (ATM technology).

Palabras claves: FDDI, TGN, MALLA, ESTACION, FIBRA OPTICA, ATM.

I. INTRODUCCION

Ante los cambios a nivel internacional con la globalización de la economía y la mayor interdependencia de los países, se ha acentuado la competitividad, surgiendo nuevos y mayores retos; constituyéndose los nuevos avances tecnológicos en factor determinante para el éxito dentro del nuevo escenario mundial.

El presente trabajo está enfocado dentro del campo de los sistemas electrónicos de información, así como su utilización como elemento fundamental dentro de la estrategia de desarrollo de una organización, ya sea del tipo académico, gubernamental, o empresarial, por lo que se ha tomado en cuenta conceptos de diversas disciplinas, como son: comunicaciones en fibra óptica, redes informáticas, ingeniería de software, ingeniería de sistemas, la reingeniería de procesos, calidad total, y clasificación de proyectos.

En la actualidad, una gran mayoría de las redes LAN (Local Area Network) y MAN (Metropolitan Area Network) que están interconectadas, se encuentran acopladas a una red primaria con topología lineal del tipo bus o anillo. La red FDDI (Interfase para Datos Distribuidos por Fibra Optica) es un nuevo salto en la evolución de las redes de comunicación de datos, el cual ha significado notables avances sobre la generación previa (Redes LAN Ethernet) en la administración, rendimiento y confiabilidad debido a que opera a 100 Mbps, cubrir distancias del orden de 200 Km, y soportar hasta 1000 estaciones conectadas simultáneamente.

Muchos productos y standares LAN/MAN existentes están basados en el diseño de medios compartidos lineales tales como : bus (IEEE 802.3), anillo (IEEE 802.5) y FDDI, en donde estas topologías usadas, son populares porque es posible construir una unidad complementaria para una estación en forma muy simple y económica. Debido a la topología lineal de anillo y bus el rendimiento está severamente restringido la velocidad de trasmisión de datos del canal compartido. En un token ring convencional tal como 802.5, por ejemplo, el rendimiento total de la red está limitado por la velocidad de datos del canal; independientemente del número de estaciones. En principio este problema puede ser resuelto usando una topología de red que permita múltiples y simultáneas transmisiones de datos. Sin embargo, en muchos diseños propuestos la simplicidad de una estación de una red bus o anillo debe ser sacrificada para lograr mejorar propiedades de rendimiento. La UNMSM disponía de equipo informático diverso conectado en redes LAN en algunas de sus Facultades, y éstas a su vez no se conectaban entre sí. Es decir, si bien los servicios computacionales se hallaban descentralizados y distribuidos; no estaban integrados, lo cual constituía una notable limitación para la eficiencia y desarrollo académico y administrativo en la gestión universitaria; por lo que se proyectó la configuración de una red de datos igualmente distribuida e integrada, para sentar una base de datos compartida, distribuida (base de datos:

académica, alumnado y postulantes, personal docente y administrativo, logística, biblioteca, patrimonio, proyectos y servicios de extensión) y de arquitectura abierta.

En la primera fase del proyecto se procedió a realizar un estudio de los servicios de telecomunicaciones y levantamiento de información acerca del número de usuarios y tipo de servicio requerido; con la finalidad de determinar el número y la ubicación de los nodos y la configuración de la Red de Datos de la Universidad. Luego, se formularon dos topologías de red que se adapten a la distribución geográfica, demanda y crecimiento de las Facultades de la UNMSM. Finalmente, esta red podrá interconectarse con la red universitaria nacional RED PERUANA DE CIENCIA Y TECNOLOGIA (Proyecto RPCYT, que interconectará las universidades del país a través de los nodos regionales) y que tendrá enlace con la Red Internacional de INTERNET.

II. TOPOLOGIA DE LA RED DE DATOS DISTRIBUIDOS POR FIBRA

La red FDDI (Interface para Datos Distribuidos por Fibra) puede acomodar hasta 1000 estaciones con una longitud de fibra de hasta 200 kilómetros. Los estándares en las que se sustente esta red de datos de la Universidad son :

- Módulo de referencia definido por la organización internacional de normas (ISO), correspondiente a la Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI), ver figura 1, figura 2 y el anexo [1];
- Normas para la capa física;
- Normas para el control de acceso al medio de transmisión;
- Normas para la gestión de la red FDDI.

Los equipos (PC's de usuarios, servidores, switches, concentradores, etc.) de operación permanente estarán integradas dentro de un anillo lógico dual y serán capaces de aprovechar la conectividad física total proporcionado por ambos anillos. Los equipos que son utilizados con poca frecuencia no serán incluidos en la base del anillo; en vez de ello, se utilizará concentradores, los cuales incorporarán en forma lógica dentro del anillo cuando éste se encuentre operativo y al mismo tiempo excluirlo del anillo para reducir la atenuación de señales ópticas.

Las estaciones duales conectadas forman el anillo base pudiendo tener una o dos entidades de control de acceso al medio y podrán en consecuencia transferir datos en uno o ambos anillos al mismo tiempo. La conexión de administración controla cual de los anillos se utilizará en realidad. Por lo tanto, para definir gráficamente la topología; FDDI define dos tipos de estaciones :

- Las estaciones clase A que tienen dos enlaces físicos al anillo.
- Las estaciones clase B tienen una sola conexión física al anillo primario y son usados en combinación con los concentradores.

La figura 3 muestra un anillo de configuración integral que no presenta cables interrumpidos. Las flechas indican el sentido de flujo de datos en los anillos.

En la figura 4 se muestra la misma red FDDI que ha sufrido una falla de cable entre D y G. Esta red compensa dicha anomalía canalizando los datos a través del anillo secundario.



Figura 1. Modelo ISO.

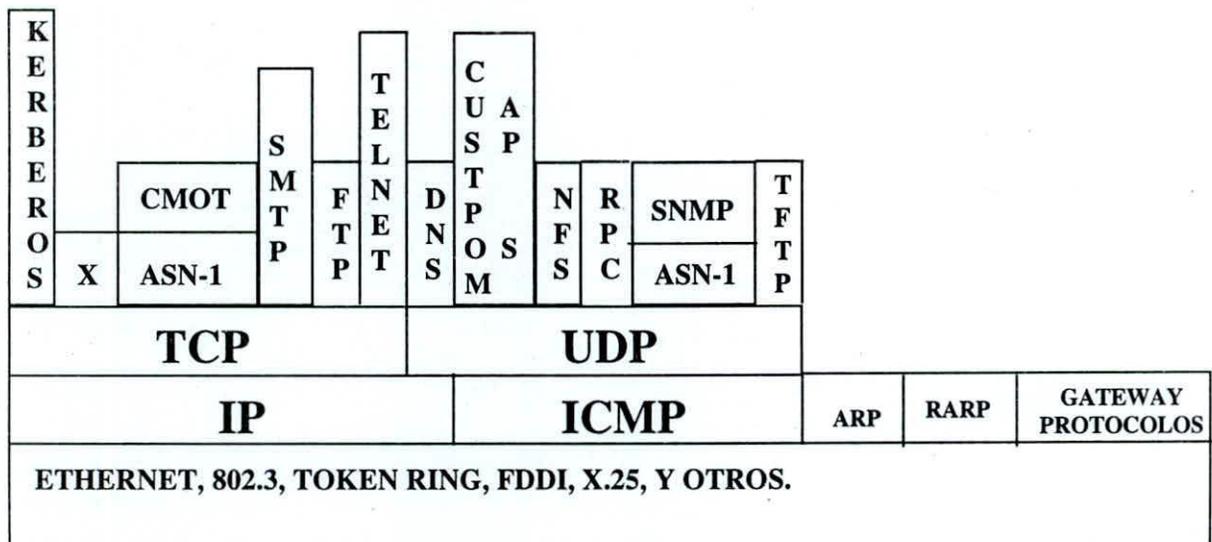


Figura 2. Componentes de las capas de aplicación.

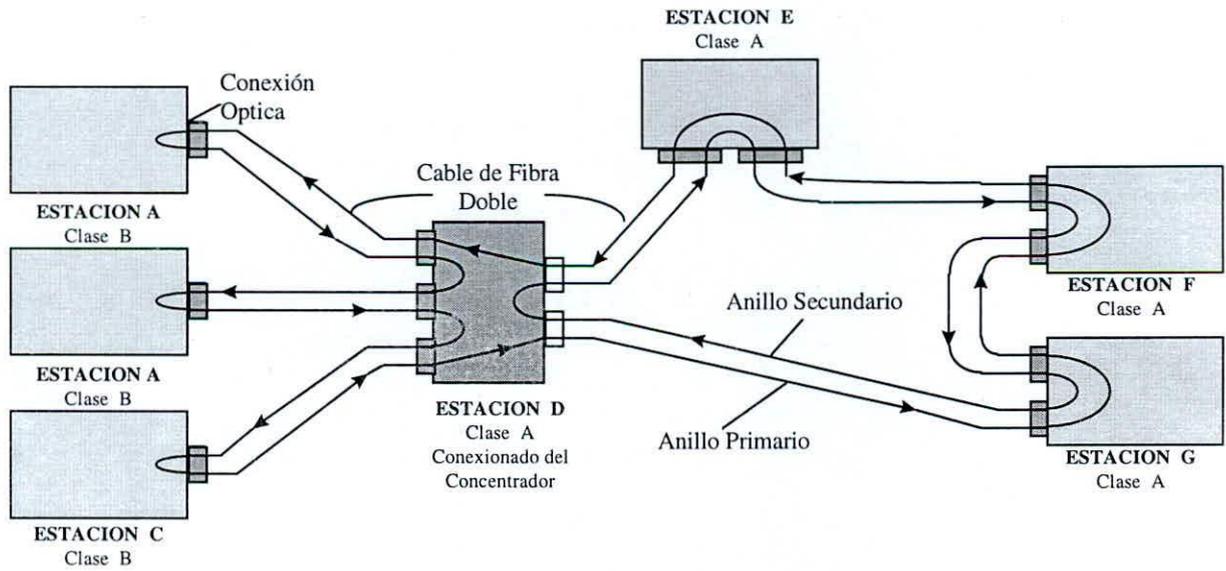


Figura 3. Configuración total y reconfiguración debido a una falla del cable.

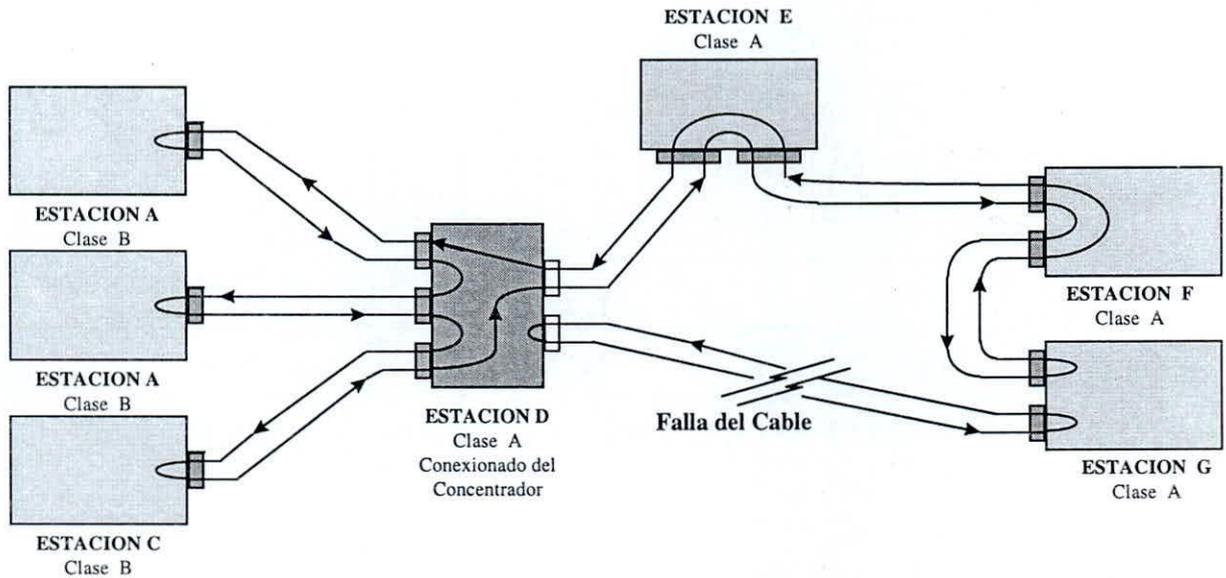


Figura 4. Configuración total que presenta cables sin fallas.

III. PROTOCOLO PASO TESTIGO TEMPORIZADO

Una propiedad común de las redes LAN's es que todas las estaciones usan el mismo medio. Dicha propiedad proveerá colisiones de paquetes por ser transmitidos simultáneamente si el acceso al medio no es controlado.

El control de acceso al medio en FDDI está basado en el protocolo paso testigo temporizado, los cuales han sido derivadas a partir del mecanismo de dejar pasar el paso de testigo. Este mecanismo trabaja de la siguiente manera : un paquete especial llamado paso testigo, circula alrededor del anillo. Este representa el permiso para transmitir paquetes. La estación que tiene un paquete disponible por transmitir tiene que esperar la llegada del paso testigo. Cuando llega el paso testigo, éste será capturado, y en su lugar serán transmitidos los paquetes a la estación destino. El paquete viaja alrededor del anillo y la estación destino lo copia. Esta estación es responsable para extraer el paquete del anillo. Después que ha completado sus transmisiones de paquetes, la estación fuente genera su nuevo paso testigo y lo libera al anillo viajando ésta a la próxima estación. Este mecanismo proporciona un método muy simple de medir la carga del sistema. Si la carga es alta, significa que muchas estaciones quieren transmitir paquetes, por lo que en el intervalo de tiempo transcurrido entre dos llegadas consecutivas de paso testigo a una estación, denominado tiempo de rotación del paso testigo (TRT) es grande. En condiciones de carga ligera, el tiempo de rotación del paso testigo es pequeño.

En la figura 5 se observa como opera el paso testigo pasante. En donde las estaciones que están permitidas para transmitir un paquete por llegada de paso testigo, las fases de servicios son separadas por intervalos de tiempo suficiente para dejar pasar el paso testigo a la próxima estación.

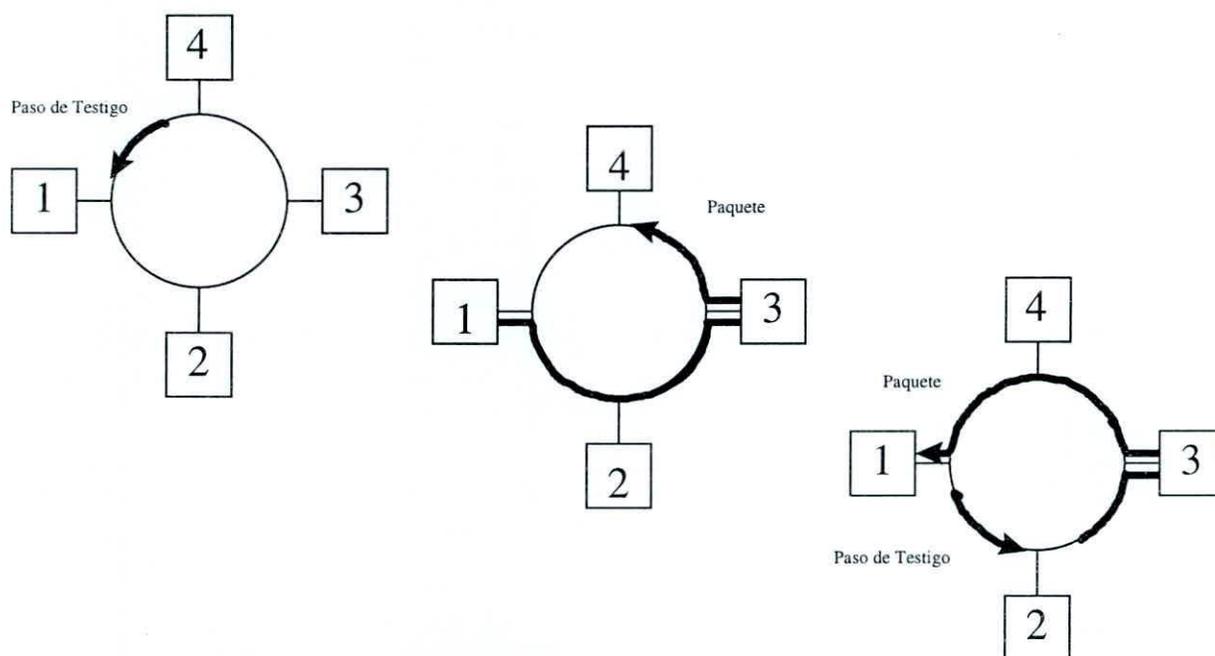


Figura 5. Protocolo del paso de testigo temporizado.

La relación entre las fases pasante del paso testigo y la fase de servicio pueden ser optimizados usando el servicio de paquetes múltiples. FDDI atiende tráfico conmutado de paquetes de dos tipos:

Tráfico Síncrono; El tráfico en el tiempo es crítico, ancho de banda y retardo confiable.

Tráfico Asíncrono; El tráfico no es crítico en tiempo y que puede operar en el modo de paso de testigo restringido ó modo de paso de testigo no restringido.

IV. RENDIMIENTO

Los usuarios de la red pueden experimentar el rendimiento en términos de retardo de red. Una buena performance significa que el usuario recibe un mensaje enviado por otro usuario lo más rápido posible. Dichos usuarios desean lograr alta performance, es decir, poder enviar tanta información por unidad de tiempo como sea posible, de lo contrario, hay una probabilidad de que sus paquetes de datos se pierdan.

Buena performance significa algo diferente para el operador de la red. El está interesado en la optimización del rendimiento total del sistema por razones de eficiencia y también en obtener reglas para el dimensionado de la red. Además, un operador de red debe garantizar una cierta calidad de servicios a los usuarios. Un primer método para la evaluación de performance es adquirir un sistema instalado ó red y medir su rendimiento en situaciones realistas. Sin embargo, este método es muy caro, especialmente para redes grandes. Sería deseable tener la información acerca de la performance antes de adquirir una red. Estas desventajas pueden ser evitadas usando una simulación, donde un modelo del sistema es implementado como un programa de computador. En este programa, los mensajes enviados por los usuarios son generados estadísticamente y pasados a su destino de acuerdo al protocolo de la red. Es posible medir el valor teórico durante la simulación.

Un análisis matemático proporciona fórmulas y algoritmos con los cuales el rendimiento teórico puede medirse directamente. No todas las partes de un sistema FDDI tienen la misma influencia en su performance. La influencia del medio está dado por su tamaño y velocidad de transmisión. En funcionamiento normal del sistema el comportamiento del rendimiento de una estación FDDI está principalmente determinado por el control de acceso al medio. El control de acceso al medio de un sistema FDDI es manejado de acuerdo al protocolo de paso testigo temporizado. Desafortunadamente, la performance de la interface por encima de la segunda capa no está totalmente disponible al usuario, puesto que las capas superiores no siendo parte de la norma FDDI pueden deteriorar la performance. De este modo, es posible obtener algunos criterios para la comparación con otros sistemas. En el anexo [2] se observa las limitaciones de rendimiento para tráfico síncrono y asíncrono.

V. CABLEADO DE FIBRA OPTICA DE COMUNICACION DE DATOS

Uno de los criterios importantes definidos para el diseño de la red es que en la Ciudad Universitaria y en el Jardín Botánico se utilizó un sistema de cableado estructurado de fibra óptica basada en la norma EIA/TIA 568. Así mismo, este cableado brinda flexibilidad y conectividad para integrarse a futuros requerimientos de video e imagen. Esto quiere decir que soportará transmisiones de datos de 100 Mbps y migrar a futuras tecnologías ATM.

Para determinar la ubicación de los nodos de la red se aplicó los siguientes criterios: facilidad de control y mantenimiento de la red, gestión de red, seguridad de los equipos y optimización de los costos del cableado. Esto llevó a considerar 5 nodos principales en la Ciudad Universitaria.

- NODO A* : Lab. Ingeniería Electrónica (Of. 301).
- NODO B* : Fac. Química e Ing. Química (Of. 208).
- NODO C* : Fac. CC. Económicas (Of. Centro de Cómputo).
- NODO D* : Fac. Ingeniería Electrónica (Biblioteca).
- NODO E* : Fac. Odontología (Of. Informática).

Los nodos remotos que forma parte de la red son :

- NODO F* : Facultad de Medicina Humana (Of. Informática).
NODO G : Fac. de Medicina Veterinaria (Tecnología Educativa).
NODO H : Edificio Kennedy (Of. 303).
NODO I : Museo de Historia Natural.
NODO J : Biblioteca Central - UNMSM.
NODO K : Oficina General de Admisión - Miraflores.

Los nodos secundarios en la Ciudad Universitaria y Jardín Botánico se conecta a los nodos principales y están definidos de la siguiente manera :

FACULTADES	CODIGO	UBICACIÓN
Fac. Ing. Industrial	A1	Of. 101, E.A.P. Ing. Industrial.
Fac. CC. Matemáticas	A2	Lab.de Desarrollo
Fac. CC. Físicas	A3	Of. Decanato (104) 1° Piso.
Fac. CC. Biológicas	A4	Of. Informática 214-B.
Fac. Geología	B1	Of. Dirección de Escuela (202).
E.A.P. Ing. Metalurgia	B2	Of. Secretaría E.A.P. Metalurgia 2° Piso.
Fac. CC. Administrativas	C1	Of. Centro de Cómputo 4° Piso.
Fac. CC. Contables	C2	Of. Dirección Académica 1° Piso.
Fac. CC. Sociales	C3	Of. Secretaría Administrativa 1° Piso.
Fac. Derecho y CC. Políticas	C4	Informática, Sótano.
Fac. Letras	D1	Of. Telemática 126, 1° Piso.
Fac. Educación	D2	Of. Informática, 2° Piso.
Fac. Psicología	D3	Of. Informática, 3° Piso.
Instituto Medicina Tropical	E1	Of. Correo Electrónico, 1° Piso.
E.A.P. Ingeniería Geográfica	E2	Of. Informática, 2° Piso.
Fac. Medicina Humana	F	Of. Informática, 1° Piso.
Fac. Farmacia	F1	Of. Secretaría Administrativa, 2° Piso.
Med. Preventiva y Salud Pública	F2	Of. Dpto. Medicina Preventiva y Salud Pública.
Biblioteca Central	F3	Of. Biblioteca, 4° Piso.
Instituto Bioquímica y Nutrición	F4	Of. Laboratorio de Bioquímica, 3° Piso.
Departamento de Fisiología	F5	Of. Dpto. de Fisiología, 1° Piso.

Las características del cable de 12 y 8 hilos de fibra óptica con un diámetro de 62.5/125 μm son:

- Máxima atenuación de 3.75 dB/Km para 800 nm.
- Máxima atenuación de 1.5 dB/Km para 1,300 nm;
- Mínimo ancho de banda 160 MHz/Km;
- Cable de fibra óptica autosoportada.

En todos los nodos principales y secundarios se deberá instalar un rack metálico para la seguridad y soporte de los paneles de distribución. Para ver el enlace de cableado con sus respectivos nodos principales y secundarios, ver figura 6.

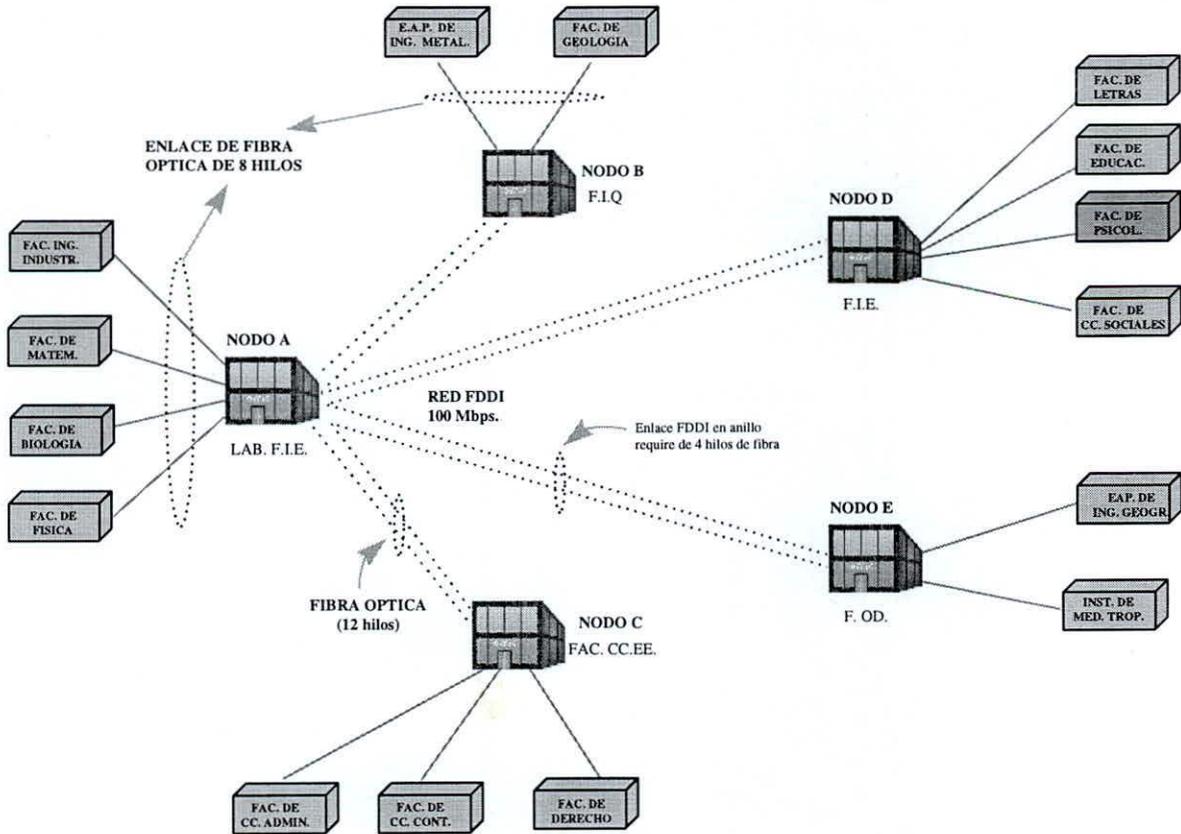


Figura 6. Cableado enlace secundario - switch ethernet.

VI. SISTEMA DE DUCTOS

En el cableado exterior de las oficinas se utilizarán ductos de PVC/SAP como protección a los cables de fibra óptica. Para el cableado interior se usaron canaletas, éstas son ductos diseñados para contener cables de energía y de comunicaciones, adosados a la superficie de la pared, de acuerdo a la ruta determinada para los puntos de servicio. Además, estas canaletas son de plástico, resistentes al impacto y una de las caras removible.

VII. SISTEMA DE ALIMENTACION ELECTRICA Y SISTEMA DE TIERRA EN LOS NODOS PRINCIPALES Y SECUNDARIOS

En todos los nodos principales y secundarios se instalaron los equipos de comunicación para enlazar la red de datos. Es en razón a ello de que en cada punto se instaló una caja termomagnética adosada a la pared. El tablero deberá soportar la alimentación de los equipos de comunicación y servidores que se conecten a dicho nodo y con un estimado adicional de 25 terminales (PC usuario). Cada nodo principal y cada nodo secundario deberá contar con un sistema de puesta a tierra que cumpla con una resistividad menor a 8 ohmios, en relación con la carga estimada.

VIII. EQUIPOS DE COMUNICACION EN LOS NODOS PRINCIPALES

- ◆ Un concentrador FDDI para el nodo principal "A" con las siguientes características mínimas:
 - Modular
 - 9 Puertos FDDI SC SAS.
 - 8 Puertos 10 Base FL.
 - Administración SNMP.
 - Soporte de módulos ATM (a futuro).
 - Alimentación 220V/60 Hz.

- ◆ Cinco Switch para los nodos B, C, D, E, F, con las siguientes características mínimas :
 - 1 Puerto FDDI.
 - 8 Puertos Ethernet de Fibra Optica.
 - Soportar Tecnologías: FDDI, FAST ETHERNET, y ATM a futuro.
 - Capacidad de Conmutación Ethernet a FDDI.
 - Capacidad de Administración SNMP.
 - Capacidad en de ruteo interno IP.
 - Alimentación 220V/60 Hz.

- ◆ Treintún concentradores para los nodos principales y secundarios con las siguientes características mínimas:
 - 20 Puertos RJ45-UTP.
 - 01 Puerto de Fibra Optica (ST).
 - Soporte para Transceiver externos (AUI, BNC, ST).
 - Capacidad para apilamiento.
 - Capacidad de administración SNMP opcional.
 - Alimentación 220V/60 Hz.

- ◆ Un ruteador central (Nodo "A") con las siguientes características mínimas :
 - 01 Puerto LAN y 08 WAN.
 - Capacidad modular.
 - Protocolos de ruteo: IP, IPX.
 - Capacidad de funcionar como brigde.
 - Capacidad de puertos FDDI.
 - Interfaces V35 (todos).
 - Administrable bajo SNMP.
 - Alimentación 220V/60 Hz.

- ◆ Seis ruteadores remotos con las siguientes características mínimas :
 - 01 Puerto LAN y 01 WAN.
 - Protocolos WAN, PPP.
 - Protocolos Ruteados IP, IPX.
 - Capacidad de funcionar como brigde.
 - Interfaces V35.
 - Soporte de compresión de datos.
 - Velocidad de operación de 4.8 Kbps - 256 Kbps de acuerdo a los requerimientos de comunicación.
 - Administrable bajo SNMP.
 - Alimentación 220V/60 Hz.

- ◆ Nueve Fuentes de Alimentación (UPS) con las siguientes características mínimas :
 - Voltaje de entrada/salida 220V/60 Hz.
 - Capacidad de autonomía mínima de 10 minutos.
 - De preferencia de tecnología ferroresonante.
 - Potencia de acuerdo a los equipos instalados en cada nodo.
 - Mensaje de alarma.
 - Alimentación 220V /60 Hz.

IX. SOFTWARE PARA LA RED DE DATOS

El software a instalarse en la red de datos deberá ser estándar y deberá servir como plataforma de base para aplicaciones posteriores que se vayan implementando.

Software de Administración de la Red.

Deberá trabajar sobre plataformas UNIX.

Múltiple Capacidad para monitorear, configurar y corregir problemas en todos los equipos de la red. Mostrar la utilización de los puertos, así como estadísticas de errores. Comparación entre niveles umbral o puntos críticos, etc.

Debe ser capaz de descubrir, mapear y monitorear todos los recursos de la red TCP/IP en forma dinámica. Cualquier cambio en la red deberá ser actualizado en forma automática.

Brindar una capacidad administrativa de operación continua.

Software de Correo (150 usuarios).

Soporte de protocolo SMTP para integración con el correo a Internet.

El sistema de correo deberá trabajar en arquitectura cliente-servidor permitiendo conectividad de usuarios simultáneos tanto locales como remotos (Internet).

Soporte de usuarios DOS, Windows, OS2, Windows 95 y usuarios remotos.

Software de Internet.

Debe proveer soporte para protocolos Http, FTP y Gopher.

Soporte para Windows NT o UNIX.

Implementación completa de TCP/IP y sus respectivas herramientas.

Soporte de todos los navegadores estándares de la industria como Mosaic, Netscape, etc.

Software de Sistema Operativo (10).

Soporte de TCP/IP.

Posea utilidades de Administración.

Conectividad con múltiples plataformas.

Soporte de cliente DOS, Windows, Windows 95, OS2, UNIX y Macintosh.

Arquitectura escalable.

Multitarea 32 bits.

Licencias para Usuarios (150)

Ambiente Windows de 32 bits.

Herramientas para automatización de oficinas (hoja de cálculo, procesador de textos, generador de

presentaciones, agenda electrónica en ambiente Windows).

X. SERVIDORES DE CORREO Y ACCESO A INTERNET

Un Servidor Principal para interconexión a Internet, con las siguientes características mínimas:

- Procesador de tecnología RISC de 64 bits.
- Memoria RAM 64 Mb y expandible a 1 Gb.
- Bus I/O estándar : PCI.
- Interface para conexión a red PCI Ethernet (IEEE 802.3).
- Sistema Operativo : Windows NT o compatible.
- Floppy Drive 1.44 Mb.
- CD ROM, 640 Mb.
- HD, 8 Gb.
- Alimentación 220V/60 Hz.

◆ Nueve Servidores de Correo que proveerán los servicios de correo electrónico (3 en la C.U. y 1 en cada nodo remoto) con las siguientes características mínimas :

- Procesador Pentium 90 MHz, Upgrade.
- RAM 32 Mb y expandible a 128 Mb.
- Controladora PCI SCSI-II.
- Floppy Drive, 1.444 Mb.
- Monitor SVGA Color.
- HD, de 2 Gb.
- Tarjeta de red PCI FDDI.
- Alimentación 220V/60 Hz.

En consecuencia como presentación gráfica del enlace de los equipos ubicados en la Red de Campus de la C.U. se puede observar en la figura 7.

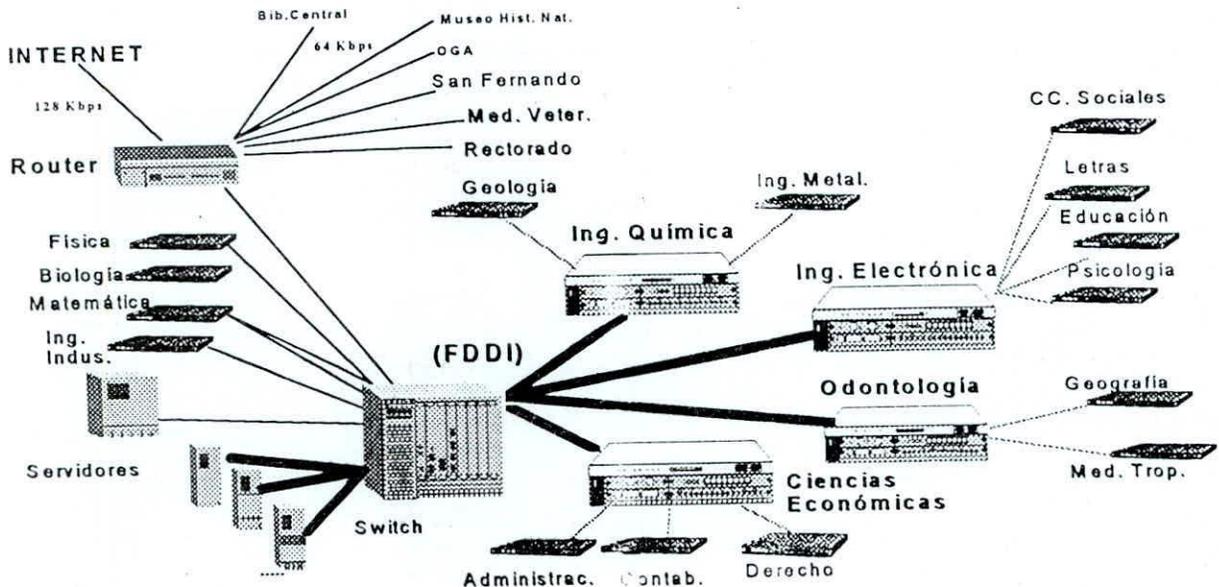


Figura 7. Campus Universitario.

Por otra parte para la conexión a INTERNET de la red de datos se realizó utilizando los servicios de Telefónica S.A., mediante la Tecnología Frame Relay por su ventaja económica; y la velocidad requerida en función de la demanda y el número de estaciones conectadas a la Red. Ver figura 8.

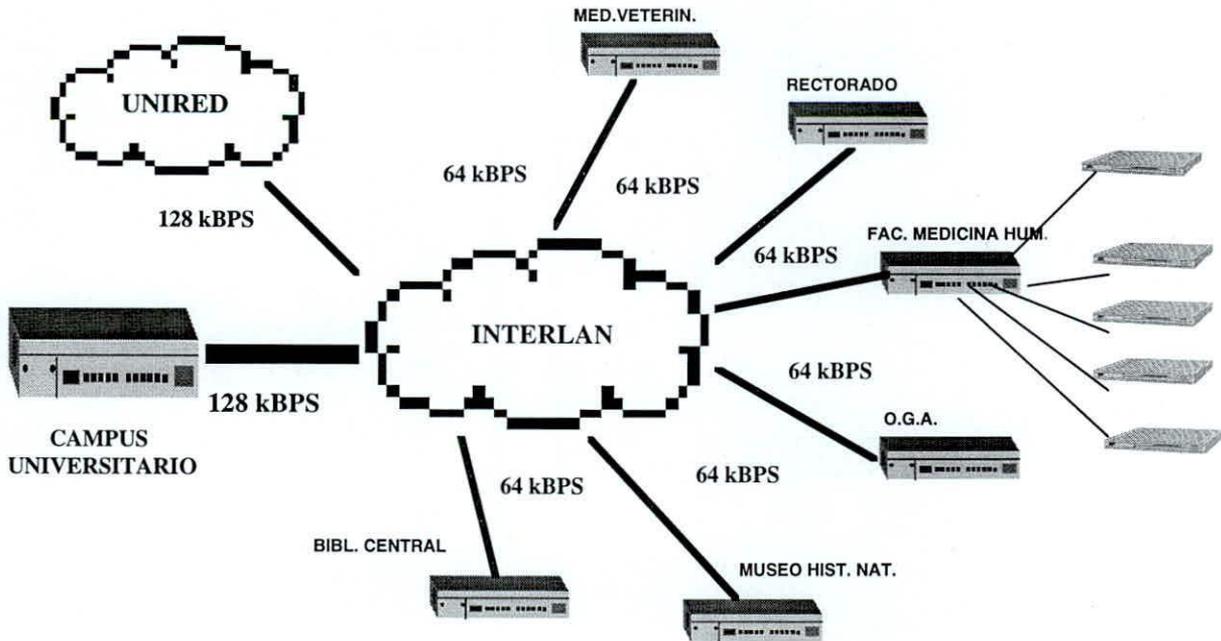


Figura 8. Diagrama de interconexión de locales remotos.

XI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Red de Datos de Fibra Optica está planificada para un crecimiento de manera estructurada.

El rendimiento máximo asíncrono disminuye con el incremento de la carga asíncrona.

Para sistemas grandes como es el caso de la Universidad, el rendimiento máximo asíncrono es prácticamente independiente del número de estaciones.

En condiciones de carga ligera (bajo tráfico), los efectos de las prioridades son despreciables y en condiciones de sobrecarga (alto tráfico), solamente paquetes de alta prioridad pueden ser transmitidos.

La red ha sido diseñada bajo estándares internacionales EIA/TIA 568.

La relación performance/costo es óptimo.

El crecimiento de los equipos será modular y planificado.

La red es flexible a los cambios de las futuras tendencias tecnológicas.

Facilidad para el control, monitoreo y administración de la red.

Para la conexión a Internet se recomienda utilizar la tecnología Frame Relay por ser más económico. La velocidad inicial de conexión a Internet se recomienda a 128 Kbps y a 64 Kbps para los nodos remotos.

Estas velocidades se incrementarán dependiendo de la demanda y crecimiento de las estaciones conectadas a la red.

RECONOCIMIENTO

Los autores reconocen la colaboración de los profesores de la Facultad, al Ing. Jaime Luyo Kuong (Decano) por su apoyo en la parte de gestión del proyecto, al Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Electrónica por la infraestructura facilitada, al Ingeniero Andrew Norton (Fullbright) por sus opiniones técnicas favorables referente al proyecto; a la señorita Rocío Padilla por su dedicación y entrega en la elaboración, digitación y dibujo.

Mención aparte al Dr. Manuel Paredes Manrique (Rector UNMSM) por la confianza depositada para la culminación del estudio y ejecución del proyecto.

XII. REFERENCIAS

- ANSI/IEEE Standar 802.5 "Token Ring Access Method and Physical Layer Specifications", 1985.
 ANSI X39.5, "FDDI Hybrid Ring Control", Draft Proposed American National Standard.
 ANSI Standard X3T9.5, "FDDI Token Ring Media Access Control", 1988.
 Andrews S. Tanenbaum, "Redes de Ordenadores", 2da. Edición, Prentice-Hall, 1991.
 D. Dykeman and W. Bux, "An Investigation of the FDDI Media-Access Control Protocol", in Proc. EFOC/LAN 87, Basel, Swizerland, June 1987, pp. 229-236.
 F. E. Ross "FDDI : Fiber Distributed Data Interfase". IEEE J. Selec. Commu., Sept. 1985.
 M.J. Jhonson, "Fairness and Channel Access for Non Time Critical Traffic using the FDDI Token Ring Protocol", in Proc. Real Time LAN's 86, Bandol, 1986.
 M.M. Nasschi, "CRMA : An Access Scheme for High-Speed LANS and MANS" Supercom/ICC 90 April 16-19, 1990.
 Nestor González Saenz, "Comunicaciones y Redes de Procesamiento de Datos", McGraw-Hill, 1987.
 P. Zafiropulo, "On LANS and MANS : An Evolution from Mbit/s to Gbit/s", EFOC/LAN, June 27-29, Munich, 1990.
 R. M. Grow, "FDDI Follow On Status", in Proc. 15th Conference on Local Computer Network, Mineapolis, Oct. 1990.
 Thomas Schutt, Optical Fiber Systems and Networks, Europace.

ANEXO [1]

NORMAS INTERNACIONALES

- ANSI* : Organización de Normalización.
Instituto Nacional Americana de Normas.
- ISO* : ISO es miembro de CCITT.
Organización Internacional de Normalización con sede en Ginebra, Suiza; desarrolló el modelo de referencia OSI.
- FDDI* : Es un anillo con paso testigo y contador de vueltas con velocidad de transferencia de 100 Mbps.
- IEEE 802.3* (Ethernet) 10 Mbps.
- IEEE 802.4* (Ducto Marca y PAM) 10 Mbps.
- IEEE 802.5* (Anillo paso de testigo) 4 Mbps.
- CCITT* : Comité Consultivo Internacional para Telefonía y Telegrafía.
- IEEE* : Asociación Profesionales : Sus normas se concentran en LAN's.
- EIA* : Electronics Industries Association acreditada por ANSI.
Desarrolla variedad de normas :
■ Cable conexión clavija RS232C.
■ Cable conexión clavija RS449.
- ECSA* : Exchange Standards Association.
El Comité T-1 tomado por representantes de la industria de las telecomunicaciones, de comunicación y usuarios.
- COS* : Corporation for Open Systems.
Monitorea las normas ISA y la de ISDN puede desarrollar normas para la implementación de la capa 7 del modelo OSI.
- CCITTX.nn*: Conexión del equipo digital a una red pública de datos en la que se utiliza señalización digital x.1,, x.29, x.32, x.75, x.121.
- CCITTV.nn*: Conexión del equipo digital a un sistema telefónico público en el que se utiliza digitalización analógica.

ANEXO [2]

$$\text{MIN [TRT]} = \text{RD} = \text{RL.FD} + N * \text{SL} / \text{B}_{\text{SIS}}$$

$$\text{MAX [TRT]} \leq 2 * \text{TTRT}$$

TRT : Tiempo de rotación del paso testigo.

TTRT : Tiempo de rotación fijado para las N estaciones del anillo.

RD : Tiempo de rotación del anillo (us).

FD : Retardo de la Fibra (5 $\mu\text{s}/\text{Km}$).

N : Número de estaciones.

B_{SIS} : Ancho de banda del sistema (100 Mbps).

Γ_i : Rendimiento individual (tráfico por estación).

Γ : Rendimiento total (tráfico total).

Tiempo del servicio de la estación síncrona :

$$S_i \leq T_{\text{SYN}, i}$$

$$\sum S_i \leq \sum T_{\text{SYN}, i} \leq \text{TTRT} - \tau_{\text{SYN}}$$

El rendimiento síncrono será :

$$\Gamma_s = \sum S_i / \text{TRT}$$

$$\Gamma_s = 1 - \tau_{\text{SYN}} / \text{TRT}$$

El máximo rendimiento asíncrono :

$$\Gamma_A = \sum A_i / \text{TRT}$$

$$\Gamma_A \leq \frac{1 - \Gamma_s - \text{RD}/\text{TTRT}}{1 + \text{RD}/(N * \text{TTRT})}$$

$$\Gamma_s \leq 1 - \tau_{\text{SYN}} / \text{TTRT}$$

El rendimiento total :

$$\Gamma \leq \Gamma_A + \Gamma_s \leq 1 - \text{RD}/\text{TTRT}$$