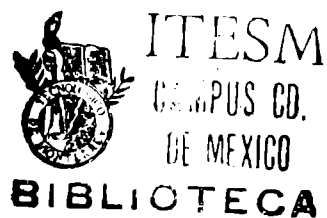


INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY  
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE TELECOMUNICACIONES  
ESCUELA DE GRADUADOS EN INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
CAMPUS CIUDAD DE MÉXICO.



*PROPUESTA DE IMPLANTACIÓN DE RED WAN BASADA EN TECNOLOGÍA  
ETHERNET EL CASO DEL ITESM*

TESIS



Presentada por

Ing. Gabriel Jiménez Orozco.

Dr. José Ramón Álvarez Bada  
Asesor

Marzo del 2004



**Instituto Tecnológico de Estudios  
Superiores de Monterrey  
Campus Ciudad de México  
Escuela de Graduados en Ingeniería y Administración  
  
Maestría en Administración De Telecomunicaciones**

**“PROPUESTA DE IMPLANTACIÓN DE RED WAN BASADA EN  
TECNOLOGÍA ETHERNET, EL CASO DEL ITESM”**

**Autor: Gabriel Jiménez Orozco**



**Asesor: Dr. José Ramón Álvarez Bada**

**México D.F., Marzo del 2004**

***PROPUESTA DE IMPLANTACIÓN DE RED WAN BASADA EN TECNOLOGÍA  
ETHERNET EL CASO DEL ITESM***

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO  
MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN DE LAS TELECOMUNICACIONES**

por

Gabriel Jiménez Orozco

México DF. Marzo de 2004

## RESUMEN

El desarrollo que la tecnología Ethernet ha tenido a lo largo de 30 años desde su creación, ha resistido a competidores como FDDI, Token Ring, y ATM (Lan Emulation). El predominio que tiene Ethernet en diferentes velocidades (10, 100, 1,000 y 10,000 Mbps) dentro de las redes locales en las empresas, ha generado en las empresas de tecnología de redes la necesidad de cuestionarse si Ethernet podría ser la tecnología dominante en WAN, desplazando a tecnologías tan robustas como PPP, Frame Relay y ATM.

A través de este trabajo se presenta la evolución que Ethernet y el entorno de comunicaciones a nivel WAN han tenido como tecnologías. Se revisa el estado actual de los proveedores de comunicaciones, poniendo foco en el mercado mexicano que es donde se desarrolla el caso.

Posteriormente se revisa la situación del ITESM como una institución educativa y su compromiso con la vanguardia tecnológica, su infraestructura actual y la propuesta de un nuevo esquema de comunicaciones para mantener la punta tecnológica y la competitividad en el mercado mexicano

Si bien la tecnología Ethernet en redes MAN y WAN es un servicio ya establecido en países desarrollados, en México enfrenta el reto de probar ser una tecnología que puede dar a los proveedores de telecomunicaciones nuevas ofertas de servicios, manteniendo la rentabilidad, y abriendo una nueva era de servicios de alta velocidad..... Disfruten su contenido

## TABLA DE CONTENIDO

Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Resumen	v
Índice de tablas	vii
Índice de ilustraciones	viii
Introducción	1
Capítulo 1 Ethernet y las telecomunicaciones	2
1.1 Historia de Ethernet	2
1.2 Ethernet y WAN	6
1.3 Conclusión	14
Capítulo 2 Situación actual de los proveedores de servicios WAN	15
2.1 Entorno de las empresas de telecomunicaciones	15
2.2 Infraestructura	17
2.3 Servicios	23
2.4 Limitaciones	24
2.5 Conclusión	28
Capítulo 3 Estructura de red del ITESM	29
3.1 El ITESM	29
3.2 Diseño conceptual de la estructura de red	30
3.3 Redes locales (LAN)	30
3.4 Conexiones entre campus (WAN)	34
3.5 Costos de operación de la red WAN actual	35
3.6 Conclusiones	37
Capítulo 4 Propuesta de conexión entre campus del ITESM con Ethernet	38
4.1 Requerimientos del ITESM	38
4.2 Diseño de solución	40
4.3 Análisis de solución	43
4.4 Conclusión	44
Capítulo 5 Prueba Piloto en el ITESM	45
5.1 Objetivos	45
5.2 Estructura del Piloto	45
5.3 Participantes	49
5.4 Criterios de Evaluación	50
Capítulo 6 Conclusiones	51
6.1 Conclusiones	51
6.2 Trabajo futuro	54
Glosario	55
Anexo I	58
Anexo II	63
Bibliografía	74

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Página
2-1	Servicios tradicionales de proveedores de telecomunicaciones	23
3-1	Datos estadísticos del I.T.E.S.M	29
3-2	Gastos de operación de la red VPN del I.T.E.S.M durante el año 2003	36
4-1	Requerimientos del ITESM vs. Tecnologías	39

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura		Página
1-1	Posible segmentación de un circuito SONET OC-3	6
1-2	Estructura de anillo basado en SONET, con conmutación de línea bi-direccional.	7
1-3	Ejemplo de diferentes tipos de tráfico a través de ATM	8
1-4	Ejemplo de circuito punto a punto	9
1-5	Soporte de protocolos alrededor de Ethernet.	10
1-6	Topología delta con tres conmutadores Ethernet	11
1-7 <sup>a</sup>	VLAN 10	11
1-7 <sup>b</sup>	VLAN 20	11
1-8	Ejemplo de entrega de servicio diferenciado con Ethernet	13
2-1	Indicadores financieros de empresas en telecomunicaciones	15
2-2	Indicadores de variación porcentual anual	17
2-3	Diagrama conceptual de la estructura de un proveedor de telecomunicaciones	18
2-4	Cobertura mundial de fibra MCI	19
2-5	Red de comunicaciones de Avantel	20
2-6	Detalle de trayectorias de fibra en el Norte del México	21
2-7	Detalle de trayectorias de fibra en el Sureste de México	22
3-1	Distribución de campus del sistema ITESM	29
3-2	Diagrama físico de red local del campus Ciudad de México	31
3-3	Diagrama físico de red local del campus Ciudad de México	32
3-4	Diagrama físico de red local del campus San Luis Potosí	33
3-5	Diseño conceptual de comunicación entre campus del ITESM	34
3-6	Consumo mensual por proveedor de telecomunicaciones	35
3-7	Consumo total por mes	35
4-1	Propuesta de rediseño de esquema WAN en proveedores de telecomunicaciones	40
4-2	Diagrama de solución propuesta	41
4-3	Fotografía frontal del ONS 15305	41
4-4	Diagrama de la arquitectura del equipo ONS 15305	42
5-1	Diagrama general de red para los campus CCM y CEM	46
5-2	Diagrama de comunicación entre los campus CCM y CEM	47
5-3	Diagrama de solución propuesta	48
6-1	Estimación de crecimiento en servicios MAN basados en Ethernet a nivel mundial	51
6-2	Estimación de crecimiento en líneas de datos de alta capacidad	52

## INTRODUCCIÓN

Ethernet ha alcanzado en los 30 años que lleva de vida, una posición dominante en el mundo de las telecomunicaciones. Actualmente el 90% de las redes locales en el mundo utilizan las diferentes versiones de esta tecnología (Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet), sobre una gran diversidad de medios de transmisión (cobre, fibra, aire). Debido a este dominio en los extremos de las redes, es que ha surgido la visión de un entorno unificado de comunicaciones basado en Ethernet, donde se plantea el establecimiento de Ethernet como el sustituto de las tecnologías tradicionales de WAN (Wide Area Network), como son PPP, Frame Relay, ATM. Esta visión es ya una realidad en términos de equipamiento y soluciones a través de varios países, y en el caso de México está empezando a crear expectativas entre clientes y proveedores de servicios.

Este trabajo pretende mostrar el entorno actual de la tecnología Ethernet en los proveedores de servicios, y aplicar esta tecnología en un caso real. La empresa seleccionada para esta implantación es el ITESM. La decisión de escoger al ITESM se basó en el hecho de que el ITESM busca estar en la punta de la tecnología como parte de sus diferenciadores hacia el mercado de la educación.

En el Capítulo 1 se presenta una introducción de Ethernet y las telecomunicaciones. Se presenta la historia de esta tecnología, y se sientan las bases de Ethernet en la WAN.

En el Capítulo 2 se presenta la situación actual de las empresas de telecomunicaciones en México, mostrando el entorno, su infraestructura, servicios, y limitaciones.

En el Capítulo 3 se presenta al ITESM. Se da una breve introducción sobre esta institución, la infraestructura de comunicaciones que utiliza, y el detalle de sus conexiones LAN y WAN.

En el Capítulo 4 se integran los elementos mencionados en capítulos anteriores, y se presenta una propuesta de comunicaciones para interconectar dos campus del ITESM con tecnología Ethernet.

El Capítulo 5 muestra el planteamiento de una prueba piloto para demostrar la viabilidad técnica y económica de esta solución.

El Capítulo 6 presenta las conclusiones de este trabajo, y fija los compromisos pendientes para la conclusión de este trabajo.



## CAPÍTULO 1. ETHERNET Y LAS TELECOMUNICACIONES.

### 1.1 HISTORIA DE ETHERNET.

#### **1973 – 1982: La creación de Ethernet y el consorcio DIX.**

Ethernet fue originalmente ideado e implementado en los laboratorios de la corporación Xerox en Palo Alto, California, en 1973. El prototipo de laboratorio, desarrollado por el Dr. Robert Metcalfe (considerado en forma general como el padre de Ethernet) operaba a 2.94 Millones de bits por segundo (3 Mbps). Este Ethernet experimental (conocido dentro de Xerox como X-Wire) fue utilizado en algunos productos de Xerox, incluyendo el Xerox Alto, la primera estación de trabajo personal con conexión de red e interfaz gráfica<sup>1</sup> del mundo. Xerox nunca pudo comercializar exitosamente la Alto o la red a 3 Mbps. Ambos permanecieron como tecnologías experimentales, utilizadas casi exclusivamente dentro de Xerox.<sup>2</sup>

En 1979, Xerox y DEC (Digital Equipment Corporation) unieron fuerzas para estandarizar, comercializar y promover la utilización de productos en red usando tecnología Ethernet. Fue una gran unión: Xerox tenía las patentes básicas y la tecnología, y DEC era el proveedor mayor mundial de equipos en red en ese entonces<sup>3</sup>. La compañía Intel Corporation se integró a la alianza a petición de Xerox para proveer guía en la aseguración de la implantación de la tecnología Ethernet a un bajo costo en silicio. El Cartel DEC-Intel-Xerox (DIX) desarrolló y publicó el estándar de una versión Ethernet a 10 Mbps en Septiembre de 1980. [DIX80]El único medio físico soportado en ese momento fue el cable coaxial delgado. En 1982, una segunda revisión del estándar fue publicada, y en ella se hacían pequeños cambios en la señalización e incorporó algunos elementos de administración de la red. [DIX82]

---

<sup>1</sup> La Alto es un equipo conocido por inspirar lo que sería la Apple Macintosh.

<sup>2</sup> Algunas Altos consiguieron salir del laboratorio. Durante la administración del presidente Jimmy Carter, se utilizaron equipos Altos con puertos Ethernet a 3 Mbps dentro de la casa blanca.

<sup>3</sup> IBM era por supuesto el líder en manufactura de computadoras (medido por ganancia total), pero dado que DEC vendía principalmente computadoras menores, su volumen era mayor.

En paralelo con el trabajo de DIX, la IEEE formó el ahora famoso proyecto 802 para proveer un amplio marco de estándares de industria para la estandarización de la tecnología de red de área amplia (LAN). La primera junta se llevó a cabo en Febrero de 1980 en San Francisco, California. Cuando se volvió claro que el comité 802 no podría acordar un estándar común para toda red local (su misión original), el comité se subdividió en varios grupos de trabajo (WG), cada uno con un foco particular en diferentes tecnologías de red local. El grupo de trabajo IEEE 802.3 trabajó en el estándar para redes locales basadas en la tecnología Ethernet. Los grupos de trabajo IEEE 802.4 y 802.5 trabajaron en las tecnologías de Token Bus y Token Ring, respectivamente. [1]

### **1982 – 1990: La tecnología Ethernet de 10 Mbps madura.**

En Junio de 1983, el comité de estándares de la IEEE aprobó el primer estándar IEEE 802.3. Con algunas pequeñas diferencias, esta era la misma tecnología creada por en el estándar DIX. De hecho, gran parte del lenguaje en ambos documentos es idéntico. Durante los 80's (mientras el mercado de Ethernet crecía), el estándar 802.3 fue aumentado con una serie especificaciones de repetidor y una variedad de opciones en el medio físico: cable coaxial (thinner) para conexiones a pc's, fibra óptica para conexiones entre edificios, etc.

La amplia adopción de los sistemas de cableado estructurado usando cableado UTP, cambió la infraestructura de los edificios, dentro de los cuales ya se encontraba Ethernet, pero usando el cable coaxial. Durante los 80's, Ethernet fue implementado mayoritariamente en un esquema de BUS con cable coaxial. Ahora, estos esquemas eran no compatibles con la topología basada en Estrella del cableado estructurado. Viendo la oportunidad la empresa SynOptics Communications (siendo algunos de sus fundadores gente del laboratorio de Xerox que creó Ethernet) desarrolló el mecanismo para transmitir Ethernet sobre cableado de cobre trenzado. El éxito comercial de su producto LattisNet llevó al movimiento que estandarizó esta tecnología. El estándar Ethernet sobre par trenzado (10BASE-T) fue aprobado por la IEEE en Septiembre de 1990 y se convirtió rápidamente en la opción preferida para aplicaciones de oficina.

**1983 – 1997: Implementación de funciones Bridging y Switching.**

Los primeros puentes transparentes de red local fueron desarrollados por DEC durante el inicio de los 80's, con productos comerciales embarcando en 1984. Si bien al inicio estos equipos tenían un bajo rendimiento y precio relativamente alto, eran muy fáciles de configurar y usar y proveían una mejor relación precio / rendimiento que su alternativa en ese momento (los primeros enrutadores). Los puentes se volvieron una herramienta popular para la interconexión de cada vez creciendo número de redes Ethernet. Durante los 80's una gran variedad de empresas nuevas ofrecieron equipos puente. En 1987 se empezó el trabajo en un estándar de industria que permitiera conectar redes a través de puentes de diferentes fabricantes. El resultado fue el estándar IEEE 802.1D en 1990.

En 1991, Kalpana Corporation fue creada para desarrollar y promover una nueva de puente Ethernet, uno que contada con múltiples puertos y pudiera operar a plena capacidad en cada uno de ellos. Vendido como "Conmutador de Red Local (LAN Switch)", estos dispositivos pronto se volvieron populares, no solo para interconectar redes locales, sino para conectar equipo de cómputo de alta capacidad directamente a través del conmutador. Muchas otras compañías se unieron al mercado de conmutadores de red local, haciendo que los precios bajaran rápidamente, mientras que el rendimiento subía.

El uso de conmutadores permitió que el ancho de banda pudiera ser asignado a una computadora (ancho de banda dedicado por puerto), más que ser compartido entre los usuarios finales. Esto eliminó la necesidad de incluir un mecanismo de control de acceso, permitiendo implementar "Full Duplex Ethernet". En 1995, el comité IEEE 802.3 comenzó los trabajos para definir un estándar de operación de "full duplex", produciendo un estándar aprobado en 1997.

**1992 – 1997: Fast Ethernet.**

Con el crecimiento en la capacidad de cómputo y en las necesidades de las aplicaciones, vino un incremento en la capacidad de las redes. El uso de redes locales conmutadas permitió asignar anchos de banda dedicados por puerto, eliminando la necesidad de compartir el tubo con otros. Por supuesto que en una red existen servidores que necesitan

ser compartidos con varias máquinas. Con anchos de banda dedicados, el requerimiento de mayor capacidad en las redes se hizo más crítico.

En 1991-92, la empresa Grand Junction reconoció esta necesidad de puertos de mayor velocidad a la de entonces disponible (10 Mbps), para equipos dedicados (servidores) y creación de estructuras centrales (backbone). En respuesta a esto, creó una versión a mayor velocidad (100 Mbps) que respetaba las características de Ethernet (tipo de trama, control de acceso, etc). Esto probó ser de gran utilidad, y provocó gran actividad en la creación de su correspondiente estándar. El estándar resultante de Fast Ethernet produjo otra ola de productos nuevos basados en este estándar. Este fue el primer incremento de velocidad para Ethernet desde la especificación original DIC hace 15 años.

#### **1996 – 1999: Gigabit Ethernet.**

Menos de un año después de la oficialización del estándar Fast Ethernet, ya se tenían trabajos para Gigabit Ethernet, el cual operaría a 1000 Mbps. Si bien Fast Ethernet había llenado la demanda de mayor ancho de banda, impuso nuevamente presión para aportar mayor ancho de banda en puertos de servidores y conexiones hacia las estructuras centrales.

Gigabit Ethernet evolucionó para cubrir esta nueva necesidad. Numerosas compañías ya contaban con versiones propietarias de productos trabajando a 1000 Mbps. Un grupo de trabajo de IEEE 802.3 fue creado en 1996 para desarrollar un estándar, el cual fue completado y aprobado en 1998.

#### **1999 – Presente: 10 Gigabit Ethernet.**

El trabajo del grupo de trabajo IEEE P802.3ae fue terminado con la aprobación del estándar IEEE 802.3ae en Junio de 2002. [2]

## 1.2 ETHERNET Y LA WAN.

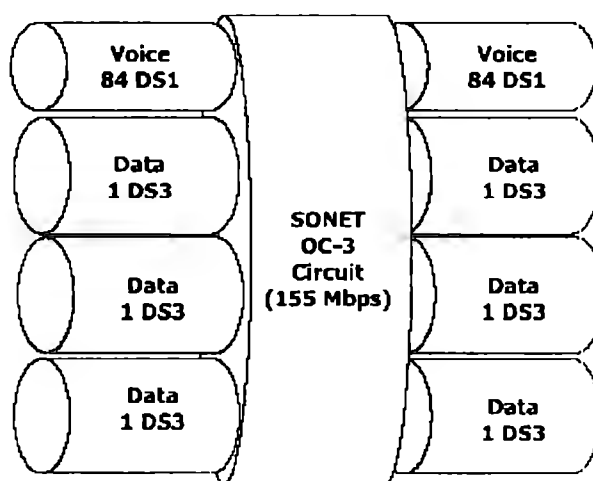
### 1.2.1 SONET y ATM.

Los proveedores de servicios de telecomunicaciones (carriers) a través del mundo, han usado y utilizan las tecnologías SONET y ATM para entregar sus servicios, esto debido a las capacidades que presentan estas tecnologías. Las características principales que han hecho de SONET y ATM las tecnologías de transporte preferidas en WAN, son:

- Conectividad de red en alta velocidad y alta disponibilidad.
- Diferenciación de servicios.
- Operaciones, Administración y Manejo (OAM)

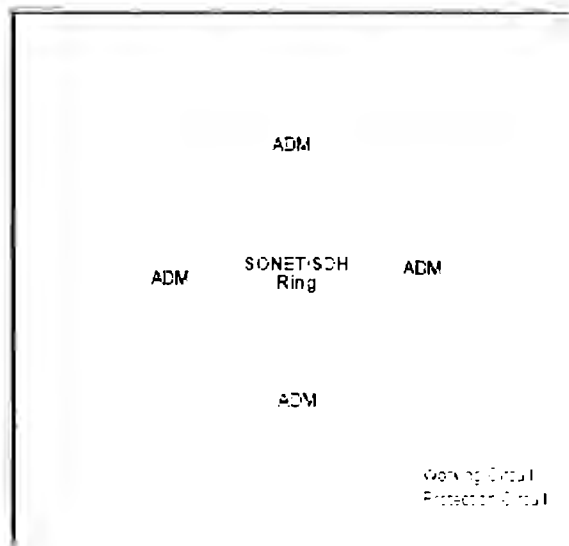
#### 1.2.1.1 SONET – Conectividad de red en alta disponibilidad.

Los proveedores de servicios han instalado SONET dentro de sus estructuras de red, no por su bajo costo, sino debido a su alta velocidad de conectividad y su resistencia a fallas en la red. El ancho de banda en SONET varía desde un STS-1/OC-1 (51.840 Mbps) hasta un STS-768/OC-768 (39.813 Gbps). El ancho de banda puede ser cortado para llevar diversos servicios. Por ejemplo, un circuito OC-3 puede ser utilizado para llevar 84 DS1 (1 DS1 = 1.544 Mbps) para servicios de voz, y 3 DS3 (1 DS3 = 45 Mbps) para servicios de datos, como se muestra en la **Figura 1-1**.



**Figura 1-1** Posible segmentación de un circuito SONET OC-3  
Fuente: [http://www.10gea.org/SP0502NextGenerationWAN\\_Final.pdf](http://www.10gea.org/SP0502NextGenerationWAN_Final.pdf)

Así mismo, los proveedores de servicios de telecomunicaciones utilizan SONET para crear topologías de red basadas en anillos, como se muestra en la **Figura 1-2**. Esto se hace para optimizar la fibra instalada, y crear una red resistente a fallas, a través de técnicas como APS (Automatic Protection Switching).



**Figura 1-2 Estructura de anillo basado en SONET, con conmutación de línea bi-direccional.**  
 Fuente: [http://www.metroethernetforum.org/WP\\_SPBusinessCase\\_Final071403.pdf](http://www.metroethernetforum.org/WP_SPBusinessCase_Final071403.pdf)

APS tiene las siguientes características de alta disponibilidad:

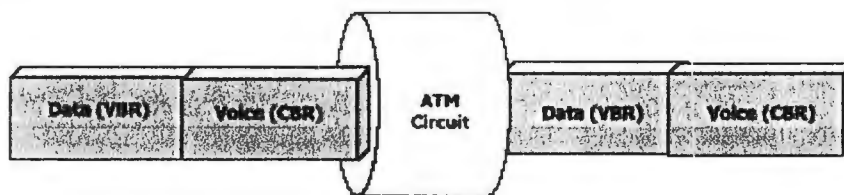
- Tiempo de transición de 50 ms de un enlace principal en falla, a un enlace de respaldo.
- Funcionalidad no reversible 1+1, la cual permite que un enlace primario SONET se mantenga fuera de uso aún cuando este vuelva a estar disponible. Para activar el enlace primario, es necesario que un técnico sobre-escriba manualmente esta capacidad durante períodos programados de mantenimiento. Esta funcionalidad elimina la posible oscilación entre enlaces primarios y secundarios, cuando un enlace primario en falla, vuelve a estar disponible.

### 1.2.1.2 ATM – Diferenciación de Servicios.

Una de las mayores fortalezas de ATM, es su capacidad para diferenciar tipos de tráfico, y entregarlos con diversos niveles de calidad. Por ejemplo, el tráfico de voz y video requieren bajo retardo (Figura 1-3). ATM puede asegurar la entrega para cada servicio, a través de la capa adaptiva (AAL) para cada servicio:

- AAL1 para voz.
- AAL2 para voz y video.
- AAL5 para datos.

AAL1 y 2 son estrictamente orientadas a conexión, mientras que AAL3, 4 y 5 pueden ser establecidos como no orientados a conexión.

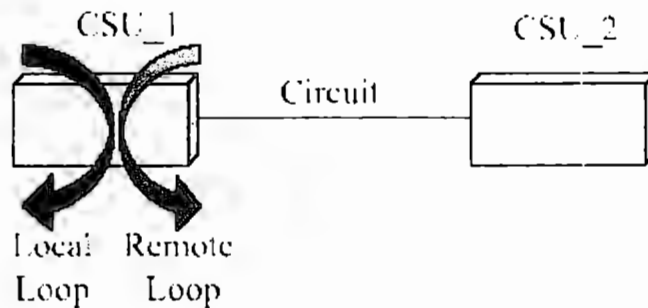


**Figura 1-3 Ejemplo de diferentes tipos de tráfico a través de ATM**  
Fuente: [http://www.10gea.org/SP0502NextGenerationWAN\\_Final.pdf](http://www.10gea.org/SP0502NextGenerationWAN_Final.pdf)

### 1.2.1.3 OAM – Operaciones, Administración y Manejo.

Una de las grandes ventajas de SONET y ATM, son sus capacidades de Operación, Administración y Manejo integradas en cada tecnología. En la Figura 1-4 se muestra un circuito punto a punto, hecho por dos Unidades de Servicio de Portadora (CSU), los cuales pueden ser ADMs de SONET, o conmutadores ATM.

El personal técnico tiene la capacidad de llevar a cabo determinación de problemas y pruebas desde cada lado del equipo CSU (en el caso de la Figura 1-4, se hace desde el CSU\_1). Las pruebas pueden ser realizadas para verificar si están existiendo errores en forma local (usando un corto local), o están siendo generados por el lado remoto (usando un corto remoto).



**Figura 1-4. Ejemplo de circuito punto a punto**  
Fuente: [http://www.10gea.org/SP0502NextGenerationWAN\\_Final.pdf](http://www.10gea.org/SP0502NextGenerationWAN_Final.pdf)

Usando este juego de pruebas integradas, el personal técnico puede fácilmente identificar dónde está ocurriendo el problema, usando la técnica de “divide y vencerás”.

La capacidad de poder contar con información de diagnóstico remoto desde un equipo local, es una parte importante de lo que es OAM. Esto también incluye el poder ver y controlar los equipos CSU desde un sistema de administración remoto, usando un protocolo como SNMP.

SONET y ATM fueron diseñados para incluir información de diagnóstico en su arquitectura. En el caso de SONET, la información de diagnóstico está integrada en cada unidad de información. Para ATM, la información de diagnóstico va en las celdas OAM.

### 1.2.2 Ethernet como una Tecnología de Transporte WAN.

Ethernet es una tecnología que ha madurado a través de 30 años, y ha ido adquiriendo las características que son deseables por los proveedores de servicios de telecomunicaciones para ser empleados en enlaces. Si bien el costo de equipos Ethernet a velocidades de 10 Gbps es muy accesible para los grandes proveedores de servicios, la base instalada de SONET y ATM en el mundo no permite hacer una migración rápida hacia Ethernet puro, y tecnológicamente aún se tienen puntos finos a cubrir para que Ethernet se convierta en la tecnología de transporte común. Sin embargo, Ethernet ha crecido en cuanto a la tecnología propia de su estructura, así como en el soporte de otros protocolos, como se muestra en la **Figura 1-5**



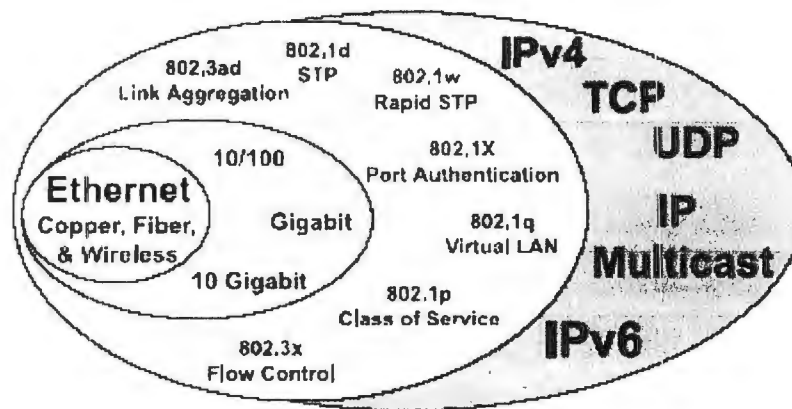


Figura 1-5. Soporte de protocolos alrededor de Ethernet.

Fuente: [http://www.10gea.org/SP0502NextGenerationWAN\\_Final.pdf](http://www.10gea.org/SP0502NextGenerationWAN_Final.pdf)

La estrategia que a nivel mundial están siguiendo los diferentes proveedores de telecomunicaciones, es el despliegue de Ethernet sobre las infraestructuras actuales de SONET/ATM, permitiendo con esto que los proveedores puedan sacar todo el provecho de sus inversiones en equipos SONET/SDH y ATM, y ofreciendo nuevos servicios. Retomando las tres características principales de SONET y ATM mencionadas en la sección 1.2.1, a continuación se describen los estándares que se han desarrollado alrededor de Ethernet para ser una opción viable en el mercado de telecomunicaciones:

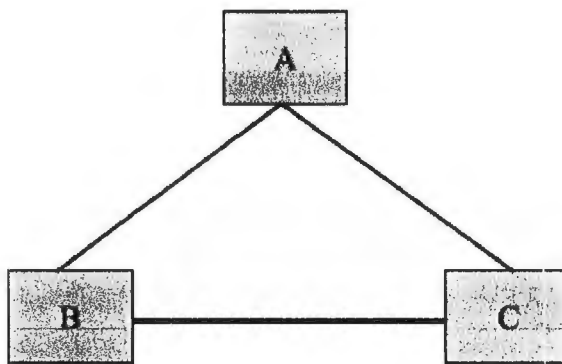
- Conectividad de red a alta velocidad, alta disponibilidad y escalabilidad.
- Diferenciación de servicios basados en 802.1p y 802.1q
- Operación, Administración y Manejo (OAM) para Ethernet.

#### 1.2.2.1 Conectividad de red a alta velocidad, alta disponibilidad y escalabilidad

Ethernet soporta velocidades de 10 Mbps, 100 Mbps, 1 Gbps y 10 Gbps. En capacidades de transmisión, la transmisión half-duplex es soportada en 10, 100 y 1000 Mbps. Por lo tanto, con Ethernet es posible proveer servicios de conectividad en alta velocidad. Adicionalmente a esto, los fabricantes están ofreciendo funcionalidades como "Limitación de transferencia", la cual permite que un proveedor de telecomunicaciones ofrezca servicios con anchos de banda variantes, desde 256 kbps hasta 1 Gbps.

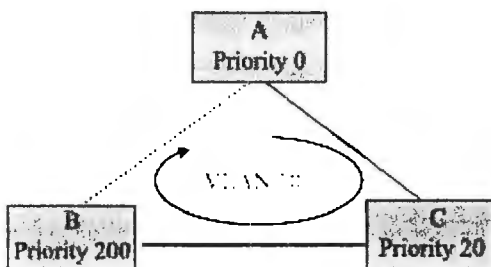
Una de las funcionalidades más críticas que Ethernet ha tenido que desarrollar para competir contra la tecnología SDH, es la rápida respuesta a la falla de un enlace primario.

En el entorno de redes locales, el protocolo 802.1D Spanning Tree ha sido una técnica que ha permitido manejar esquemas de redundancia, con tiempo de respuesta de 10 segundos. Sin embargo, en el entorno de un proveedor de telecomunicaciones, estos tiempos son inaceptables. Para competir contra el tiempo de respuesta de SDH de 50 ms, se desarrolló el estándar 802.1w Rapid Spanning Tree. La **Figura 1-6** muestra un esquema de 3 conmutadores Ethernet en delta, los cuales están a 40 km uno del otro, usando fibra óptica

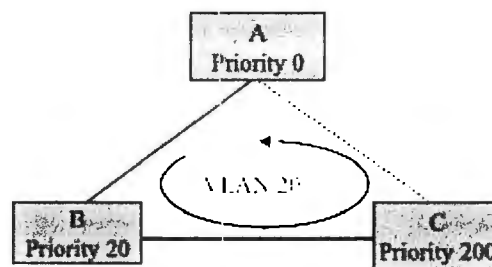


**Figura 1-6. Topología delta con tres conmutadores Ethernet.**

Con 802.1w, los proveedores de telecomunicaciones pueden optimizar completamente la topología de red de la Figura 1-6, a través de crear dos redes virtuales (VLAN). La Figura 1-7a muestra la VLAN 10 con tráfico moviéndose en sentido del reloj, con el segmento B-A como segmento de respaldo, y la Figura 1-7b muestra la VLAN 20, con tráfico en el sentido contrario al reloj, con el segmento C-A como enlace de respaldo.



**Figura 1-7a VLAN 10**



**Figura 1-7b VLAN 20**

Como cualquier protocolo de enrutamiento IP, RSTP tiene facilidades para modificar las propiedades del algoritmo STP y costos de interfaces por VLAN, los cuales permiten hacer la ingeniería necesaria para balancear el tráfico. Adicionalmente, los proveedores de telecomunicaciones pueden asegurar que todos los segmentos de fibra están siendo utilizados.

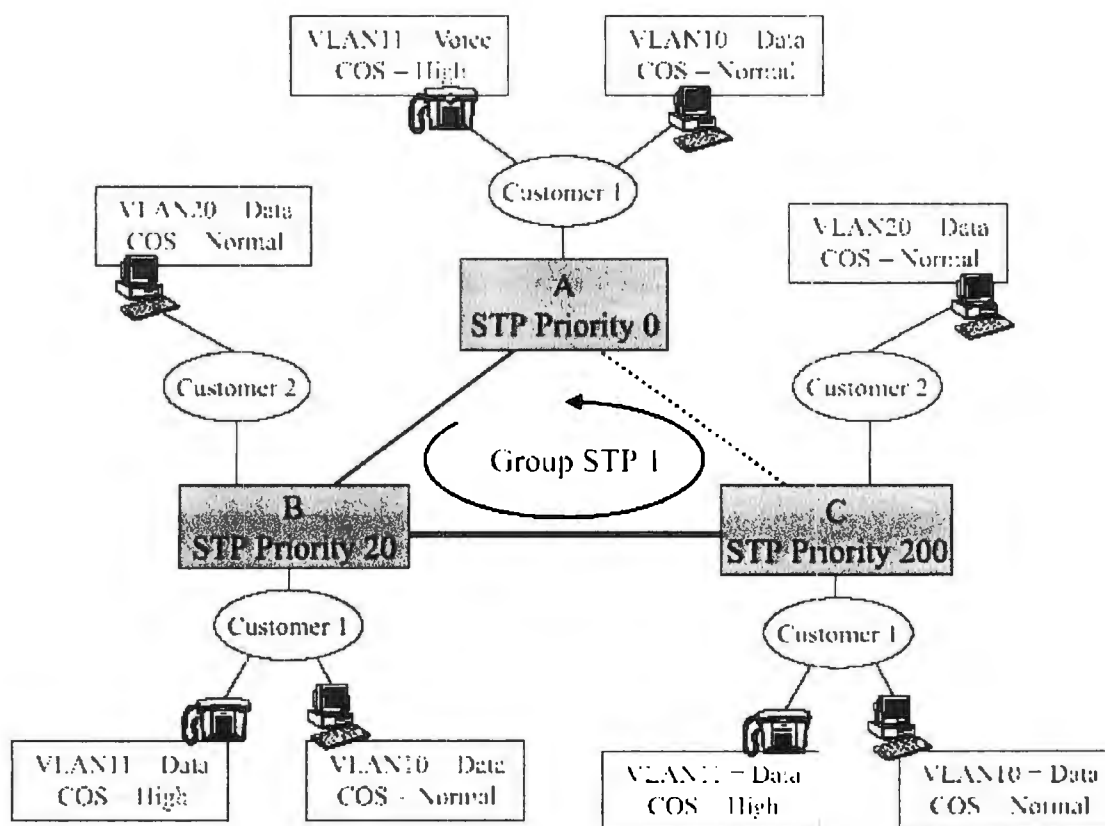
El acoplamiento del protocolo 802.1s con la solución de redes virtuales, les da a los proveedores de telecomunicaciones la capacidad de agrupar las redes virtuales en grupos. 802.11s permite asociar varias VLANs en un grupo, y asociarle una instancia de STP.

### **1.2.2.2 Diferenciación de servicios basados en 802.1p y 802.1q**

En el entorno de Ethernet la calidad de servicio se define en el estándar 802.1p. Con 802.1p y 802.1q, los proveedores de servicios pueden crear ofrecimientos de servicios basados en redes virtuales de alta prioridad, como servicios de voz. La **Figura 1-8** muestra una sencilla topología de red, la cual muestra cómo 802.1p puede ser usado para entregar servicios basados en redes virtuales. En la Figura, el cliente 2 tiene definido un servicio de datos punto a punto, en forma similar a como sería en la tecnología TDM un enlace punto a punto.

A diferencia de un circuito TDM, la conectividad multipunto a multipunto puede ser fácilmente implementada por 802.1q, y aún así entregar diferenciación de servicios con 802.1p. Como se muestra en la **Figura 1-8**, el Cliente 1 tiene tres localidades, y cada una cuenta con servicios de voz y datos. El servicio de voz está asociado con la VLAN 11, la cual tiene un valor CoS alto, para asegurar bajo retardo. Adicionalmente, el servicio de datos multipunto para el Cliente 1 está disponible, y asociado con la VLAN 10.

Si bien el tráfico tanto del Cliente 1 y el Cliente 2 se encuentran en una red compartida, el protocolo 802.1q permite una representación lógica, mientras asegura un alto grado de aislamiento y seguridad.



**Figura 1-8. Ejemplo de entrega de servicio diferenciado con Ethernet.**  
 Fuente: [http://www.10gea.org/SP0502NextGenerationWAN\\_Final.pdf](http://www.10gea.org/SP0502NextGenerationWAN_Final.pdf)

### 1.2.2.3 Operación, Administración y Manejo (OAM) para Ethernet.

La respuesta de Ethernet a las capacidades OAM de SONET/ATM es el Protocolo de Administración de Red Simple (SNMP), el cual es el protocolo de administración de facto en IP, y para la mayoría de los fabricantes de equipos. SNMP, en su versión última que es la 3, ofrece una solución robusta OAM para el manejo de equipamiento basado en Ethernet. SNMP v3 entrega la habilidad de cifrar Unidades de Paquetes de Datos (PDU), asegurando con esto un alto nivel de seguridad para el manejo de redes de equipos.

Las aplicaciones de manejo de red que usan SNMP para aprovisionamiento de servicios y determinación de problemas, están ampliamente disponibles, permitiendo a los proveedores de telecomunicaciones una rápida entrega de servicios.

Adicionalmente, estándares como el RFC 3176 ofrecen una solución para la adquisición de flujos de datos de red. Esta solución permite la contabilidad y cobranza para los

registros de datos de llamadas (CDR) para cualquier flujo de tráfico de red de las capas 2 a la 7 del modelo OSI.

La adquisición del CDR de los flujos de datos entre las capas 2 y 7, le permite a los proveedores de servicios el cobro en base a diversos criterios, como podría ser en base a las aplicaciones que se utilizan (correo, web, etc).

### **1.3 CONCLUSIÓN**

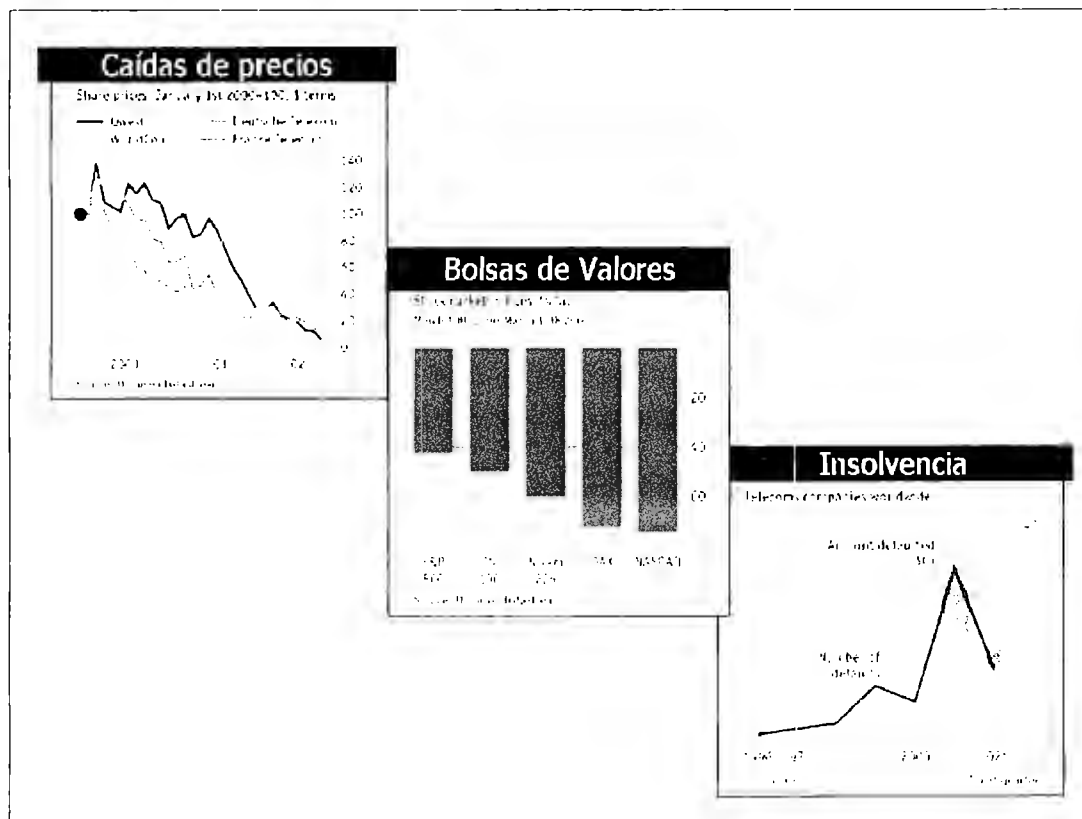
Los elementos expuestos en este capítulo nos muestran una tecnología que ha sobrevivido a muchos competidores, y que ha crecido rodeándose de estándares que en su conjunto, han hecho de Ethernet un sólido contrincante para las tecnologías de telecomunicaciones de enlaces. Con la ratificación del estándar 802.3ae 10 Gigabit Ethernet, Ethernet se pone a la cabeza en la carrera por ofrecer una mayor velocidad de transmisión, además de que ya existen planes para su próximo pariente, 100 Gigabit Ethernet. En términos de demanda de ancho de banda los clientes no están demandando aún estos anchos de banda, pero las características de esta tecnología hacia los proveedores de telecomunicaciones permiten que pueda implementarse con velocidades desde 2 Mbps, e ir creciendo según las necesidades, ofreciendo una solución con velocidades adecuadas al presente, y con crecimiento hacia el futuro.

El siguiente capítulo explora la situación actual de los proveedores de telecomunicaciones en México, desde el punto de vista económico y tecnológico, y se sientan las bases del por qué Ethernet es una solución para ofrecer nuevos servicios.

## CAPÍTULO 2. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS PROVEEDORES DE TELECOMUNICACIONES.

### 2.1 ENTORNO DE LAS EMPRESAS DE TELECOMUNICACIONES.

La situación actual de los proveedores de telecomunicaciones en el mundo, y en particular en México, se puede resumir como el rompimiento de la burbuja. Como se muestra en la **Figura 2-1**, las empresas de telecomunicaciones han tenido una baja significativa en términos económicos y de atractivo para los inversionistas.



**Figura 2-1 Indicadores financieros de empresas en telecomunicaciones.**  
Fuente: [http://www.cofetel.gob.mx/html/5\\_est/indicglob/ingr\\_ind\\_telecom.html](http://www.cofetel.gob.mx/html/5_est/indicglob/ingr_ind_telecom.html)

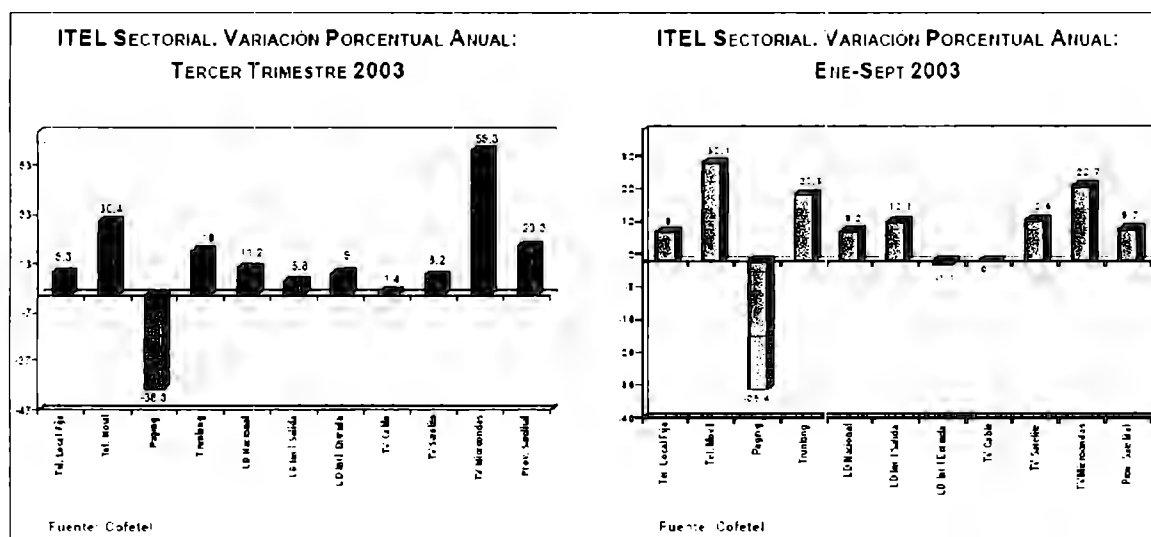
En términos de factores, el entorno mundial presenta las siguientes características:

- **Económicos**
  - Recesión Mundial

- OVUM considera el peor año para las empresas tecnológicas
- El sector móvil estancado en un mercado maduro (EUA y Europa), con 3G bajo severos problemas técnicos (Europa)
- Escándalo de WorldCom, seguido de Global Crossing, KPNQwest e Interoute (Cable & Wireless en la mira)
- France Telecom, la empresa más endeudada del mundo, rescatada por el gobierno (9,000 millones de euros); y Deutsche Telekom récord en pérdidas (24,600 millones de euros)
- **Políticos**
  - Terrorismo: Inseguridad e inestabilidad
  - Reformas estructurales
- **Tecnológicos.**
  - Problemas importantes en los mercados globales, particularmente en América Latina, y en las telecomunicaciones
  - La comunicación móvil sigue creciendo en América Latina
  - La industria satelital en severos problemas
  - Convergencia de las telecomunicaciones, la radiodifusión y las tecnologías de la información
  - Continúa la etapa de ajustes con consolidaciones, fragmentaciones y oportunidades
  - Las Empresas dominantes con recursos para salir fortalecidas
  - México muestra un amplio potencial de desarrollo

En el caso particular de México el 2003 parece haber sido el año que tocó fondo, ya que en el tercer trimestre del 2003 se observaron mejoras en los servicios de telecomunicaciones. El repunte en el sector se debe en buena medida al favorable desempeño de TV Microondas, que registró un crecimiento anual de 59.3% durante el trimestre de análisis. De igual forma, el Tráfico Internacional de Entrada creció 9% anual, la primera tasa positiva de este rubro desde el tercer trimestre del año anterior; por su parte, el tráfico de Larga Distancia Nacional sigue mostrando señales de recuperación al crecer 11.2% con respecto al tercer trimestre de 2002. Asimismo, la telefonía inalámbrica

móvil (Celular y Trunking) mantuvo su patrón de crecimiento: el tráfico de Celular/PCS creció a una tasa de 30.4%, y el número de usuarios de Trunking lo hizo en 18%; el sector de Telefonía Local cerró el periodo en cuestión con un total de 15 millones 862 mil 882 líneas, lo que significa un aumento de 9.3% en relación con el tercer trimestre del año anterior; el Tráfico Internacional de Salida presentó un incremento de 5.8%, cifra menor al 13.2% observado en el trimestre inmediato anterior. Los sectores de TV Vía Satélite (número de suscriptores) y Provisión Satelital (megahertz) finalizaron el tercer trimestre de 2003 con aumentos de 8.2% y 20.3%, respectivamente. La **Figura 2-2** muestra las tasas de cambio en los sectores de telecomunicaciones.

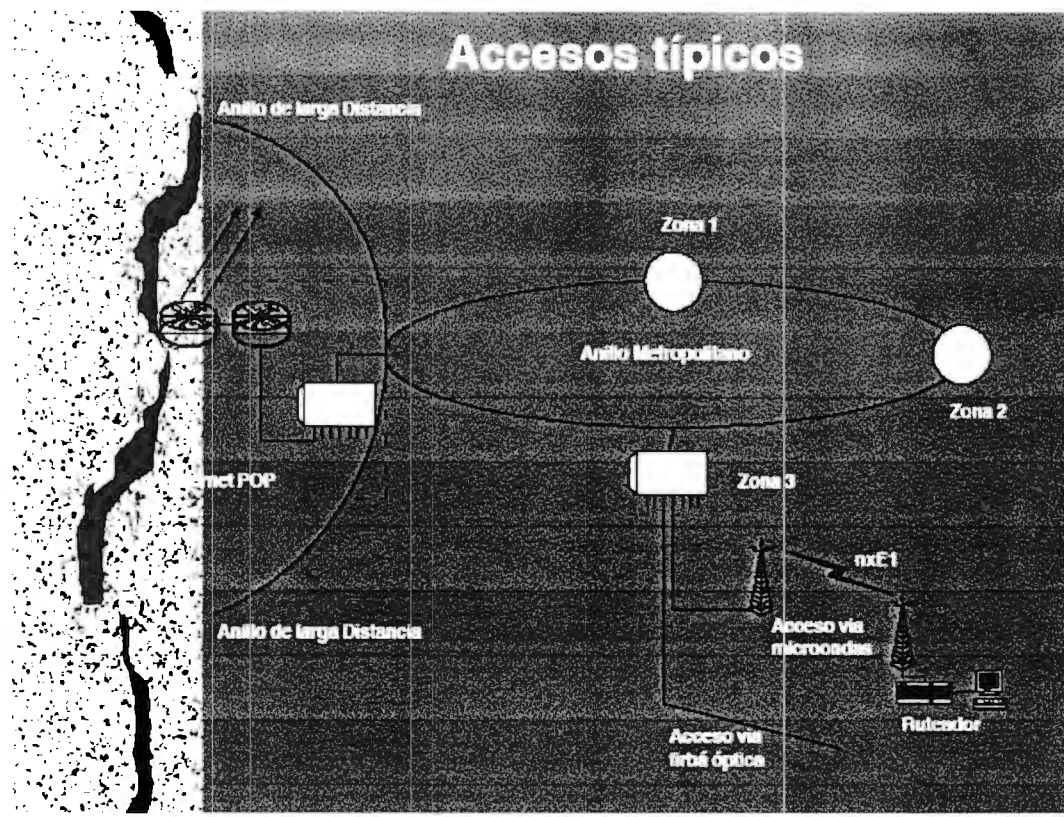


**Figura 2-2** Indicadores de variación porcentual anual  
Fuente: [http://www.cofetel.gob.mx/html/5\\_est/indicglob/ITEL\\_de\\_telecom.html](http://www.cofetel.gob.mx/html/5_est/indicglob/ITEL_de_telecom.html)

## 2.2 INFRAESTRUCTURA

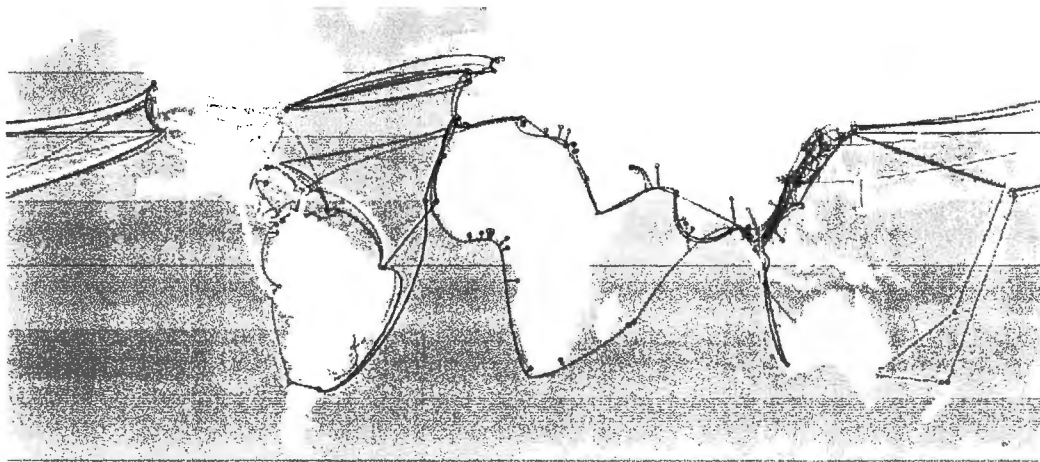
En general, los proveedores de servicios de telecomunicaciones cuentan con estructuras basadas en anillos duales de fibra óptica, los cuales se denominan “Anillos colectores”. Estos anillos “colectan el tráfico de los puntos de presencia (POP), y lo transportan a su lugar de destino. La **Figura 2-3** muestra un diagrama conceptual de la estructura de un proveedor de telecomunicaciones conceptual.





**Figura 2-3 Diagrama conceptual de la estructura de un proveedor de telecomunicaciones**

A nivel de infraestructura, los diferentes proveedores de telecomunicaciones han empleado los últimos 5 años en fortalecer su estructura de cableado óptico. La Figura 2-4 muestra el detalle de fibras ópticas alrededor del mundo, por parte de MCI.



**Figura 2-4 Cobertura mundial de fibra MCI**  
Fuente: <http://global.mci.com/about/network/>

Como esta estructura, existe una gran cantidad de proveedores de telecomunicaciones con estructura similares, lo que en varios casos hace que exista una duplicidad excesiva de cableado. En el caso concreto de México, los 3 grandes jugadores que son Telmex, Alestra y Avantel, han trabajado en crear estructuras propias de Fibra óptica, aunque no con el objetivo de duplicar las capacidades del otro, pero sí poseer una estructura central y puntos de acceso (POP) en puntos clave. La **Figura 2-5** muestra el detalle general de la red del proveedor de servicios de telecomunicaciones, la **Figura 2-6** muestra el detalle de la zona norte, y la **Figura 2-7** muestra el detalle de la zona sureste.

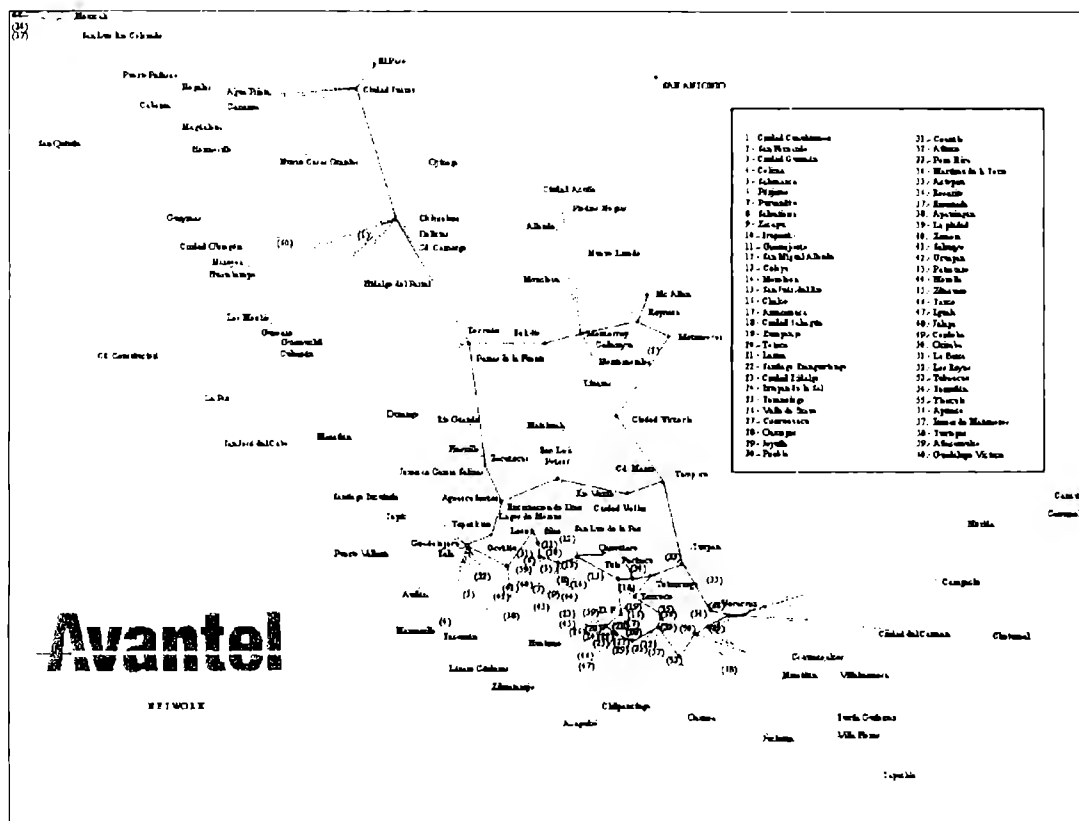
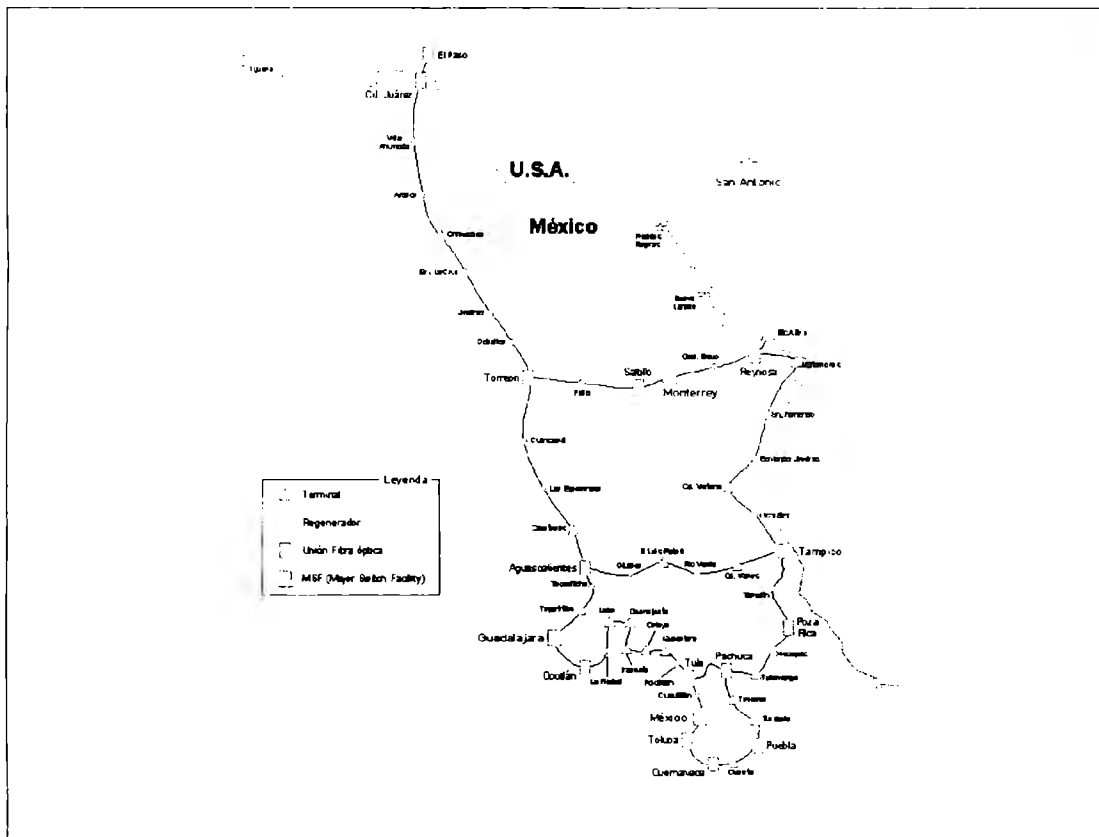


Figura 2-5 Red de comunicaciones de Avantel

Como se aprecia en la **Figura 2-5**, Avantel cuenta con presencia a nivel nacional. Este proveedor de telecomunicaciones ha manejado el uso de Microondas como alternativa al uso de fibra óptica.

La **Figura 2-6** muestra el detalle de las trayectorias de fibra óptica de Avantel, en el Norte de México. Se muestran las 2 salidas hacia Estados Unidos.



**Figura 2-6 Detalle de trayectorias de fibra en el Norte del México**

En el caso de Avantel, la tecnología de transporte usada sobre los enlaces de fibra, es SDH (Synchronous Digital Hierarchy). El diseño de la red de Avantel se basa en tres anillos de fibra del tipo BLSR (Bidirectional Linear Switched Ring), lo cual provee un esquema de rutas alternas completa. En el caso de una contingencia que produzca un corte de fibra óptica en la ruta de servicio, los equipos de transmisión hacen un respaldo inmediato enviando la información en la ruta de respaldo, sin afectar la operación de los usuarios.

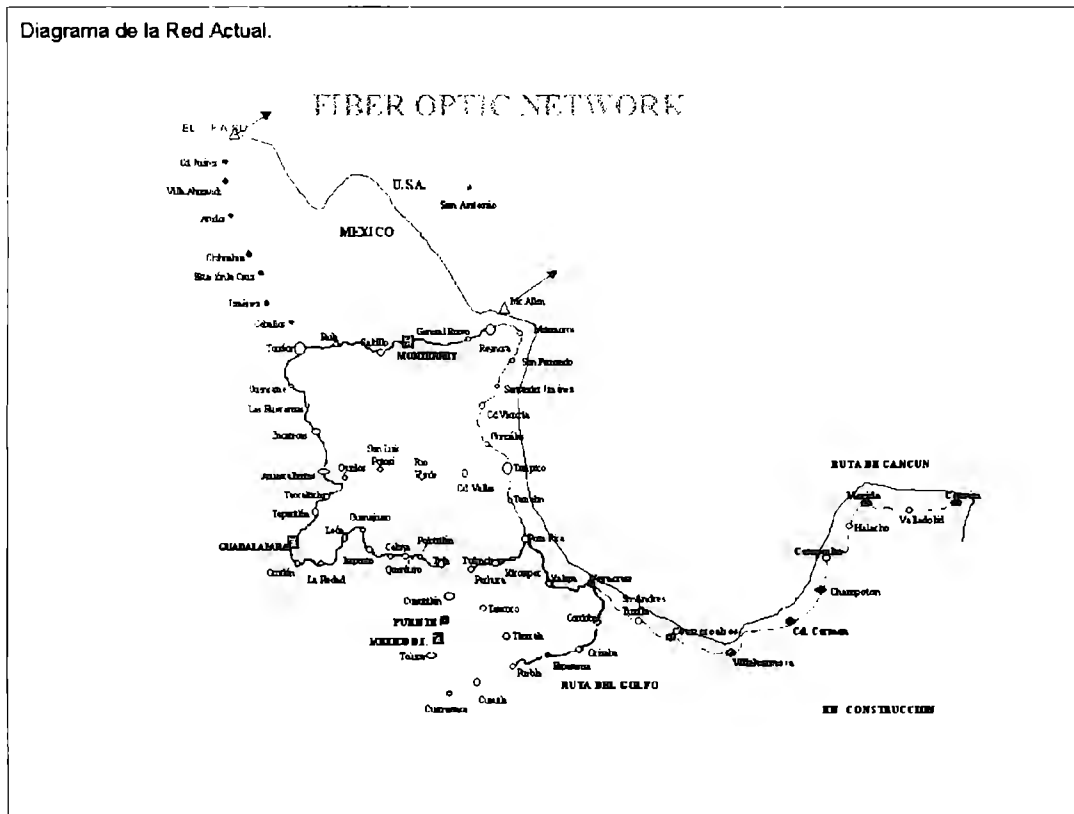


Figura 2-7 Detalle de trayectorias de fibra en el Norte Sureste de México.

### **2.3 SERVICIOS.**

Dentro de la diversidad de servicios que ofrecen actualmente los proveedores de servicios de telecomunicaciones, los comunes entre ellos se muestran en la **Tabla 2-1**.

<b>TELEFONÍA.</b>
Local.
Larga distancia.
1 800
Tarjetas telefónicas.
<b>INTERNET</b>
Servicio corporativo
Acceso remoto VPN
Respaldo en línea
Multimedia
<b>DATOS</b>
Frame relay
Línea privada
Multiservicios IP
VPN acceso remoto
Videconexión

**Tabla 2-1 Servicios tradicionales de proveedores de telecomunicaciones.**

En términos de madurez del servicio, la telefonía es el servicio con mayor tiempo en el mercado, seguido por la transmisión de datos, y el servicio de Internet como el más joven. Debido a lo anterior, la estructura central de los proveedores de telecomunicaciones creció en torno a este servicio, y el tráfico en base a circuitos. Con la creación de los servicios de transmisión de datos, y en concreto el boom de la Internet, esto puso presión en los proveedores de telecomunicaciones para adecuar sus estructuras.

## 2.4 LIMITACIONES.

Para entender las limitaciones que tienen las empresas de telecomunicaciones, es necesario entender cómo han ido evolucionando:

- La existencia de redes de comunicación que permitan a una cantidad considerable de usuarios comunicarse entre sí, es un fenómeno relativamente reciente. Podría decirse que el punto de partida fue, en realidad, la aparición de la primera red telefónica en Estados Unidos, como consecuencia de la invención del teléfono por Alexander Graham Bell. Al desarrollarse dicha red, se dio lugar a un fenómeno que no había sido observado con anterioridad: a medida que se incrementaba el número de usuarios en la red, el valor de dicha red crecía también por sí misma. En otras palabras, la añadidura de cada nuevo usuario trae como consecuencia un incremento en el valor de la red para más usuarios potenciales. Desde el punto de vista de un usuario, el atractivo de suscribir el servicio de una red de comunicación estriba en la capacidad de comunicarse con la mayor cantidad de otros usuarios. A este punto, la idea del valor de la red por el número de usuarios conectados a ella, así como los conceptos de medio y servicio, pueden extrapolarse a otro tipo de redes.
- En un principio, y durante un tiempo relativamente largo, las redes telefónicas públicas fueron totalmente analógicas. Tanto en la última milla (par de cobre que accede al usuario desde la central pública), como la infraestructura de conmutación (centrales telefónicas), utilizaron medios electromecánicos. La aparición de la tecnología digital en los años setenta revolucionó el concepto de telefonía. Este cambio tecnológico trajo consigo la sustitución de casi la totalidad de la base instalada de centrales públicas así como de las troncales (líneas de comunicación entre centrales). Lo que se ha llamado última milla, sin embargo, no ha cambiado. Cada abonado a la red telefónica aún recibe un par de hilos de cobre para proveerle el servicio, y la terminal (el aparato telefónico) es normalmente analógica. La digitalización es entonces efectiva desde el momento en que la línea es conectada en la central pública.

- Los servicios que subsecuentemente aparecieron, como las redes de datos (redes X.25, e Internet), son, por naturaleza, digitales. Tiene entonces sentido pensar que al ser todos los servicios digitales, o en su defecto, susceptibles de ser digitalizados (como la voz), es altamente conveniente utilizar una misma infraestructura de red completamente digital, de manera que todos puedan ser ofrecidos al usuario de manera eficiente. Esta es la idea básica detrás del concepto de redes de servicios integrados. De una idea tan simple y al mismo tiempo tan poderosa, a su realización práctica, existe, sin embargo, un trecho considerable.
- Probablemente la tarea más importante por realizar, y la más difícil, es la estandarización. Estandarizar puede ser entendido como un acuerdo, entre fabricantes, organismos reguladores, distribuidores, prestadores de servicio, y usuarios finales, para que los aparatos y medios que se utilizarán para proveer cierto tipo de servicio, sean compatibles entre sí. Este tipo de acuerdos, por lo general, llevan bastante tiempo en ser, digámoslo así, pactados. El problema es que, por lo general, cuando se ha completado un proceso de estandarización para una tecnología en particular; para ese momento ya existe una nueva tecnología que reemplazará con ventaja a la anterior.
- Una vez que el concepto de redes de servicios integrados fue difundido, y más importante aún, deseado por una cantidad suficiente de usuarios y fabricantes, el proceso de negociación de un estándar ya tuvo lugar. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), con sede en Ginebra, Suiza, liberó el estándar de la llamada Red Digital de Servicios Integrados (ISDN, Integrated Services Digital Network, por sus siglas en inglés) a mediados de los ochenta. Dicho estándar utiliza como medio de transmisión la jerarquía de medios de transmisión existentes a la fecha: el llamado T-carrier en Norteamérica (basado en el T1, una línea de transmisión de 24 canales de 64 kilobits (1) por segundo, capaz de transmitir hasta 24 conversaciones telefónicas en forma digital); así como el estándar europeo, el denominado E1, que porta 31 canales del mismo tipo.
- Con la tecnología existente, se definieron dos tipos de interfaces de acceso a la red digital: una interfaz básica (BRI, Basic Rate Interface), y una interfaz



primaria (PRI, Primary Rate Interface). La interfaz BRI cuenta con dos canales B (bearer) portadores de información del usuario, más una canal D para señalización, necesaria entre la red y el equipo terminal de usuario. La interfaz PRI utiliza ya sea un T1 (estándar americano) o un E1 (estándar europeo), portando, ya sea 23 o 30 canales B de servicio, mas un canal D de señalización. Al tiempo de liberado el primer estándar de ISDN, la definición de las velocidades de transmisión digital, así como muchas otras definiciones que atañían al funcionamiento interno de la red, parecían suficientes para los servicios que se pretendían ofrecer con dicha red. Un canal B es suficiente para transmitir una conversación telefónica, conectar un fax, o proveer una conexión a velocidad suficiente a una red X.25. ISDN tuvo una acogida calurosa en Europa, mientras que en Estados Unidos su impacto fue sólo parcial, debido, en gran medida, a que al mismo tiempo otra tecnología, basada en conmutación de paquetes (y no en conmutación de circuitos como ISDN), se popularizaba: TCP/IP, o digámoslo en términos más conocidos, Internet.

- Sin embargo, la idea de ofrecer todos los servicios a través de la misma infraestructura, no ha sido ni remotamente abandonada. Ha cambiado, eso sí, de acuerdo a la tecnología disponible. El intento más reciente de ofrecer esta integración de servicios fue a través de redes ATM (Asynchronous Transfer Mode), donde se definieron diferentes tipos de interfaces para transmisión de servicios, ahora no sólo cifrando la diferenciación de dichos servicios en la velocidad de transmisión, sino también en la calidad de servicio ofrecido. Esta nueva generación de redes fue también llamada ISDN de banda ancha, o B-ISDN (Broadband ISDN), dado que utiliza velocidades de transmisión mucho mayores (en el rango de 155 megabits por segundo, o más) y utiliza, por completo, medios de transmisión ópticos. La calidad de servicio en este esquema está definida por la confiabilidad, retardo en la transmisión, y velocidad, entre los parámetros más importantes. ATM y B-ISDN adolecen, empero, del mismo problema que impidió que ISDN alcanzara completo desarrollo: no han alcanzado una masa crítica de venta como para que el servicio sea lo suficientemente económico para el usuario común. En la actualidad, es posible rentar un acceso a una red pública

ATM para transmisión de datos, voz, o videoconferencia. Al menos una decena de carriers en Estados Unidos y también algunos de ellos en México, ofrecen este servicio. Su costo es aún muy elevado, incluso para empresas medianas. Únicamente empresas grandes, como televisoras o gobiernos, tienen la capacidad suficiente para sufragar este tipo de servicios. Esto no quiere decir que la tecnología no se esté utilizando. Los mismos carriers utilizan ATM en su red interna, pero esto es posible porque alcanzan un nivel de tráfico suficiente como para amortizar el costo inicial de la inversión y aún obtener ganancia. Sin embargo, una red ATM pública accesible a la mayoría de los usuarios (empresas pequeñas, usuarios residenciales), está muy lejos de ser una realidad.

Ahora, consideremos el caso de las empresas que requieren la transferencia de altos volúmenes de información:

- Bancos.
- Gobierno.
- Televisoras

La tasa máxima que los proveedores de telecomunicaciones pueden manejar en sus estructuras basadas en SONET/SDH, es STM-16 (2.5 Gbps). En las interfaces actuales de área amplia (WAN), la máxima velocidad entregable es un E3 (34 Mbps). Sin embargo, hay empresas que requieren tasas de transferencia de hasta 1 Gbps continuo. Esta velocidad no es posible de obtener con las tecnologías actuales de WAN. Esta necesidad en clientes grandes, está presionando a los proveedores de servicios a buscar alternativas que les permitan ofrecer nuevos servicios, intentando mantener al máximo la infraestructura actual.

## 2.5 CONCLUSIÓN

Si bien los proveedores de servicios de telecomunicaciones en el mundo no han evolucionado al mismo ritmo y con las mismas tecnologías (esto por cuestiones políticas, económicas, naturales, etc.), se puede distinguir un patrón de evolución común, donde la fibra óptica es por el momento el medio de transmisión que permite manejar las demandas actuales y futuras (a un plazo medio) de ancho de banda. Sin embargo el medio no es todo: Se requieren equipos nuevos que puedan tomar ventaja de la gran capacidad de la fibra óptica, y que permitan ofrecer nuevos servicios.

Hasta el momento se ha planteado la situación del lado de la tecnología y los proveedores de telecomunicaciones. El siguiente capítulo aborda la problemática desde el punto del usuario final, que para fines de este trabajo es el ITESM

## CAPÍTULO 3. ESTRUCTURA DE RED DEL ITESM

### 3.1 EL ITESM

El Tecnológico de Monterrey es un sistema universitario que tiene presencia en la República Mexicana, Latinoamérica y el mundo a través de su Universidad Virtual. En la actualidad cuenta con 33 campus y sedes en México y Latinoamérica. La **Figura 3-1** muestra la distribución de los campus en la República Mexicana.



Figura 3-1 Distribución de campus del sistemas ITESM

Fuente: <http://www.itesm.mx/>

Tiene convenios de intercambios académicos con más de 300 universidades nacionales e internacionales. Cuenta además con varias oficinas de enlace en el mundo para promover al Instituto. La **Tabla 3-1** muestra datos estadísticos del ITESM

33	Campus
	Programas de posgrado:
12	Especialidades Médicas
20	Especialidades
49	Maestrías
12	Doctorados
34	Carreras profesionales
7	Programas de Preparatoria
	Alumnos:
10,527	Posgrados
55,959	Profesional
27,175	Preparatoria
7,780	Otros programas
	Profesores y Empleados:
3,014	Profesores de planta
4,867	Profesores de cátedra
14,692	Personal administrativo
128,060	Egresados de profesional y posgrado
119,911	Total de títulos de profesional expedidos
24,990	Total de grados académicos otorgados

Tabla 3-1 Datos estadísticos del ITESM.

Fuente: [http://www.itesm.mx/sistema/somos/f\\_conoce.htm](http://www.itesm.mx/sistema/somos/f_conoce.htm)

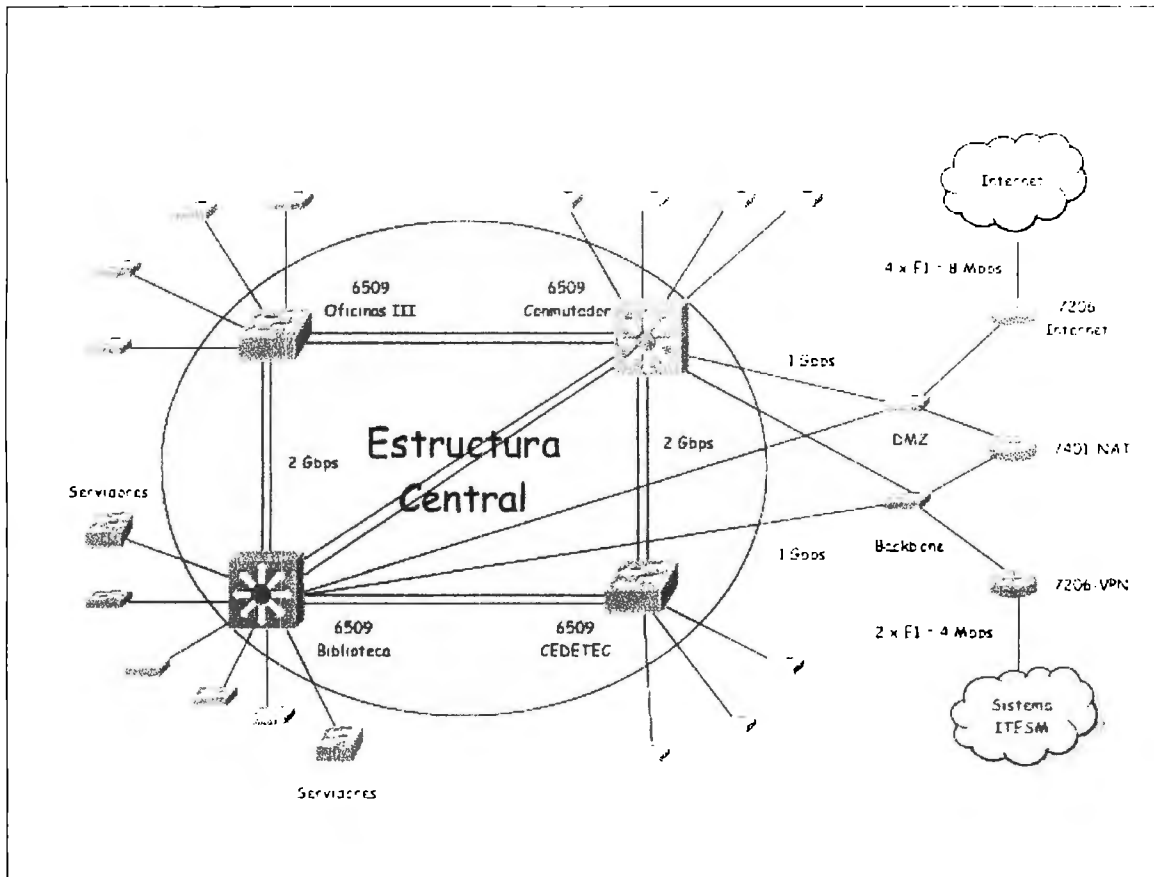
### **3.2 DISEÑO CONCEPTUAL DE LA ESTRUCTURA DE RED.**

El ITESM es una institución educativa, la cual a lo largo de su historia se ha caracterizado por estar a la vanguardia tecnológica, tanto en equipamiento para los alumnos, profesores, como en tecnología de telecomunicaciones. Desde el año 2002 el ITESM empezó el proyecto de renovación de las estructuras de red local en todos sus campus. Los criterios para el diseño de las redes fueron:

- Uso de la tecnología Ethernet, tanto en la estructura central, como en la capa de acceso al usuario, en un esquema de alta disponibilidad.
- Segmentación del tráfico por redes virtuales (VLANs).
- Manejo de un protocolo de enrutamiento estándar a nivel de campus.
- Cada campus cuenta con su propia conexión a Internet. Se debe evitar que el tráfico de Internet de un campus, curse por otro.
- El tráfico entre campus solo debe ser interno.

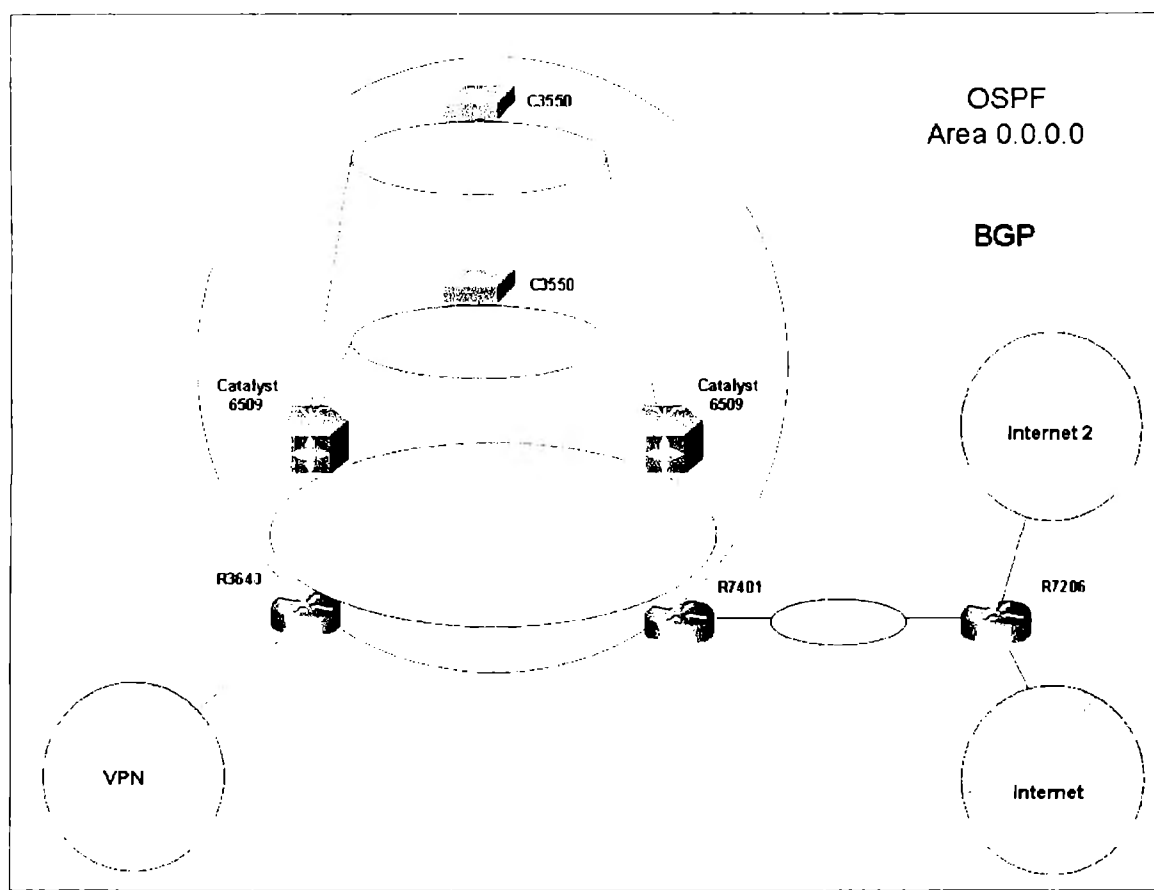
### **3.3 REDES LOCALES.**

A nivel general se definió un esquema de estructura central colapsada, con dos equipos manejando los enlaces de fibra óptica a velocidades de 1 Gbps, hacia los equipos de la capa de distribución y de acceso. Los equipos centrales manejan funciones de enrutamiento y manejo de redes virtuales (vlan) para la segmentación del tráfico. La **Figura 3-2** muestra el diagrama de conexiones del campus Ciudad de México, donde se cuenta con dos equipos Catalyst 6509 con funciones de enrutamiento. Otros dos Catalyst 6509 actúan como concentradores de fibra (conmutación de tramas en capa 2).



**Figura 3-2 Diagrama físico de red local del campus Ciudad de México.**  
**Fuente: Documentación de red del campus CCM.**

La **Figura 3-3** muestra el diagrama lógico de la estructura de red del campus Ciudad de México.

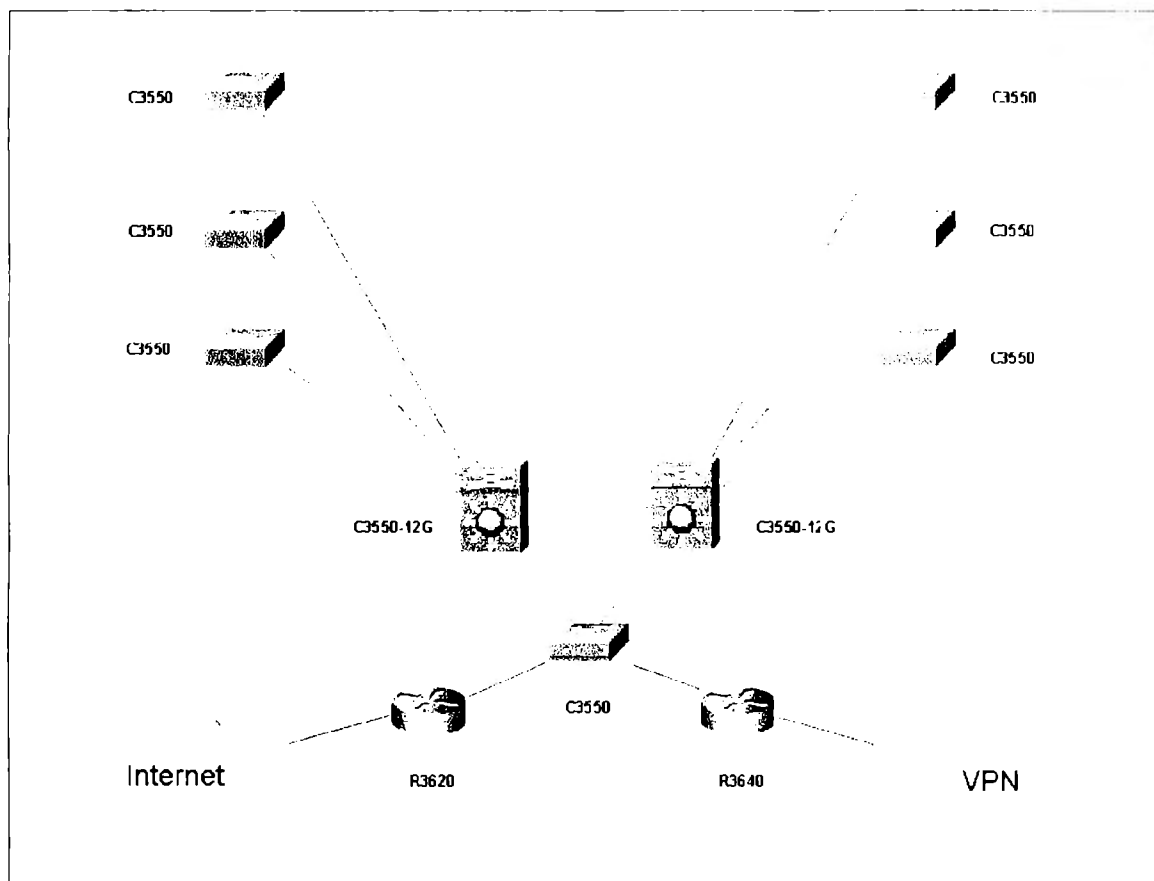


**Figura 3-3 Diagrama lógico de red local del campus Ciudad de México.**

**Fuente: Documentación de red del campus CCM.**

La **Figura 3-4** muestra el diagrama de red de un campus de tamaño medio, en este caso el campus San Luis Potosí. Al igual que en ejemplo anterior, la estructura de red se basa en un modelo colapsado. Los equipos centrales son Cisco Catalyst 3550-12G, los cuales integran puertos Gigabit Ethernet en Fibra para las conexiones a los equipos de distribución y acceso, y funciones de enrutamiento para la comunicación entre redes virtuales.

El campus cuenta con salida a Internet y al sistema ITESM, con equipos dedicados, para poder aplicar políticas específicas a cada servicio.



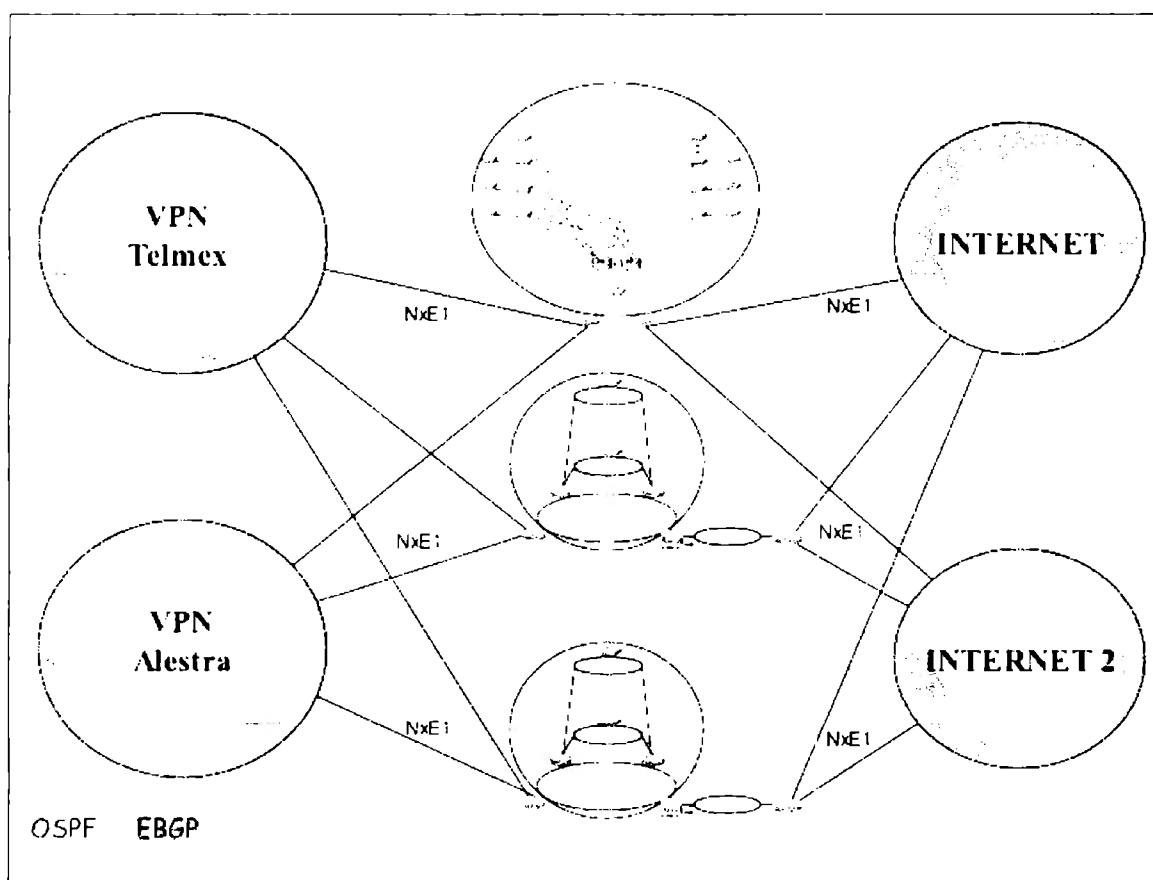
**Figura 3-4 Diagrama físico de red local del campus San Luis Potosí.**  
**Fuente: Documentación de red del campus San Luis Potosí**

Actualmente los 33 campus que conforman el sistema ITESM cuentan con infraestructuras basadas en la tecnología Ethernet, con estructuras centrales operando a 1 Gbps, ofreciendo en los puertos cableados de usuario final 100 Mbps, y en las redes inalámbricas 11 Mbps, con un soporte futuro a 54 Mbps con el estándar 802.11g



### 3.4 CONEXIONES ENTRE CAMPUS

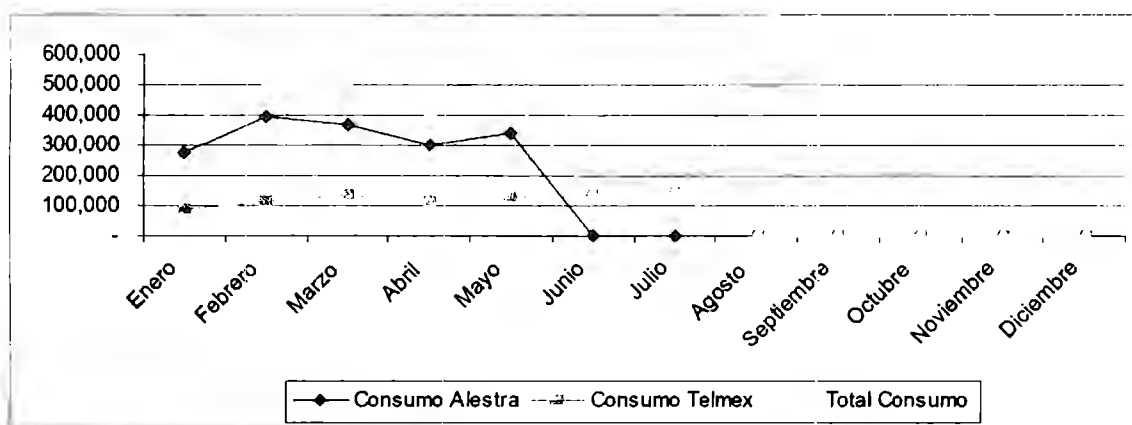
La **Figura 3-5** muestra el diseño conceptual de la conexión de los campus, y sus conexiones a los servicios de Red Virtual para unir los campus (VPN), Internet e Internet2. El protocolo de comunicación hacia la VPN, Internet e Internet2 es BGP, y dentro de cada campus OSPF. Para permitir que cada campus conociera las rutas del sistema, se redistribuye BGP en OSPF. El ancho de banda de cada localidad a los diferentes servicios, está en función del número de alumnos. El direccionamiento en todos los campus es privado, manejando la función de NAT hacia Internet e Internet2.



**Figura 3-5** Diseño conceptual de comunicación entre campus del ITESM  
Fuente: Documentación de red del campus CCM.

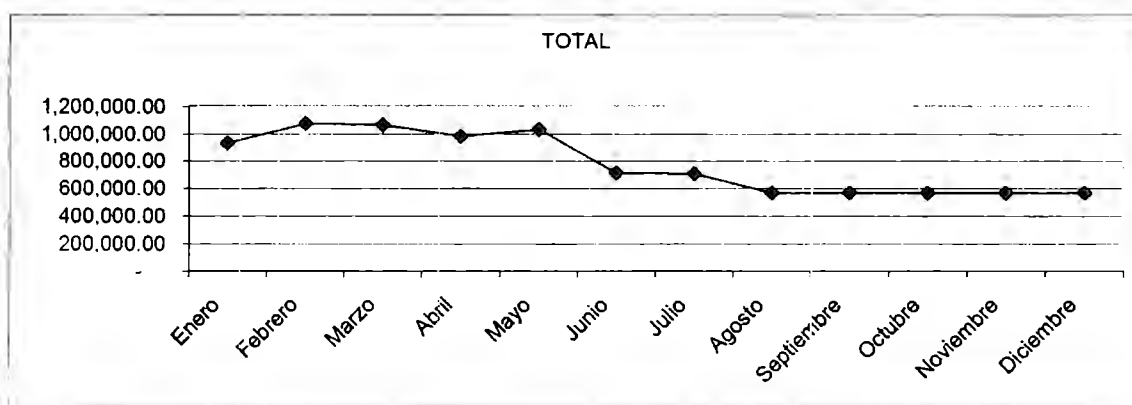
### 3.5 COSTOS DE OPERACIÓN DE LA VPN DEL ITESM

La estructura de enlaces que conectan los campus, tienen una componente de renta fija, y una componente por el tráfico que se cursa. Para cada campus se tiene en promedio un enlace E1 a Telmex, y un E1 a Alestra, por propósitos de redundancia. La **Tabla 3-2** muestra los gastos de operación de las 2 redes VPN usadas por el sistema ITESM La **Figura 3-6** muestra la gráfica correspondiente a los consumos por proveedor de enlaces, mientras que la **Figura 3-7** muestra la gráfica de consumo total.



**Figura 3-6 Consumo mensual por proveedor de telecomunicaciones.**

**Fuente: Documentación de la Vicerrectora de Tecnologías de Información del ITESM**



**Figura 3-7 Consumo total por mes.**

**Fuente: Documentación de la Vicerrectora de Tecnologías de Información del ITESM**

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
Costo de Internet	170,564.00	170,564.00	165,423.00	165,423.00	165,423.00	165,423.00	165,423.00	165,423.00	165,423.00	165,423.00	165,423.00	165,423.00	1,995,358.00
Consumo de Internet	276,665.63	392,127.77	366,231.15	300,864.62	338,756.48	-	-	-	-	-	-	-	841,234.49
<b>TOTAL INTERNET</b>	<b>447,229.63</b>	<b>562,691.77</b>	<b>531,654.15</b>	<b>466,287.62</b>	<b>504,179.48</b>	<b>165,423.00</b>	<b>165,423.00</b>	<b>165,423.00</b>	<b>165,423.00</b>	<b>165,423.00</b>	<b>165,423.00</b>	<b>165,423.00</b>	<b>2,836,592.49</b>
Costo de Telefonía	397,818.00	397,818.00	397,818.00	397,818.00	397,818.00	409,658.00	397,818.00	397,818.00	397,818.00	397,818.00	397,818.00	397,818.00	4,785,656.00
Consumo de Telefonía	84,757.73	111,001.49	132,508.83	114,300.00	127,712.77	135,500.00	141,048.93	-	-	-	-	-	315,010.30
<b>TOTAL TELEFONÍA</b>	<b>482,575.73</b>	<b>508,819.49</b>	<b>530,326.83</b>	<b>512,118.00</b>	<b>525,530.77</b>	<b>545,158.00</b>	<b>538,866.93</b>	<b>397,818.00</b>	<b>397,818.00</b>	<b>397,818.00</b>	<b>397,818.00</b>	<b>397,818.00</b>	<b>5,100,666.30</b>
<b>Total Consumo</b>	<b>361,423.36</b>	<b>503,129.26</b>	<b>498,739.98</b>	<b>415,164.62</b>	<b>466,469.25</b>	<b>135,500.00</b>	<b>141,048.93</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1,127,050.48</b>
<b>TOTAL</b>	<b>929,805.36</b>	<b>1,071,511.26</b>	<b>1,061,980.98</b>	<b>978,405.62</b>	<b>1,029,710.25</b>	<b>710,581.00</b>	<b>704,289.93</b>	<b>563,241.00</b>	<b>563,241.00</b>	<b>563,241.00</b>	<b>563,241.00</b>	<b>563,241.00</b>	<b>7,937,258.79</b>

Tabla 3-2 Gastos de operación de la red VPN del ITESM durante el año 2003.  
Fuente: Documentación de la Vicerrectora de Tecnologías de Información del ITESM

De las gráficas anteriores se observa que hay una componente de gasto fija por la renta de los enlaces, y una componente variable por el tráfico que cursa. A diferencia de la tecnología de enlace dedicado, donde el pago mensual incluye la transferencia de información dentro del límite del enlace, en la tecnología de VPN se hace un cargo por el tráfico cursado.

### **3.6 CONCLUSIÓN**

El ITESM es una institución que se ha caracterizado por estar a la vanguardia tecnológica en todas sus áreas, con dos propósitos:

- Ofrecer un diferenciador de valor real a los estudiantes en su decisión de selección de escuela, ofreciéndoles equipamiento real para su uso diario.
- A través de emplear la última tecnología, busca abatir en forma continua costos de operación para mantener su eficiencia operativa.

La tecnología de VPN que utilizan actualmente para su conexión entre campus, cumple el propósito de operación actual, sin embargo el personal a cargo de operar su estructura tecnológica ya vislumbra nuevas alternativas para poder hacer frente a la demanda de tráfico entre campus, a nuevos servicios basados en la redes de comunicaciones.

El siguiente capítulo plantea una posible dirección del ITESM en la tecnología de telecomunicaciones entre campus.

## **CAPÍTULO 4. PROPUESTAS DE CONEXIÓN ENTRE CAMPUS BASADA EN ETHERNET**

El ITESM está en un continuo proceso de mejora de sus servicios, como elementos diferenciadores y de mejora en su operación a sus alumnos y profesores. Las redes locales ya han sido actualizadas para poder soportar un periodo de 3 años antes de ser renovadas. En la comunicación entre campus se está haciendo el mismo planteamiento de renovación, siendo una posible dirección la utilización de la tecnología Ethernet. El presente capítulo explora el entorno actual del ITESM, y hace una propuesta de renovación en la comunicación entre campus.

### **4.1 REQUERIMIENTOS DEL ITESM**

La estrategia que el ITESM ha tomado desde hace 3 años, es la de centralizar las aplicaciones que permiten operar su negocio:

- Sistemas de facturación.
- Sistema de inscripciones.
- Sistemas de apoyo.

Estas aplicaciones han sido concentradas en el campus central de Monterrey. Con esta estrategia el ITESM busca ser más eficiente en su operación y en costos.

El costo que asume la institución por esta centralización, es la necesidad de enlaces de comunicaciones para conectar los campus. Si bien el promedio de enlaces a la VPN actual es de dos (uno a la VPN de Telmex y otro a la de Alestra), hay campus que cuentan con tres, por la alta demanda de tráfico hacia el sistema.

La estrategia de consolidación de recursos informáticos continúa, y esto impone en un futuro corto nuevos requerimientos a la red de comunicaciones que comunica los campus. La **Tabla 4-1** muestra la comparación entre los requerimientos del ITESM, la tecnología de comunicaciones empleada actualmente y la propuesta con Ethernet.

Requerimiento	VPN con enlaces E1	VPN con Ethernet
Ancho de banda escalable.	Los incrementos son de 2,048 Mbps (E1). En cada caso se requiere un enlace físico del proveedor y un puerto en el enrutador del cliente	Los incrementos son de 2 Mbps. El cambio es lógico, y solo se requiere un puerto Fast Ethernet en el cliente.
Soporte de tráfico Multicast.	Depende de la versión de código que utiliza el proveedor del servicio. Actualmente no lo soporta.	Es transparente al proveedor.
Capacidad de transferencia de respaldos a alta velocidad (100 Mbps) entre Monterrey y Querétaro para función espejo.	Se requiere contratar dos E3 o un STM-1 para esto. No se puede manejar como contratación por intervalos.	El servicio de Ethernet permite el tráfico bajo demanda, hasta la velocidad del puerto (100 o 1000 Mbps).
Capacidad de asignar prioridades a diferentes tipos de tráfico.	Depende del proveedor. Actualmente no lo hace.	En base a los estándares 802.1p y 802.1q, es posible clasificar paquetes desde la red local, y mantener esa clasificación a través de la VPN.

**Tabla 4-1. Requerimientos del ITESM vs. Tecnología.**

Con base en estos requerimientos, se plantea en la siguiente sección una solución, donde se pretende cumplir las siguientes premisas:

- Ofrecer al ITESM una solución que cumpla los requerimientos mostrados en la Tabla 4-1.
- Desde el punto de vista del proveedor de telecomunicaciones, la solución no es única o especial, y es viable su implementación utilizando la infraestructura con que cuenta actualmente.

## 4.2 DISEÑO DE SOLUCIÓN.

La solución se basa en la propuesta de poder utilizar la infraestructura actual SONET/SDH que transporta protocolos como Frame Relay, E1, ATM, MPLS, para transportar tramas Ethernet.

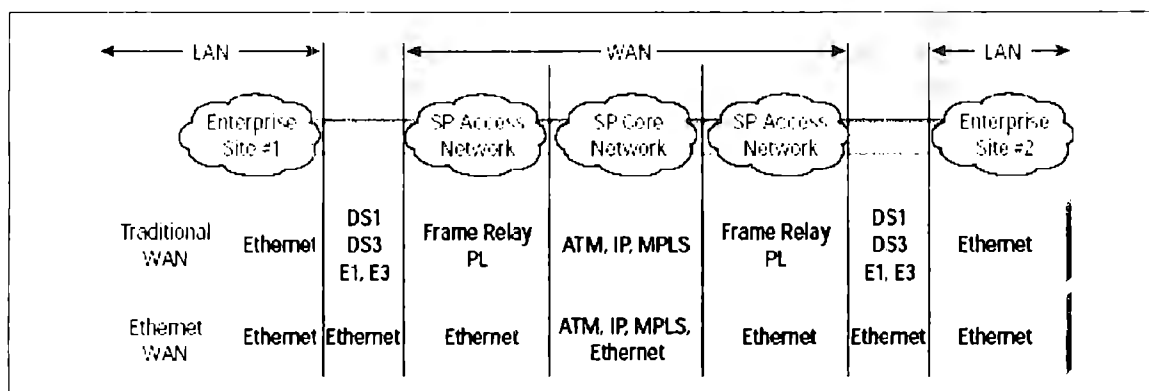


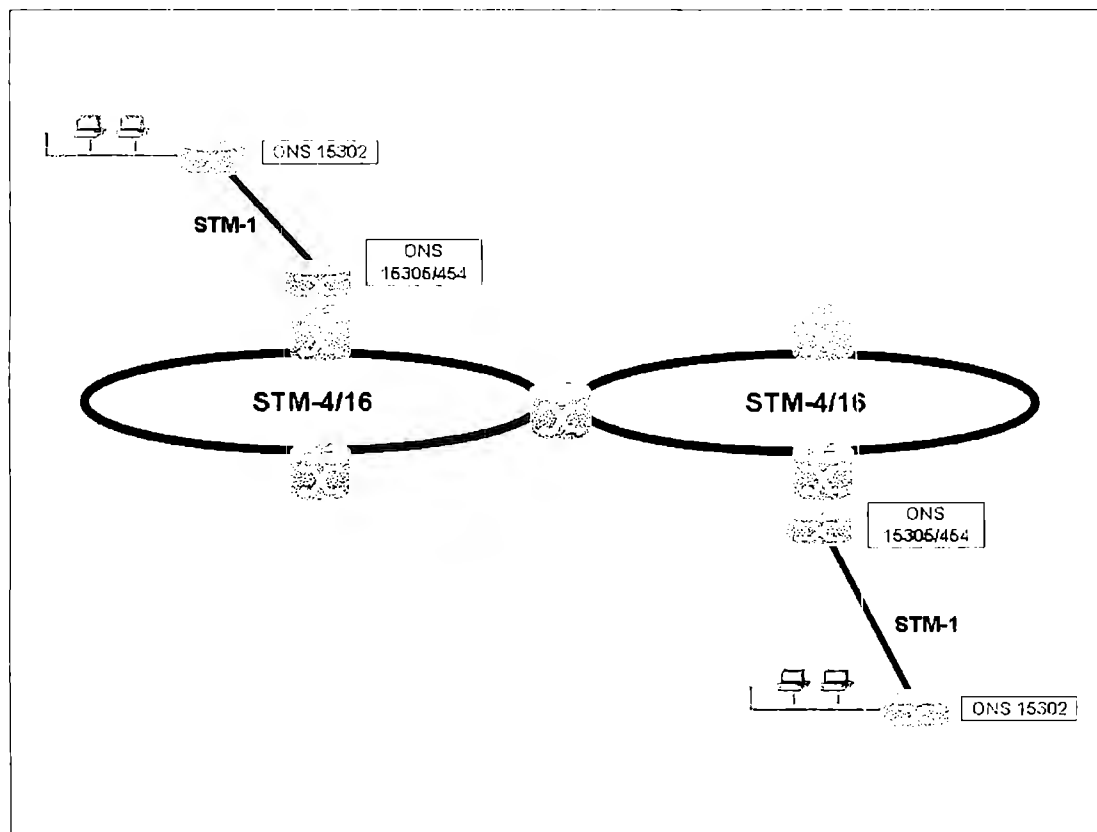
Figura 4-1 Propuesta de rediseño de esquema WAN en proveedores de telecomunicaciones.

Fuente:

[http://www.cisco.com/en/US/partner/netsol/ns341/ns396/ns223/ns227/networking\\_solutions\\_white\\_paper09186a0080103e28.shtml](http://www.cisco.com/en/US/partner/netsol/ns341/ns396/ns223/ns227/networking_solutions_white_paper09186a0080103e28.shtml)

La Figura 4-1 muestra en la parte superior el esquema tradicional de comunicaciones que usan los proveedores de servicios. En este esquema los enrutadores en ambos extremos reciben las tramas Ethernet procedentes de su red local y procesan la información para mandarla por el canal de acceso, el cual puede ser un enlace dedicado (E1, E3) o frame relay. Estos accesos son recibidos en el POP del proveedor, de donde es transportado por alguna tecnología de WAN como PPP, Frame Relay. De ahí llega al núcleo del proveedor donde se emplean tecnologías como ATM, MPLS, o en el caso de estructuras nuevas, IP. EL resto de la ruta es el inverso de lo antes descrito. En esta primera aproximación, existen 6 transformaciones de la información, para llegar de un lugar a otro.

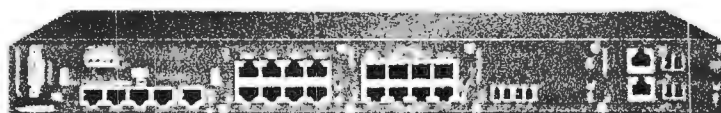
En la solución propuesta, el equipo del proveedor de telecomunicaciones instala en el cliente un equipo que entrega la conexión con un puerto Ethernet, transporta la información encapsulada en un STM-1, la entrega en un equipo óptico, de ahí es transportada como tramas Ethernet encapsuladas en SONET/SDH hasta el POP receptor, el cual entrega en otro STM-1 al extremo opuesto. La Figura 4-2 muestra este concepto.



**Figura 4-2 Diagrama de solución propuesta.**

El resultado de este diseño se refleja en el hecho de que la información es transportada en tramas ethernet encapsuladas sobre SONET/SDH, existiendo solo 2 transformaciones, en los extremos del enlace.

El equipo en el que se basa esta solución es el Cisco ONS 15302/15305. La **Figura 4-3** muestra la foto frontal del equipo. Este equipo combina un conmutador Ethernet con un dispositivo TDM



**Figura 4-3 Fotografía frontal del ONS 15305**

Fuente: <http://www.cisco.com/en/US/partner/products/hw/optical/ps2001/ps5381/index.html>



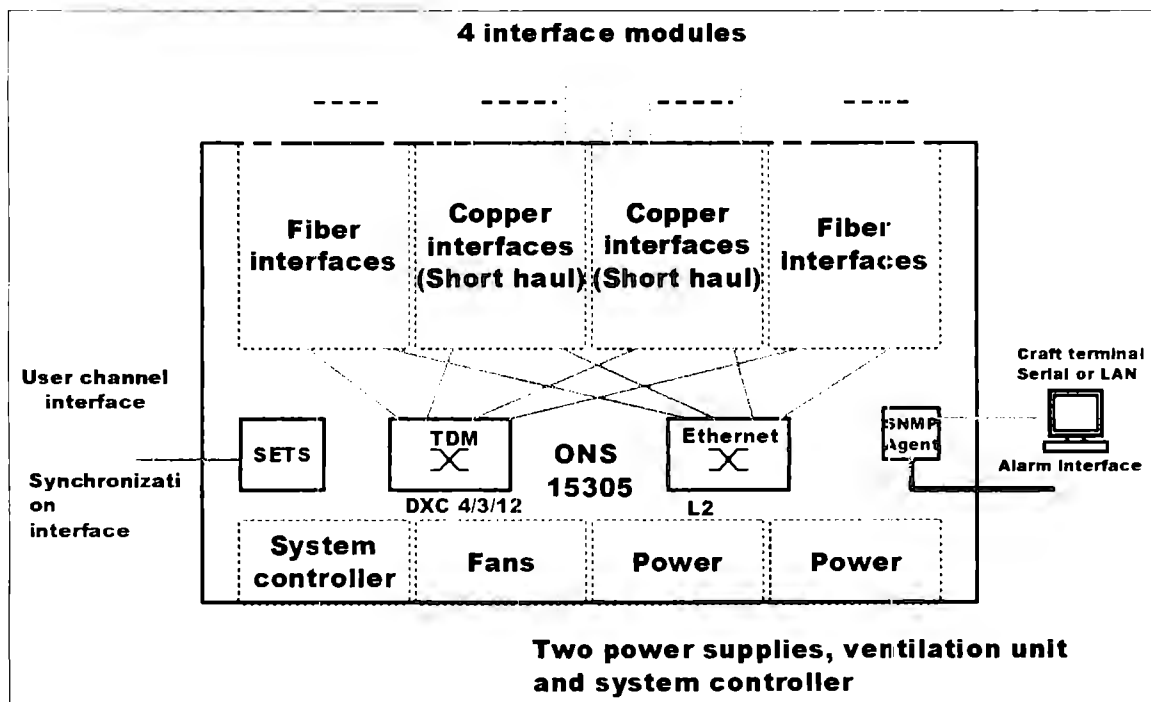


Figura 4-4. Diagrama de la arquitectura del equipo ONS 15305  
Fuente: Cisco Systems.

La **Figura 4-4** muestra la arquitectura del equipo. Además de las interfaces para recibir un STM-1 y puertos Fast Ethernet, cuenta con una interfaz para monitoreo a través de un agente SNMP.

En términos de equipamiento, el ITESM solo requiere un puerto Ethernet en el enrutador de frontera de cada campus, ya que el ONS 15305 sería propiedad del proveedor de telecomunicaciones.

En términos de definiciones lógicas, el segmento PPP se convierte en un segmento Ethernet; sin embargo puede aplicarse el mismo direccionamiento que en el enlace PPP, por tratarse de dos puntos en este caso.

### **4.3 ANÁLISIS DE SOLUCIÓN**

#### **4.3.1 Análisis tecnológico.**

Desde el punto de vista tecnológico, el diseño propuesto representa un reto para el ITESM en términos del rediseño que se necesita para tomar ventajas del nuevo tipo de transporte. Actualmente los equipos que reciben las conexiones de la VPN, son equipos que ya están quedando cortos en recursos para enfrentar nuevas demandas de procesamiento y soporte de protocolos y aplicaciones. La migración a un esquema Ethernet entre campus plantea los siguientes beneficios:

- La función que actualmente ejecutan los enrutadores de frontera en cada campus, sería reemplazada por un equipo de red local, típicamente el conmutador de red central, el cual recibiría la conexión del equipo ONS 15305 en un puerto ethernet, por lo que no se requiere entrenamiento adicional.
- La operación de los equipos ONS 15305 es responsabilidad del proveedor de servicios, por lo que no se requiere de alto entrenamiento en el equipo por parte del cliente.

#### **4.3.2 Análisis económico.**

Esta solución aún no es una oferta formal en el mercado mexicano, y las empresas que han implementado esto, ha sido en casos específicos como Banamex, donde el tipo de servicio y precio del mismo se definió bajo condiciones particulares.

Al momento de imprimir este documento, no se había podido llegar a un acuerdo concreto entre el ITESM y el proveedor de servicios con quien se van a realizar las pruebas, sin embargo sí se pueden mencionar los siguientes beneficios económicos generales desde el punto de vista del cliente:

- En la situación particular de ITESM, este año del 2004 se debe renovar la base instalada de enrutadores de la VPN, por lo que la solución basada en Ethernet le permite bajar esta inversión, ya que no se adquirirían nuevos equipos, y la nueva punta de conexión hacia la VPN sería un equipo central de la red LAN. Si

consideramos que el costo promedio de un equipo de enrutamiento es de \$30,000 usd, y se requiere el cambio en 30 campus (en los otros 3 se cuenta con equipo actualizado), el ahorro en inversión de equipo sería de \$900,000 usd

- El costo por el ancho de banda de acceso no está definido por el proveedor, pero se ha hecho la estimación de cobrar cada circuito de 2 Mbps en forma equivalente a un E1 tradicional, con una renta mensual de \$11,174.00 pesos mas IVA. Bajo este esquema, al requerir mayor ancho de banda una conexión basada en ethernet, el proveedor solo tiene que asignar otro circuito virtual concatenado, para incrementar la capacidad de transmisión.

#### **4.4 CONCLUSION**

La solución propuesta es un punto medio entre los beneficios para el proveedor de servicios en términos de utilizar la infraestructura actual, y para el ITESM es una solución que les permite abaratar inversiones y utilizar el equipamiento con que cuenta, así como el entrenamiento del personal. Debido al tipo de solución, se requiere una prueba piloto para evaluar los diferentes aspectos de la solución. El capítulo siguiente define los parámetros de esta prueba piloto.

## CAPÍTULO 5. PRUEBA PILOTO EN EL ITESM

### 5.1 OBJETIVOS.

El ITESM ha mantenido desde su creación una estrategia de vanguardia tecnológica, siendo este un fuerte diferenciador contra otras instituciones educativas de nivel superior y postgrado en México. Esto implica ventajas y riesgos. Para minimizar los riesgos tanto por parte del proveedor de la solución, como del cliente, se establece una prueba piloto. Los objetivos que se persiguen en este caso son:

- Evaluar la madurez de la tecnología Ethernet para el transporte de información en redes de área amplia (WAN).
- Evaluar a pequeña escala el rediseño necesario en la infraestructura actual de comunicaciones del ITESM.
- Evaluar la relación ancho de banda / precio.

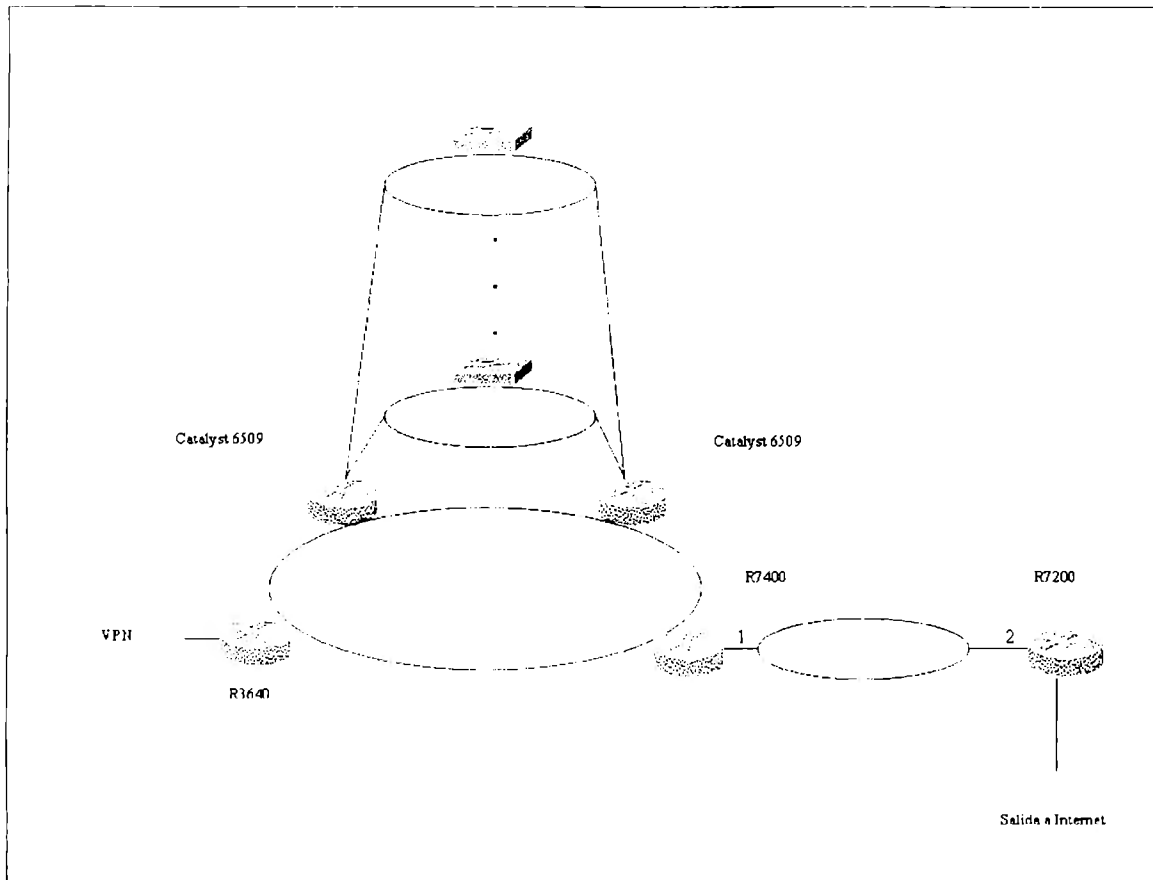
### 5.2 ESTRUCTURA DEL PILOTO.

Para la prueba piloto se escogieron los campus Ciudad de México (CCM) y Estado de México (CEM). Las razones para esta elección fueron:

- Son los dos campus más grandes del sistema ITESM después del campus Monterrey.
- Por su localización en la zona metropolitana de la Ciudad de México, hace más rápido la instalación del piloto y el soporte en configuración y fallas.
- El tráfico que cursa entre estos campus es alto.
- La estructura de red en ambos campus es similar (**Figura 5-1**).

En la **Figura 5-1** se muestra el diagrama general de red que tiene cada campus. En cada caso el campus cuenta con cuatro equipos Cisco Catalyst 6509, dos de los cuales actúan como concentradores de fibra, y los otros dos manejan además funciones de enrutamiento, y se muestran en la **Figura 5-1**. Estos dos equipos centrales manejan el enrutamiento entre las redes virtuales (VLANs) definidas en cada campus, y la red virtual

de Backbone, donde se encuentran los enrutadores que manejan la salida a Internet y a la VPN del sistema.

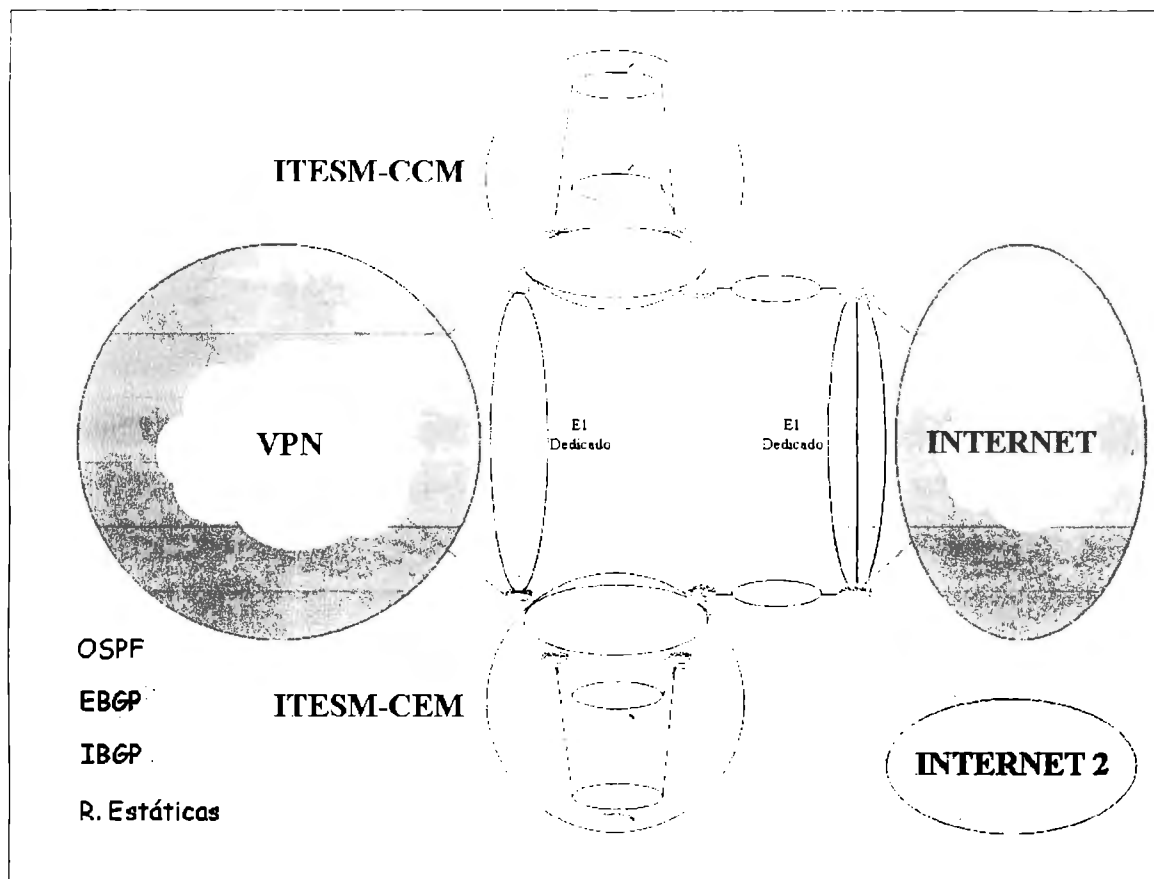


**Figura 5-1. Diagrama general de red para los campus CCM y CEM.**  
Fuente: Documentación de red de CCM y CEM

La **Figura 5-2** muestra la comunicación actual entre los campus, la cual se lleva a cabo a través de dos conexiones:

- VPN. Cada campus cuenta con 2 E1's, uno a Telmex y otro a Alestra
- Línea Privada. Debido al alto costo de tráfico por VPN, entre los campus se tiene un E1 para el tráfico crítico de servidores.

Cada campus cuentan con su propia salida a Internet, y a través del campus CEM es como CCM obtiene su salida a Internet 2. En términos de administración, cada campus es autónomo.



**Figura 5-2. Diagrama de comunicación entre los campus CCM y CEM.**  
**Fuente: Documentación de red de CCM y CEM**

La solución propuesta, contempla la instalación de dos equipos ONS 15305, uno en cada campus. Este equipo se conecta al enrutador de salida a la VPN, a través de un puerto Fast Ethernet, como se muestra en la Figura 5-3. El ONS se conecta a través de fibra óptica a la acometida de cada sitio. De ahí se remata en el POP del proveedor de telecomunicaciones en un equipo ONS 15305, el cual se conecta a la red de SDH. La comunicación entre los dos ONS 15305 se hace a través de un STM-1. Un punto importante es notar que no se requiere que todo el STM-1 se utilice, ya que se pueden definir canales virtuales desde 2 Mbps, haciendo incrementos por software.

Con este diseño, el canal de comunicación entre los 2 campus pasa de ser TDM, a un segmento Ethernet. Para propósitos del piloto, la comunicación reemplazaría al enlace E1 existente entre los dos campus, ya que la conexión es punto a punto.

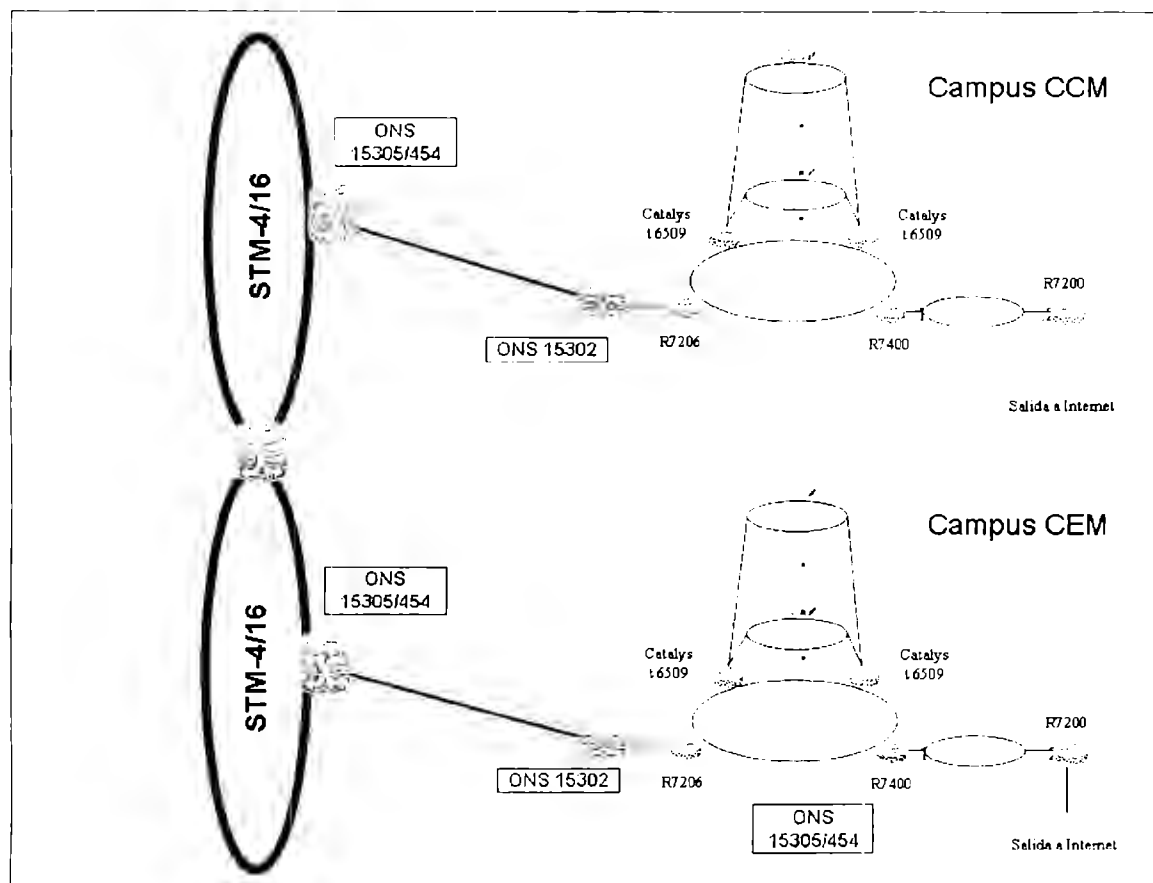


Figura 5-3. Diagrama de solución propuesta.

Para escalar la solución a nivel sistema, el diseño debe contemplar conexiones multipunto, como sería en un segmento ethernet. Si bien en este caso el equipo ONS 15305 es usado para un solo cliente, el equipo es capaz de manejar hasta 8 puertos Fast Ethernet, cada uno en un segmento aislado, lo que le permitiría al proveedor de telecomunicaciones el soportar varios clientes con este equipo.

### **5.3 PARTICIPANTES.**

El piloto de comunicación se lleva a cabo como un desarrollo conjunto entre el ITESM, el fabricante de equipos Cisco, y el proveedor de telecomunicaciones Alestra.

- El ITESM busca nuevas soluciones para mantener la vanguardia tecnológica en su sector, y ser más eficiente.
- Cisco como empresa de tecnología, busca desarrollar esta tecnología en el mercado mexicano, y necesita una empresa insignia como es el ITESM. Para la prueba piloto Cisco proveerá los ONS 15305.
- Alestra como proveedor de telecomunicaciones, busca ser pionera en México en estos servicios, proveyendo el transporte y monitoreo de este tipo de comunicaciones.

El piloto como tal no se ha llevado a cabo, debido a falta de equipo por parte de Cisco. Se tiene como fecha estimada para las pruebas en Abril.



#### **5.4 CRITERIOS DE EVALUACIÓN.**

Los puntos a evaluar con esta prueba son los siguientes:

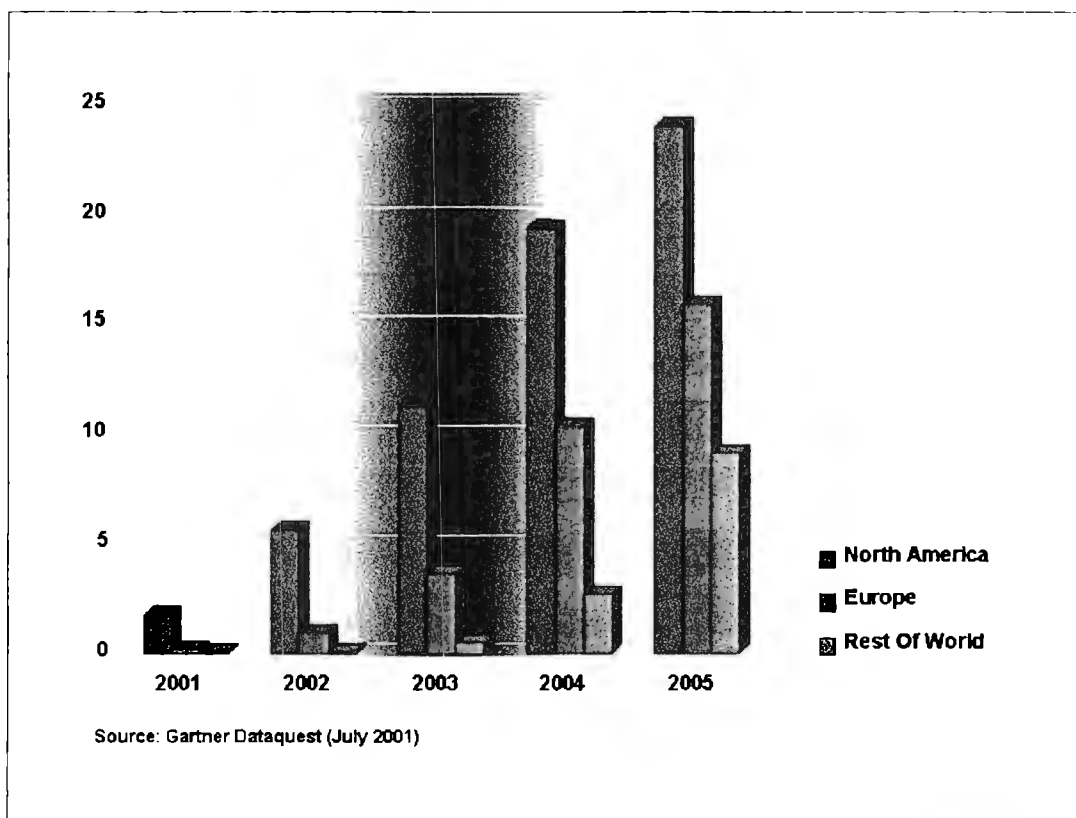
- Complejidad en el rediseño de la configuración para manejar el nuevo esquema.  
En el esquema de enlaces WAN, los protocolos de enrutamiento interiores quedan confinados a la red local (LAN). Con el esquema Ethernet en WAN, es necesario valorar qué protocolos deben usarse en este enlace.
- Facilidad de configuración.  
El ITESM cuenta con personal técnico para la operación de sus equipos, por lo que busca una solución, que si bien requiere entrenamiento, no requiere una curva de aprendizaje larga.
- Rendimiento del enlace.  
Se busca mantener el tiempo de respuesta entre servidores, bajo condiciones de carga del enlace hasta el 90%. El ancho de banda inicial sería de 2 Mbps.
- Capacidades de monitoreo.  
Se requiere evaluar las capacidades de monitoreo del equipo ONS y del tráfico que curso por él. Para esto se explorará la interfaz SNMP del equipo.

## CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

### 6.1 CONCLUSIONES.

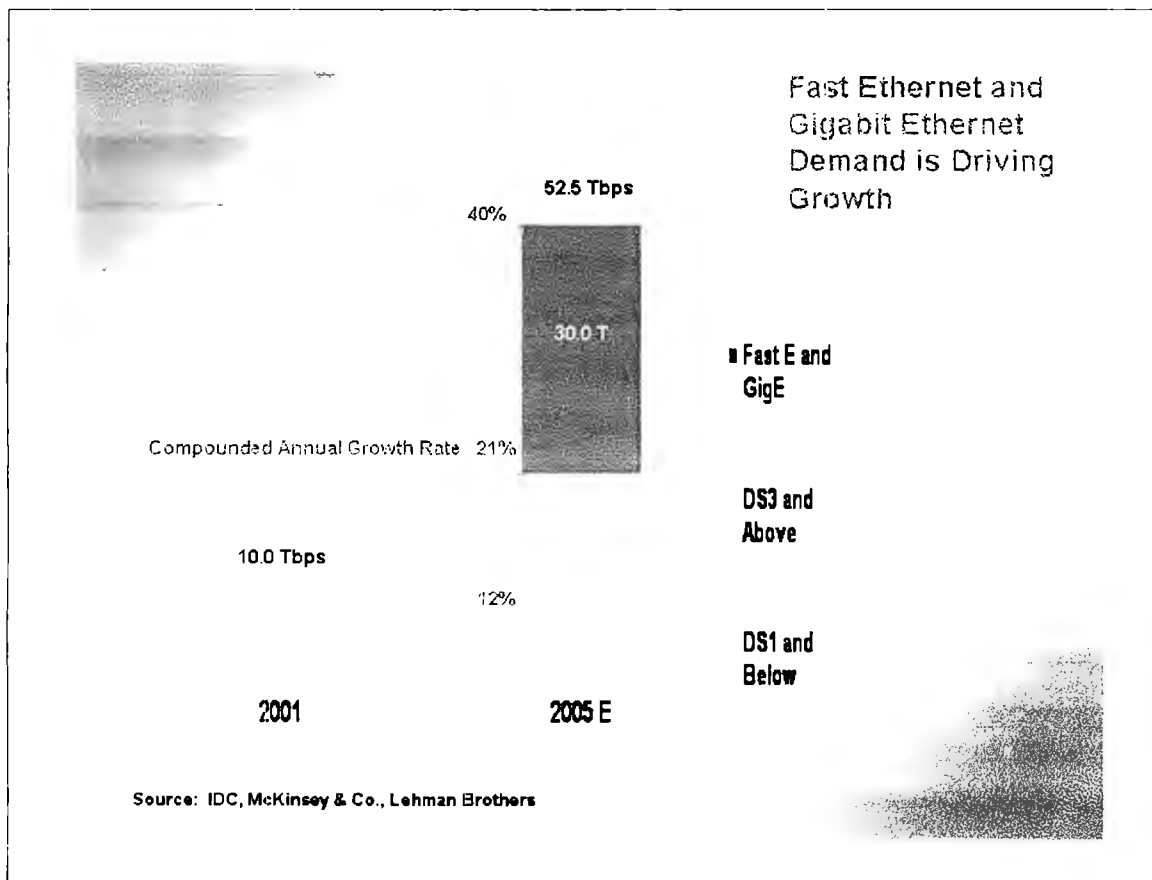
Ethernet es una tecnología que ha dado grandes sorpresas a lo largo de sus 30 años de vida, sobreviviendo a tecnologías más robustas en el papel, pero cuya falta de simplicidad y alto costo fueron sus propios enemigos. Manteniendo la filosofía KISS (Keep It Simple Stupid), Ethernet ha evolucionado para cubrir las necesidades de los usuarios en redes locales, y ahora enfrenta su última frontera (por el momento) al incursionar en las comunicaciones a larga distancia.

La industria parece haber entendido el mensaje de Ethernet, ya que los esfuerzos por ofrecer servicios MAN y WAN basados en Ethernet son muy serios alrededor del mundo, contando en varios países con servicios establecidos. Razones para esto, bueno, económicamente se prevé que las ganancias con Ethernet sean buenas, como lo muestra la **Figura 6-1**, donde se observan las estimaciones de crecimiento de este mercado.



**Figura 6-1. Estimación de crecimiento en servicios MAN basados en Ethernet a nivel mundial**

Esta demanda no es por moda, sino por la demanda de mayores anchos de banda empujada por nuevas aplicaciones, como video conferencia, comunicación de redes SAN, etc. La **Figura 6.2** muestra esta tendencia en el crecimiento del ancho de banda, por tecnología.



**Figura 6-2. Estimación de crecimiento en líneas de datos de alta capacidad.**

En el caso desarrollado en este documento para el ITESM, si bien las pruebas no se han podido realizar al momento de imprimir este trabajo, podemos inferir en base al análisis de las tecnologías actuales, al modelo de operación basado en ethernet propuesto y a la situación de renovación que tiene el ITESM para este año en su estructura de VPN, que el cambio a ethernet presenta ventajas importantes:

- Ahorro en equipamiento de enrutamiento al descargar esta función en los equipos centrales de red local en cada campus.

- Aún en el esquema de cobrar el ancho de banda ethernet en forma equivalente al esquema tradicional de El's, la capacidad de crecimiento es mucho mayor, y no requiere modificaciones en equipos ni cableado, lo que redonda en una operación más simple.

En el caso concreto de México, los tres grandes jugadores del mercado mexicano, Avantel, Alestra y Telmex, están trabajando en la evaluación y definición de servicios basados en la tecnología ethernet, con precauciones claro, pues el mercado mexicano no ofrece la masa crítica como el mercado europeo o el norteamericano.

La tecnología ethernet en las redes MAN y WAN es ya una realidad en varios países del mundo, en México esta tecnología está empezando a despertar interés de posibles usuarios, por lo que los proveedores de telecomunicaciones mexicanos están en etapa de pruebas y definición de servicios, y solo queda esperar cómo se desenvolverá este nuevo servicio contra las tecnologías actuales. Sin embargo, no se debe tomar a ethernet como un jugador pequeño o pasajero, ya que 30 años de vida en el ambiente de telecomunicaciones es mucho tiempo, y si algo ha mostrado ethernet, es la capacidad de adaptabilidad con su simple diseño, buen desempeño y bajo costo. Después de todo, tal vez no sea esta la última frontera de ethernet.

## **6.2 TRABAJO FUTURO.**

Al término de la impresión de este documento, las pruebas aún no se han realizado, esto debido a la falta de equipamiento por parte del proveedor de servicios, que debe adquirirlo de Cisco Systems. La fecha estimada para realizar la prueba piloto es a finales de Abril, y se evaluará en base a los criterios establecidos en la sección 5.4 de este trabajo. Los resultados de estas pruebas serán anexados al presente documento.

## GLOSARIO

**10 BASE 2.** Implementación de Ethernet de 10 Mbps en cable coaxial delgado. Su máximo segmento es de 200 metros.

**10 BASE 5.** Implementación de Ethernet de 10 Mbps en cable coaxial grueso. Su máximo segmento es de 500 metros.

**10 BASE F.** Especificación para red Ethernet de 10 Mbps en fibra óptica.

**10 BASE T.** Estándar de transmisión de Ethernet sobre MIT a 10 Mbps.

**100 BASE FX.** Especificación para correr Ethernet 100 Mbps sobre fibra óptica.

**100 BASE T.** Estándar de transmisión sobre MIT de velocidad 100 Mbps.

**100 BASE T4.** Especificación para correr Ethernet 100 Mbps sobre cable 3,4 y 5 MIT de 4 pares.

**100 BASE TX.** Esquema que ofrece 100 Mbps sobre cable categoría 5 MIT.

**ATM.** Tecnología de reciente introducción que permite la transmisión de grandes volúmenes de datos a gran velocidad, con tecnología de paquetes retrasados. Se considera la arquitectura del futuro en comunicaciones digitales.

**Colisión** Definido como un exceso en portadora eléctrica. Sucede cuando dos o más estaciones hablan al mismo tiempo y las señales de datos se pierden.

**DS0.** Enlace de comunicación dedicado sencillo. Canal digital de ancho de banda igual a 64 Kbps.

**DS1.** Canal de comunicación digital de señal tipo 1; puede ser E1 de 1.44Mbps en Estados Unidos o T1 de 2.108 Mbps en el estándar europeo.

**DS3.** Canal de comunicación digital de señal tipo 3; puede ser de 44.736 Mbps.

**DS4.** Canal de comunicación digital de señal tipo 4, de 274.176 Mbps en estándar de Bell.

**DTE.** En redes, son los equipos en donde los datos tienen origen y destino.

**E0.** Término utilizado para referirse a los canales de ISDN de 64 Kpbs en estándar americano.

**E1.** Estándar europeo de transmisión de datos 2.048 Mbps.

**E3.** Canal de comunicación digital de 34 Mbps. El más veloz del mercado.

**Ethernet.** Estándar de red más popular e implementado. Utiliza *CSMA/CD* con una velocidad de 10 Mbps.

**Fast Ethernet.** Topología de transmisión digital tipo Ethernet que transmite a 100 Mbps.

**Frame Relay.** Paquetes retrasados. Protocolo de comunicación asíncrono con dispositivo especial que atrasa el envío de grupos de información para mandarlos en paquetes de tamaño fijo.

**Half duplex.** Característica de un canal de comunicación en el que dos terminales mandan y reciben información turnándose, una a la vez.

**IEEE.** Agrupación de ingenieros que, entre otras funciones, documenta todos los desarrollos tecnológicos.

**IEEE-802.1.** Estándar definido relativo a los algoritmos para enrutamiento de cuadros o frames (la forma en que se encuentra la dirección destino).

**IEEE-802.2.** Define los métodos para controlar las tareas de interacción entre la tarjeta de red y el procesador (nivel 2 y 3 del OSI) llamado LLC.

**IEEE-802.3.** Define las formas de protocolos Ethernet CSMA/CD en sus diferentes medios físicos (cables).

**Internet.** Red de redes con base en TCP/IP y acceso público mundial.

**Internetworking.** Término usado para referirse a la interacción entre varias redes.

**Interoperabilidad** Término referente a la capacidad de diferentes redes para comunicarse entre sí.

**Intranet.** Red de área amplia con gran infraestructura y acceso privado.

**IP.** Es el protocolo de envío de paquetes donde el paquete tiene una dirección destino, y éste se envía sin acuse de recibo.

**MAN.** Red de Área Metropolitana.

**SDH (Synchronous Digital Hierarchy):** Es un formato de transmisión digital usado en circuitos de microondas, que sirve de soporte para banda ancha. El estándar de la tasa de transmisión para SDH es el STM-1, que establece un mínimo de velocidad de operación de 155.52Mbps.

**SNMP (Simple Network Management Protocol):** Es un protocolo utilizado por ciertas aplicaciones de red que permite administrar dispositivos diversos de manera remota. El protocolo permite establecer comunicación entre el monitor y el agente.

**SONET (Synchronous Optical Network):** Es un estándar para transmisión de datos en modo síncrono a través de un medio óptico. Como estándar, soporta la interconexión de distintos tipos de sistemas ópticos.

**Switch:** Es un dispositivo que filtra y enruta paquetes de datos entre segmentos de red.

**WAN.** Red de área amplia que tiene nodos en diferentes localidades geográficas e implementa infraestructura de comunicaciones.



## **ANEXO I. GFP: FACILIDADES DEL ESTÁNDAR ITU CRECE EN TRÁFICO DE DATOS EN REDES SONET/SDH**

### **INTRODUCCIÓN**

Existen redes SONET/SDH que realizan la función primaria de transporte de aplicaciones síncronas tales como voz TDM a través de fronteras internacionales. Con el incremento del uso de estas redes para transportar tráfico de datos como accesos a la WWW, VoIP, líneas privadas y servicios conmutados Ethernet, el estándar necesitó evolucionar para soportar un esquema de encapsulamiento de paquetes.

Este documento describe la necesidad de un esquema de encapsulamiento para transportar datos sobre las redes SONET/SDH y discute los planes de CISCO para soportar los varios estándares dentro del portafolio Cisco COMET para los productos SONET/SDH.

### **LA EVOLUCIÓN DE LOS ESQUEMAS DE ENCAPSULAMIENTO PARA TRANSPORTE DE PAQUETES SOBRE SONET/SDH:**

Las primeras aplicaciones para las redes SONET/SDH fueron soportar voz TDM que sirve para el sistema internacional PSTN hoy. La necesidad de interconectar dispositivos de procesamiento de datos que comunican asincrónicamente sobre una red sincronía SONET/SDH permitió el desarrollo de varios esquemas de encapsulamiento. La IETF estandarizó el encapsulamiento para paquetes IP dentro de SONET/SDH SPE para habilitar a los enrutadores a ser interconectados sobre SONET/SDH.

El resultado IETF RFC 1619 refiere a otros RFC's para encapsulamiento PPP en HDLC.

Cisco ha implementado el estándar Paquete sobre SONET/SDH en su núcleo y el acceso a enrutadores por un número de años y ha resultado en numerosas entregas a clientes alrededor del mundo. La red conmutada ATM también hace uso de SONET/SDH para el transporte de celdas ATM y como tal necesita un camino estándar para entregar la carga útil de ATM en el SONET/SDH SPE. El trabajo de estandarización fue subestimado dentro del Foro ATM y varios esquemas de encapsulamiento habían sido definidos para llevar tramas de AAL1/5 dentro de SONET/SDH.

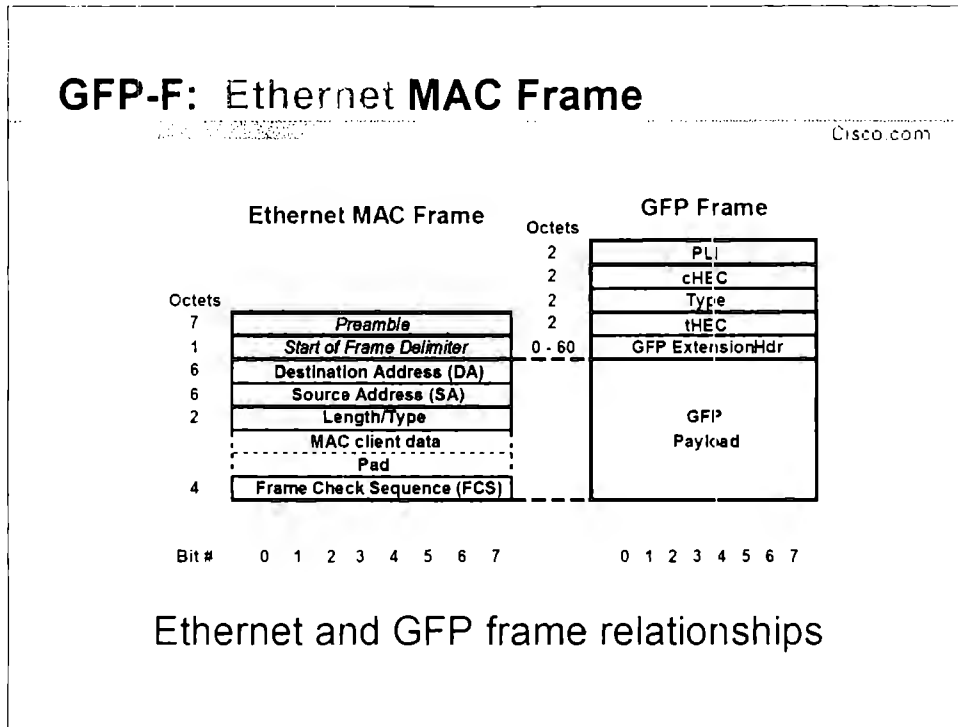
El desarrollo de estos dos estándares ha facilitado grandemente el crecimiento del tráfico de internet a través del internet público y de redes WAN privadas (de empresas) construidas ya sea con ATM o interfaces POS en enrutadores.

Mientras los paquetes de ATM e IP originan una sobrecarga en las redes, un servicio que ha estado ganando ímpetu desde finales de los 90's ha manejado la necesidad de esquemas adicionales de encapsulamiento. Desde entonces, Cisco Systems introdujo la noción de una plataforma para proveer multiservicios o MSPP, la cual permite la creación de un servicio Metro basado en Ethernet a través de una interfase en la plataforma SONET/SDH, el ONS 15454. La tendencia apunta hacia tales servicios y MSPP ha sido acelerado. A la vez, faltando un estándar claro para el encapsulamiento de Ethernet en SONET/SDH SPE's , Cisco innovó e influenció estándares existentes para crear varios esquemas para tal encapsulamiento, tales como LEX, PPP/BCP y Cisco HDLC. Estos formatos de encapsulamiento son de un amplio uso hoy entre los servicios ofrecidos de ethernet y están siendo usados en ciertos casos para facilitar la Inter.-operatividad.

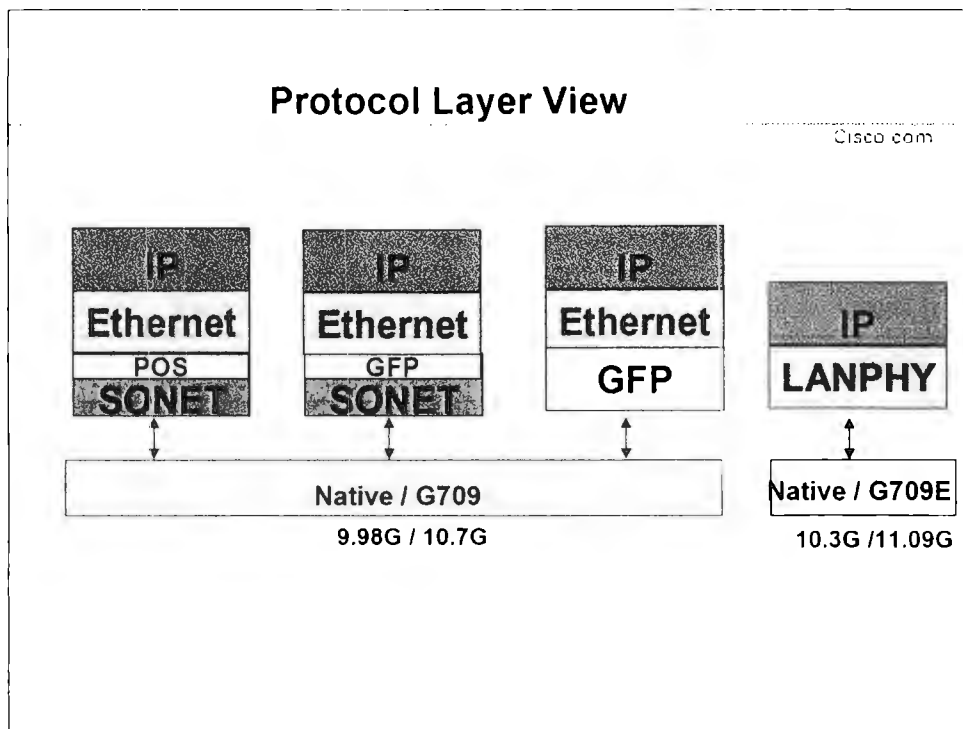
### **CREACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO DE TRAMADO GENÉRICO (GFP) DENTRO DEL ITU:**

Los esbozos desarrollados arriba hacen claro que un protocolo de encapsulamiento necesita ser desarrollados que permitiría que diferentes servicios asíncronos, orientados a tramas, fueran asignadas directamente a SONET/SDH SPE. La ITU se puso a si mismo esa tarea a través de los comités T1X1.5 y el Q.11/15 de la ITU. Cisco votó por la creación de tal protocolo en el T1X1.5. Hay varios beneficios del resultado de la especificación GFP, la cual es representada dentro del G.7041. El protocolo permite Inter.-operatividad a través de una red multi-proveedores. El GFP puede ser implementado ya sea como un encapsulamiento de trama-asignada para entregar servicios como transporte Ethernet o puede ser implementado en un modo transparente para soportar una señal codificada en bloque como las que existen dentro de un ambiente de red de almacenamiento. El GFP además no pone ningún requerimiento adicional en la red SONET/SDH existente. Y finalmente, el GFP también presenta bajo sobre-encabezamiento comparado a ciertos esquemas de encapsulamiento en algunos ambientes de red. Una limitación clave es que el protocolo esta

restringido a encapsulamiento a través de redes sincrónicas, y es por eso que, requiere del uso de HDLC a través de redes comprendidas de enlaces DS/3.



La especificación actualmente restringe en si misma ofrecer un esquema de transporte de extremo a extremo para tráfico multi-protocolo. La carga útil no es interpretada en ningún punto intermedio en la red SONET/SDH. Para hacerlo agregaría complejidad a la red de transporte, pero resultaría en el beneficio de ser posible conmutar tráfico basado en información de un encabezado adicional. Cisco ha propuesto extensiones al estándar que permitan la existencia de un extensor de encabezado de línea para facilitar el procesamiento de tráfico de datos. Este punto de monitorear el desempeño de un individual flujo de datos encapsulado dentro del GFP sería también meritorio de investigación dentro del estándar.



### IMPLEMENTACIÓN GFP DENTRO DE LOS PRODUCTOS DE TRANSPORTE OPTICO DE CISCO

Cisco entrega una línea completa de conmutadores ATM, conmutadores Ethernet, enrutadores IP y MSPP's SONET/SDH que habilita al cliente en el mundo para crear servicios Ethernet/IP/ATM. Para habilitar la creación de servicios sobre la red SONET/SDH, el ONS15454 soporta MSPP's de encapsulación HDLC de Cisco, para permitir que MSPP Inter opere con miles de paquetes sobre interfaces SONET(POS) entregadas en enrutadores alrededor del mundo.

El MSPP 15454 también soporta la encapsulación PPP/BCP que permite que un servicio de conmutación Ethernet sea creado a través del MSPP y de conmutadores Ethernet CISCO.

Soportar la extensión de de encapsulamiento (LEX) asegura que la próxima generación de interfaces de servicio como la Serie-ML sean completamente compatibles con las interfaces Ethernet existentes tales como la serie G con el MSPP 15454.

Los productos de Cisco soportan hoy muchos esquemas de encapsulamiento que permiten la creación de servicios flexibles a través de muchas líneas de producto. Así, es posible entregar hoy un completo servicio de datos punta a punta.

<i>PRODUCT</i>	ENCAPSULATION SCHEMES					KEY APPLICATIONS
	Ethernet over SONET/SDH	Cisco HDLC	PPP	PPP/BCP	LAN Extension (LEX)	
E-Series Cards for the ONS 15454 MSPP	X					Private line services up to 10 100 Mbps line rates
G-Series Cards for the ONS 15454 MSPP					X	Private line services up to Line Rate GigE
ML-Series Cards for the ONS 15454 MSPP		X		X	X	Packet based services with SLAs and QoS across the optical transport system
OSR 7600 Catalyst 6500		X		X		Core Switching applications, metro aggregation at PoP, and MPLS gateway support
Cisco 12xxx		X	X			Core Routing

El más grande beneficio de soportar GFP en el MSPP radica en el área de interoperatividad entre multi-proveedores. Para lograr esto, los estándares necesitan ser completados, los proveedores de silicio deben tener circuitos integrados (chips) que soporten la especificación completa, y finalmente los chips deben de ser incluidos en una prueba, de acuerdo con la interfaz de servicio de los equipos de los proveedores. En el caso de GFP, el estándar está cerca de ser terminado dentro del G.7041. En cuanto a Diciembre de 2002, varios chips disponibles comercialmente solo soportan parte de esta especificación. Dado esto, sería razonable esperar que un total acuerdo de productos de la comunidad de proveedores empezara a estar disponible entre el 2003-2004. Cisco comprometido para la implementación del GFP para asegurar Inter-operatividad e incluirá el GFP en las interfaces de servicios futuros para el Ethernet/IP/FibreChannel en el MSPP ONS15454 al mismo tiempo.

## ANEXO II. CISCO ONS 15305

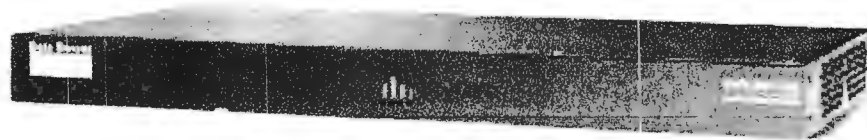
### **ETHERNET SOBRE TECNOLOGÍA SDH (EOS)**

El Plataforma de acceso a Multiservicios Cisco ONS 15305 habilita el transporte de tráfico de Ethernet y TDM sobre redes ópticas. Es simple acercarse a integrar inteligencia a la capa 2 Ethernet con la tecnología tradicional SDH, permite entregar un costo-efectivo de un avanzado servicio de datos mientras se optimiza la infraestructura existente SDH. Junto con las plataformas Cisco 15302 y Cisco ONS 15454, el Cisco ONS 15305 provee una solución punta a punta para transportar multiservicios sobre redes SDH.

### **RESUMEN DEL PRODUCTO.**

La Plataforma de acceso a multiservicios Cisco ONS 15305 transporta tráfico de Ethernet y TDM dentro de una trama SDH para aplicaciones de redes de área Metropolitana (MAN o metro). El cisco ONS 15305 puede ser usado como un agregado en la oficina central; consolidando enlaces de acceso STM-1 del CPE del cliente Cisco ONS 15302 así como también clientes TDM conectados directamente o al tráfico de datos interfaces eléctricas. El Cisco ONS 15305 puede ser también usado como CPE para medianas y grandes compañías – recolectando tráfico de voz y datos de cada uno de los sitios para servicios conmutados, conexiones entre oficinas, y acceso a Internet - para trasportarlo sobre un enlace de subida STM-1, STM-4 o STM-16 SDH a la oficina central.

El cisco ONS 15305 ofrece 4 ranuras para módulos de servicios opcionales para banda amplia e interfaces eléctricas de tráfico de banda ancha (E1/E3/DS3); interfaces ópticas (STM-1, STM-4, STM-16), e interfaces Ethernet 10/100BASET y Gigabit Ethernet . Estos dos últimos módulos colectan el tráfico Ethernet y proveen acceso a un conmutador integrado de capa 2, un asignador de Red de Área Amplia (WAN) y un conector cruzado digital (DXC). Estos componentes de la plataforma de multiservicios habilita el transporte de Ethernet sobre SDH (EoS). Esta descripción de la arquitectura del producto explica la funcionalidad Ethernet que es posible usando el sistema Cisco ONS 15305. Una descripción completa del producto Cisco 15305 puede ser encontrada en [www.cisco.com](http://www.cisco.com)



**Figura 1. Plataforma de Acceso Multiservicio 15305**



**Figura 2. Vista frontal del equipo ONS 15305**

### **ARQUITECTURA DEL SISTEMA**

El Cisco ONS 15305 ofrece un sistema de arquitectura único que habilita la integración de tráfico TDM sensible al tiempo con tráfico de datos Ethernet que es por naturaleza en ráfagas. La Figura 7 muestra un diagrama de la arquitectura del Cisco ONS 15305. Cuatro ranuras proveen espacio para módulos con interfaz eléctrica u óptica para colectar tráfico de dispositivos externos. Cada ranura tiene 16 conexiones STM-1 (155 Mbps) hacia un conector cruzado digital (DXC) de 64X64 STM-1. El DXC está totalmente desbloqueado para la conmutación VC-4, VC-3 y VC-12. A través de estos trazos de STM-1 y el DXC, puede ocurrir la comunicación Inter.-ranuras de la información asignada a SDH.

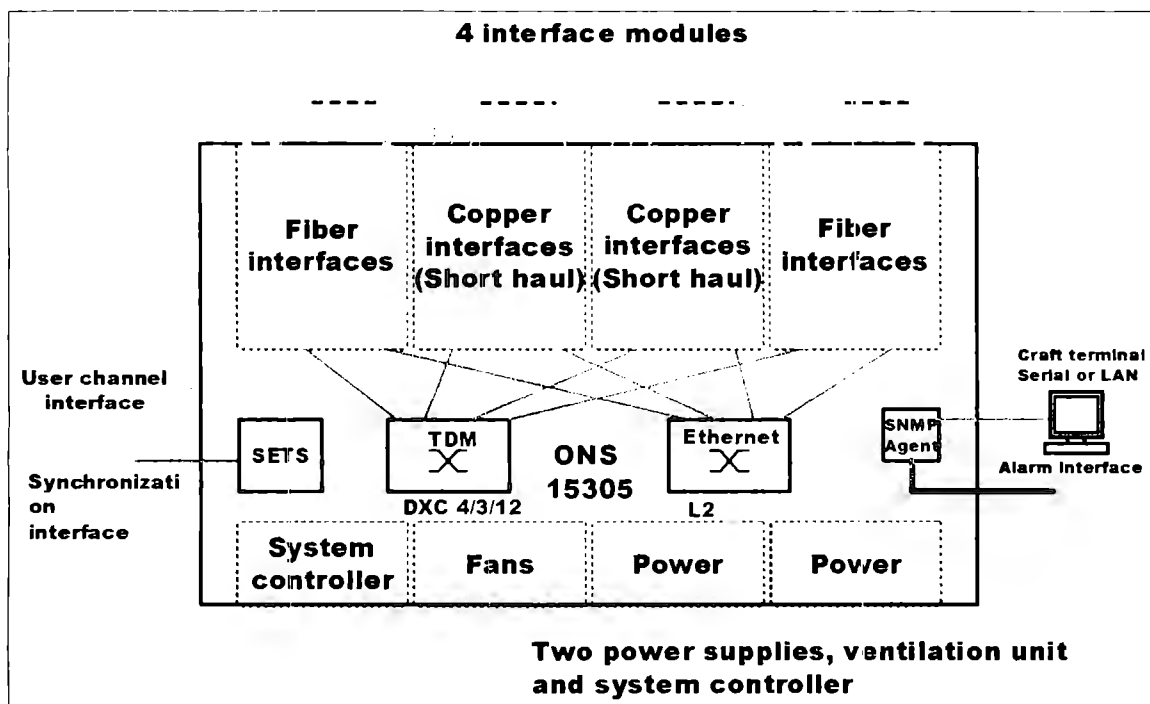


Figura 3. Diagrama de la arquitectura del equipo ONS 15305

Adicionalmente cada ranura está conectada a una barra cruzada Ethernet de capa 2 a través de 2 tramos de 1Gbps, también llamado G-Link. La comunicación inter-ranura de los paquetes Ethernet es posible a través de los G-links y la barra cruzada.

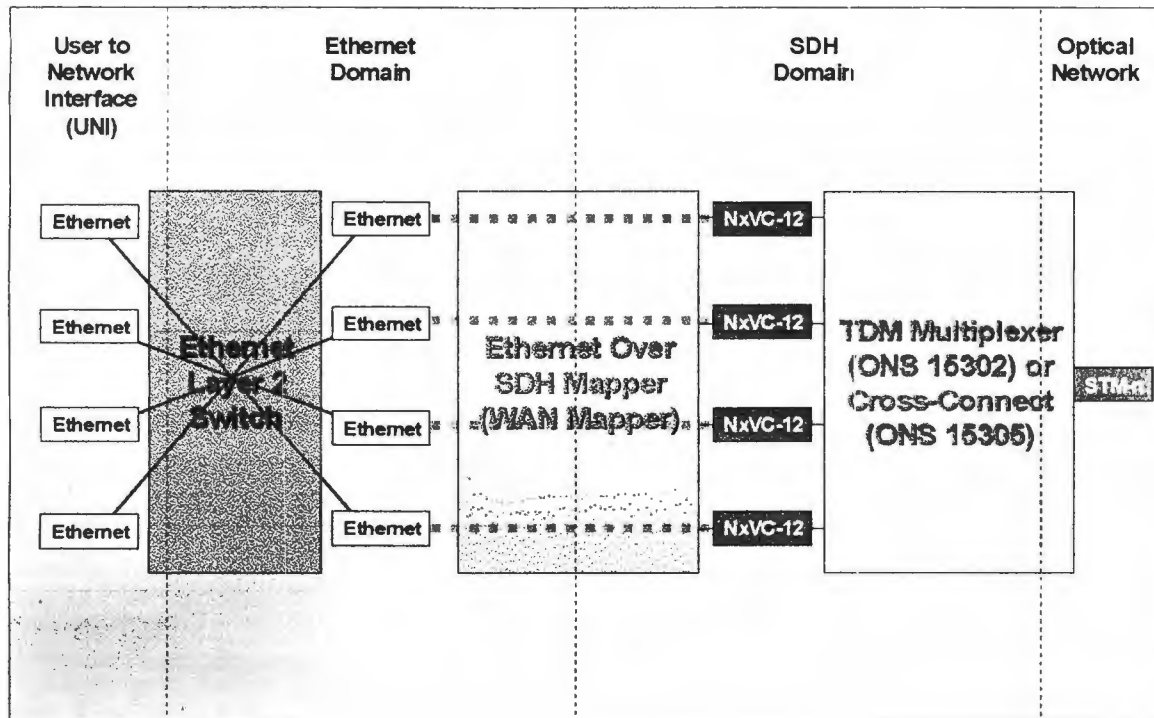
El Cisco ONS 15305 viene con un módulo de sistema controlador pre-instalado donde reside el procesador y el programa operativo es almacenado en dispositivos de memoria Flash. Estos módulos también soportan una interfase serial RS-232/VT. 100 usada por la terminal manual, y una interfaz 10Base-T de LAN usada para propósitos de administración. El sistema controlador tiene una interfaz de sincronización local la cual está directamente conectada al SET de funcionalidad en la tarjeta principal. El módulo contiene también la interfaz local de usuario o puerto auxiliar (AUX). Esta interfaz soporta una señal de un E1 y es posible seleccionar diferentes octetos de sobre encabezado de todas las interfaz SDH a los 30 "time slots" disponibles en la señal. Los conectores físicos de las cinco interfaces en el Sistema Controlador son del tipo RJ-45.

Un sistema ONS 15305 de Cisco requiere de al menos una fuente de poder de -48VDC o una de 220 VCA. Una segunda fuente de poder es opcional y puede ser usada para redundancia. La fuentes de poder de AC y DC pueden ser combinadas si es necesario. El sistema también



requiere ventiladores para proveer apropiada ventilación y protegerlo de un sobre-calentamiento. Un módulo ventilador viene instalado con cada gabinete de Cisco ONS 15305, pero puede ser removido y reemplazado durante la operación del sistema para propósitos de solución de fallas.

### **FLUJO DEL PROCESO ETHERNET SOBRE SDH (EOS)**



**Figura 4. Diagrama de flujo de información en el ONS 15305**

Una de las características clave de cisco ONS 15305 es su habilidad para asignar tráfico Ethernet sobre tramas SDH así que puede ser integrado con tráfico TDM sobre un enlace óptico. La Figura 8 describe a alto nivel el proceso de un paquete de Ethernet que es enviado desde el momento que entra al sistema a través de un IEEE 802.3 10/100BASE T o interfaz Gigabit Ethernet, hasta la salida encapsulada en una trama SDH.

## **INTERFAZ SE USUARIO A RED (UNI)**

La conexión Ethernet al Cisco ONS15305 de un concentrador, conmutador o enrutador está hecha a través de un módulo de servicio 10/100 Base T de Ocho puertos o un módulo de servicio Gigabit Ethernet de dos puertos. Cualquiera de estos módulos puede ser insertado opcionalmente en cualquiera de las cuatro ranuras de servicio.

## **DOMINIO ETHERNET**

El tráfico de Ethernet de los módulos de servicio se conectan a un conmutador de capa 2 que soporta las siguientes características.

- Conmutación de MAC
- Auto aprendizaje de la Dirección MAC
- Entradas de MAC estáticas
- Soporta hasta 24K Direcciones de MAC
- Tiempo de vida automático para direcciones MAC.
- MAC Multicast
- Transparent Bridging
- VLAN por puerto y VLAN por Puerto y Protocolo
- Full IEEE 802.1Q VLAN Tagging Compliance
- Protección contra bloqueo de línea
- Back Pressure and Flow Control Handling
- Internet Group Management Protocol (IGMP) support
- Protocolo Spanning Tree (STP) por dispositivo
- STP per VLAN according to IEEE 802.1s
- Mirroring Port

Prioridades basadas en IEEE 802.1p

Agregación de enlace basado en IEEE 802.3 AD

El tráfico conmutado se envía al asignador de Red de Área Amplia de SDH (también conocido como asignador WAN) que encapsula el tráfico Ethernet en ITU-T G.707 cumpliendo con los contenedores virtuales VC-12.

### DOMINIO SDH

Los contenedores virtuales VC-12 cargan una carga útil de Ethernet están conectados al DXC donde la matriz de conexión cruzada puede ser configurada para conmutar el tráfico encapsulado de Ethernet junto con los contenedores TDM. El DXC direccionará los contenedores hacia un módulo de servicio con una interfaz de enlace de subida óptica SDH. Este módulo asignará los contenedores VC-12 en jerarquía SDH.

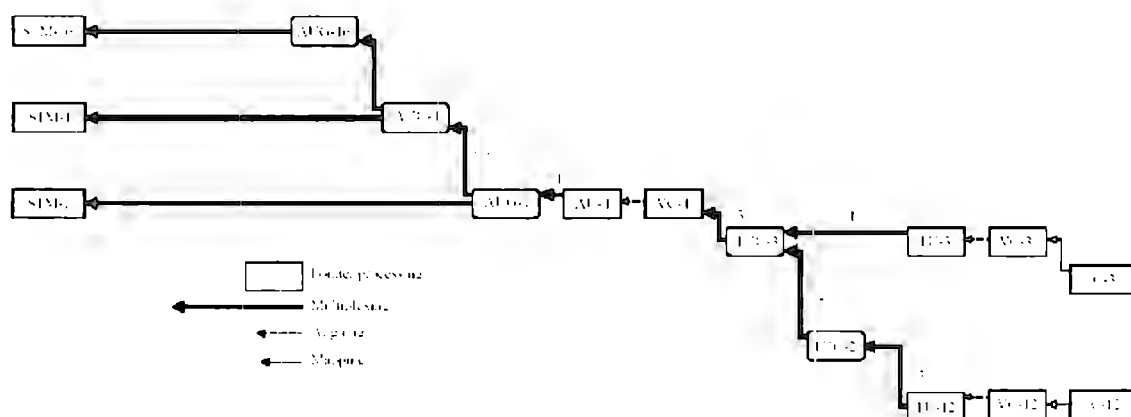


Figura 5. Asignación VC-12 en la jerarquía SDH

## **RED OPTICA**

Para la conexión a la red de fibra óptica, el Cisco ONS 15305 provee módulos de servicio opcionales que soportan las siguientes interfaces ITU-T G.957:

- ✧ S1.1
- S4.1
- ✧ L4.2
- ✧ S16.1
- ✧ L16.2

## **CONMUTADOR INTEGRADO DE CAPA 2 Y MÓDULO ASIGNADOR DE WAN.**

El módulo STM-1 de ocho puertos, 15305-S1.1-8-LC, hace del Cisco ONS 15305 un dispositivo óptico multiservicio ideal. El conmutador integrado de capa 2 y el mapeo WAN también residen en el 15305-S1.1-8-LC para permitir a múltiples módulos Ethernet compartir este recurso para conmutación y mapeo común a una carga útil de SDH. La arquitectura óptica y Ethernet integrada es óptima para aplicaciones donde múltiples señales STM-1 de otros dispositivos ópticos Cisco – Tales como el Cisco ONS 15302- sean agregados a la unidad Cisco ONS 15305. Tráfico Ethernet que es asignado a la carga útil de las señales agregadas STM-1 pueden ser terminadas en uno o más módulos de servicios 10/100 BASE T o Gigabit Ethernet en el mismo sistema Cisco ONS 15305, o pueden ser enviadas a enlace de subida de interfaz óptica.

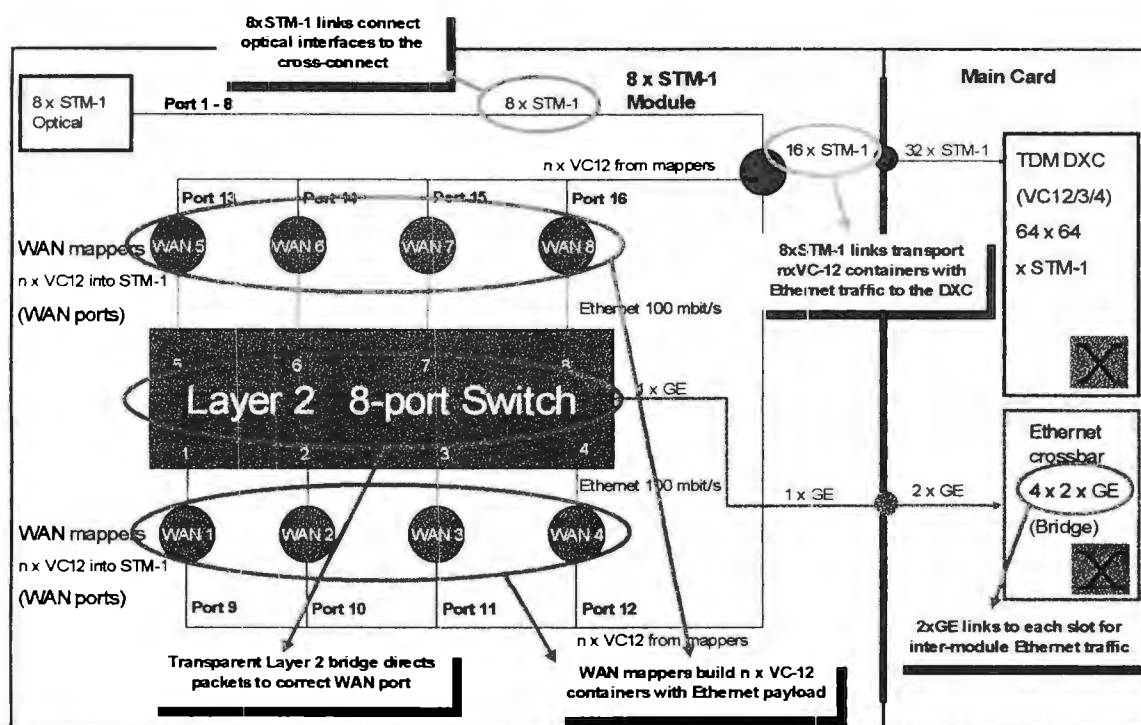


Figura 6. Diagrama del módulo STM-1 de 8 puertos con el conmutador Ethernet de capa 2 y la función de asignación.

La Figura 6 muestra un diagrama del 15305-S1.1-8-LC, un módulo STM-1 de ocho puertos con un conmutador de capa 2 integrado de ocho puertos y ocho asignadores WAN de Ethernet sobre SDH, el tráfico de datos colectado de los dispositivos Ethernet externos -concentradores, conmutadores y enrutadores - entran al sistema a través del módulo Ethernet y es enviado sobre el G-Link disponible a la barra cruzada en la tarjeta principal. La barra cruzada esta conectada a través de uno de los dos G-links disponibles por ranura al puerto Gigabit Ethernet en el conmutador de capa 2 dentro del módulo 15305-S-1.1-8-LC: Cada puerto del conmutador de capa 2 está conectado al asignador WAN. Usando tablas de reenvío, el conmutador de capa 2 envía cada paquete recibido de la barra cruzada al apropiado asignador de WAN basado en la dirección MAC de destino.

Cada asignador de WAN puede ser configurado para asignar tráfico de Ethernet hacia 50 contenedores VC-12 en la trama SDH. El número de contenedor VC-12 también define la tasa de transferencia Ethernet para ese puerto. Cada VC-12 puede soportar una carga útil de hasta 2,176 Mbps. Por lo tanto, si un puerto de WAN está configurado para soportar tres contenedores VC-12, la tasa de transferencia Ethernet para ese puerto será de 6,528 Mbps.

Un enlace STM-1 conecta cada asignador de WAN al DXC, consumiendo 8 de los 16 enlaces STM-1 disponibles para cada ranura. Los otros 8 enlaces STM-1 son usados por las interfaces ópticas en el mismo módulo de servicio opcional. En el DXC, todos los contenedores VC-12 cargando tráfico Ethernet son conmutados a otros enlaces STM-1 conectados a los módulos ópticos que proveerán un enlace de subida para el tráfico Ethernet en el siguiente dispositivo en la red SDH.

### **LIMITANDO EL TRÁFICO POR PUERTO DE LAN**

Cada uno de los ocho EoS de WAN pueden ser individualmente configurados para proveer  $N \times$  VC-12 contenedores virtuales- donde N puede ser de 1 a 50- para acceder el DXC de TDM. Desde una perspectiva de aplicación, esto permite limitar el ancho de banda usado en la red SDH para transportar paquetes Ethernet. Esta limitación de ancho de banda puede ser hecha en incrementos de 2 Mbps y hasta 100 Mbps por asignador WAN. Esta capacidad es representada gráficamente en la figura 12. Para aplicaciones Gigabit Ethernet, el enlace de agregado IEEE802.1AD es usado para soportar hasta 800 Mbps de ancho de capacidad de banda para transporte de paquetes.

Cuando el Cisco ONS 15305 es usado para soportar múltiples redes- más de un cliente o más de una LAN virtual (VLAN) dentro de un mismo cliente - Es requisito asegurar que cada LAN tiene acceso al monto correcto de ancho de banda en la red SDH. Por ejemplo, si un proveedor XYZ está proveyendo servicios de LAN a los clientes A, B y C en el mismo edificio de oficinas, un solo módulo de ocho puertos Ethernet 10/100 BASE T (15305-E100.8) en una unidad Cisco ONS 15305 puede ser usada para proveer acceso para estos clientes a la red XYZ. Si A, B, C cada uno contrató un servicio de transporte de 10,50 y 100 Mbps EoS respectivamente, se requiere que el tráfico de Ethernet de cada cliente en la UNI se le permita el acceso únicamente a la cantidad de ancho de banda en la red SDH que contrató.

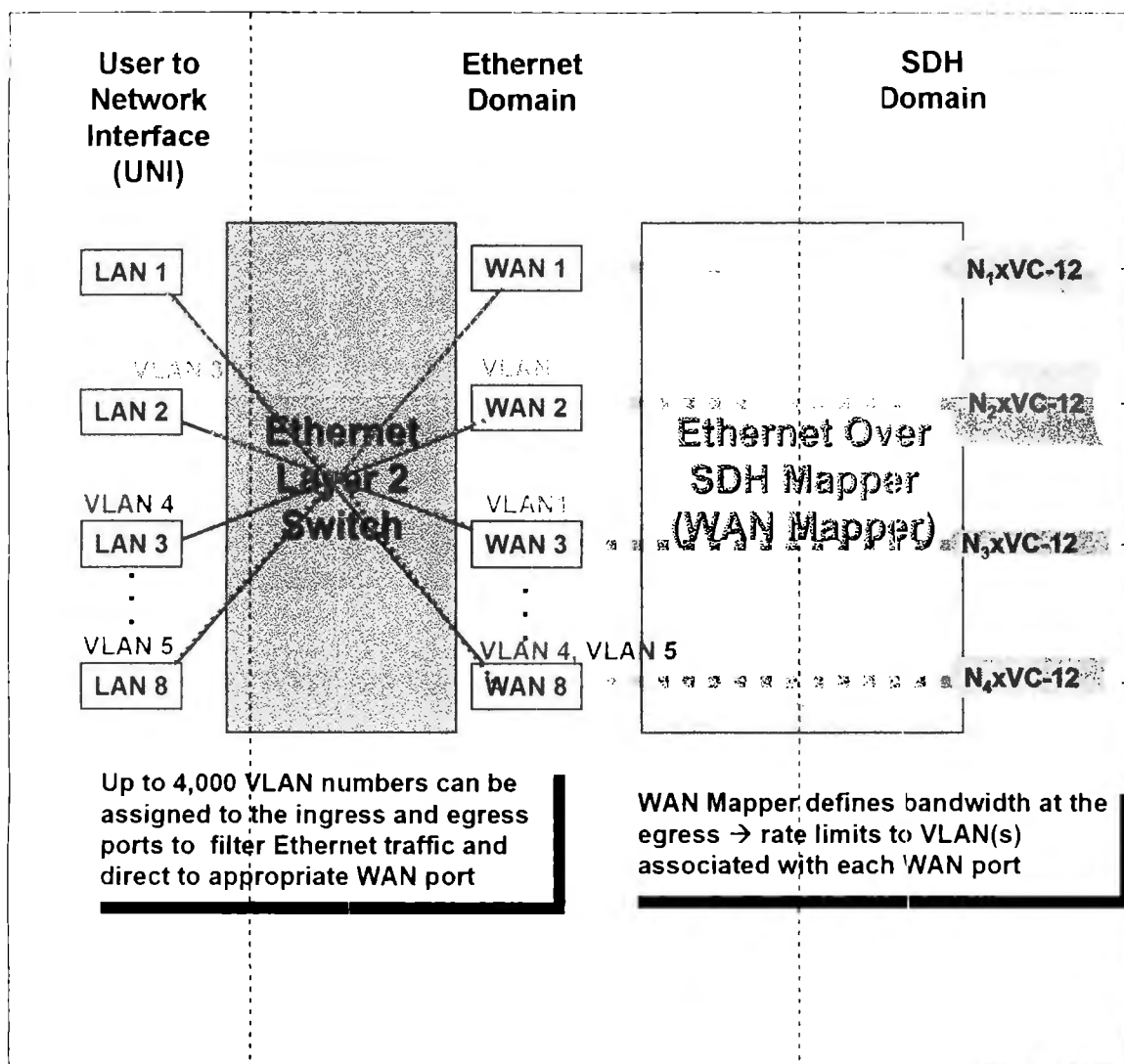


Figura 7. Limitación de transferencia a la capacidad NxVC-12

El primer paso para hacer esto es asignar tres de los ocho asignadores WAN disponibles – asignador WAN 1, asignador WAN 2, asignador WAN 3- una capacidad de 10 Mbps ( 5 x VC-12), 50Mbps (25 x VC-12) y 100Mbps (50 X VC-12) respectivamente. Después tres VLAN necesitan ser creadas. Hasta 4,000 identificadores IEEE 802.1q de VLAN están disponibles en el conmutador de capa 2 en el Cisco ONS15305. En algunos casos, el usuario final necesitará especificar el identificador de la VLAN para ser consistente con su red local. En éste ejemplo, las redes virtuales serán llamadas VLAN 10, VLAN 50 y VLAN 100, representando el ancho de banda al que tendrán acceso en la red SDH. Finalmente, cada VLAN necesita ser asociada a dos puertos - uno es el UNI para el cliente asignado, y el otro

es el puerto en el conmutador de capa 2 que está conectado al asignador WAN configurado para soportar el ancho de banda contratado por ese cliente. Así la VLAN 10 será asociada a la UNI del cliente A, y el puerto del conmutador conectado al asignador WAN será configurado para soportar 5XVC-12; la VLAN 50 será asociada a la UNI del cliente B, y el puerto del conmutador conectado al asignador WAN será configurado para soportar 25XVC-12; la VLAN 100 será asociada a la UNI del cliente C, y el puerto del conmutador conectado al asignador WAN será configurado para soportar 50XVC-12. De esta forma, el tráfico del cliente A únicamente tiene acceso a 10Mbps de ancho de banda (5xVC-12) en la red SDH, el cliente B a 50Mbps (25xVC-12) y el cliente C a 100 Mbps (50xVC-12).

Mientras que el ejemplo de arriba describe una aplicación donde una sola VLAN está asociada a cada puerto, es también posible que más de una VLAN sea asociada a un solo puerto, como se muestra en la figura 12. Cuando múltiples VLAN son asociadas a un mismo puerto, estas comparten la capacidad de ancho de banda de ese puerto. El Cisco ONS15305 soporta cuatro niveles de clasificación y encolado de tráfico IEEE802.1p para asegurar que los paquetes marcados con clase alta tengan acceso prioritario al ancho de banda disponible sobre el tráfico marcado de clase baja en un ambiente de capacidad compartida. Esto asegura que misión crítica y tráfico del cliente de alto nivel de servicio tenga acceso preferente a los recursos de ancho de banda, mientras que el resto de los paquetes son tratados en base al mejor esfuerzo.



**BIBLIOGRAFÍA.**

- Seifert, Rich (1999). Gigabit Ethernet: Technology and Applications for High-Speed LANs (6th Ed) Massachusetts: Addison Wesley.
- Izzo, Paul (2000). Gigabit Networks: Standards and Schemes for Next-Generation Networking (1<sup>st</sup> Ed) Massachusetts: Wiley.
- Minoli, Daniel. Johnson, Peter. Minoli, Emma (2002). Ethernet-Based Metro Area Networks (1<sup>st</sup> Ed). New York: McGraw-Hill.
- Bedell, Paul. (2003). Gigabit Ethernet for Metro Area Networks (1<sup>st</sup> Ed). New York: McFraw-Hill.
- Agrawal, Govind P. (2002). Fiber-Optic Communications Systems (3<sup>rd</sup> Ed) New York: Wiley Inter-Science.
- Tanenbaum, Andrew S. (1996). Computer Networks (3<sup>rd</sup> Ed) New Jersey: Prentice Hall.
- Dodd, Annabel Z. (2000). The Essential Guide to Telecommunications (2<sup>nd</sup> Ed) New Jersey: Prentice Hall.
- Cunningham, David G Lane, William G. (1999). Gigabit Ethernet Networking (1<sup>st</sup> Ed) Indianapolis: New Riders.
- Halabi, Sam (2003). Metro Ethernet (1<sup>st</sup> Ed). San José: CiscoPress.