

102  
24.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"ARAGON"

INTERCONEXION DE REDES DE AREA LOCAL  
(LAN) ATRAVES DE UNA RED OPTICA  
SINCRONA (SONET)

**T E S I S**

Que para obtener el Título de:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P r e s e n t a :

**SERGIO VARGAS ALVAREZ**

ASESOR TESIS: ING. DAVID ESTOPIER BERMUDEZ

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

San Juan de Aragón, Edo. de México. de 1997



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

## *AGRADECIMIENTOS*

*NADA EN ESTA VIDA ES FÁCIL. PERO  
CON ESFUERZO TODO SE PUEDE LOGRAR*

### *GRACIAS*

*A DIOS Y A MIS PADRES: SERGIO Y SOFÍA  
POR LOS SACRIFICIOS Y POR LA MAS GRANDE HERENCIA  
QUE ME PUEDEN DEJAR : UNA PROFESIÓN.*

*A MIS HERMANAS Y FAMILIARES  
POR SU APOYO TANTO MORAL COMO ECONÓMICO*

*A LOS PROFESORES Y A MI ASESOR  
POR SUS ENSEÑANZAS; A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS  
POR QUE FORMAMOS UN GRAN GRUPO*

*GRACIAS PAULINA POR EL GRAN APOYO  
QUE ME HAS BRINDADO*

*MUCHAS GRACIAS A TODOS*

*SERGIO VARGAS ALVAREZ*

# **INTERCONEXION DE REDES DE ÁREA LOCAL (LAN) A TRAVES DE UNA RED OPTICA SINCRONA (SONET)**

## **C O N T E N I D O**

<b>PROLOGO</b>	<b>I</b>
<b>INTRODUCCION</b>	<b>III</b>
<b>CAPITULO I GENERALIDADES DE LA FIBRA OPTICA</b>	
1.1. Las fibras ópticas	1
1.2. Características	2
1.3. Cables	7
1.4. Conectores y detectores	8
1.5. Emisores de luz	8
1.6. Modulación en fibra óptica	9
1.7. Aplicaciones actuales y futuras.	10
<b>CAPITULO II INTRODUCCION A LA FILOSOFIA SONET</b>	
2.1. El nuevo estándar para el transporte óptico	13
2.2. La multiplexión en SONET	14
2.3. La construcción del formato SONET	16
2.4. Elementos de la red SONET	29
2.5. Configuraciones del equipo SONET	32
<b>CAPITULO III ANALISIS DE LAS VENTAJAS DE SONET</b>	
3.1. Los beneficios de SONET	35
3.2. Interconexión óptica	35
3.3. Configuraciones multipunto	36
3.4. Nuevos servicios	44
<b>CAPITULO IV CLASIFICACION DE UNA RED OPTICA SINCRONA</b>	
4.1. El valor de los anillos	45
4.2. Interconexión de SONET con otros anillos	47

4.3.	Distribución del ancho de banda	48
4.4.	Tipos de anillos	49
4.5.	Objetivo de la escalabilidad	62

#### **CAPITULO V EJEMPLO DE UNA RED HIPOTETICA SONET**

5.1.	Red hipotética	68
5.2.	Transición a SONET	68
5.3.	Planeando el anillo	74
5.4.	Administración del ancho de banda	92

#### **CAPITULO VI INTERCONEXION DE LAN's EN SONET**

6.1.	Los fundamentos de la interconexión de LAN's	97
6.2.	Redes LAN's en SONET	101
6.3.	FDDI en SONET	107

<b>CONCLUSIONES</b>	<b>110</b>
---------------------	------------

<b>GLOSARIO</b>	<b>111</b>
-----------------	------------

<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>117</b>
---------------------	------------

## **PROLOGO**

En la última década la industria de las comunicaciones ha tenido un desarrollo muy importante con el incremento de las computadoras, así como un aumento de las redes de área local (LAN's) entre las que podemos mencionar la Ethernet, Token Ring y la FDDI (Red LAN de alta velocidad).

Con este desarrollo se ha creado un estándar a nivel mundial: En Europa es conocido como Synchronous Digital Hierarchy (SDH) el cual es aprobado por el Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía (CCITT renombrado IUT-T) con las recomendaciones G.707, G.708 y G.709.

En Estados Unidos se le conoce como Synchronous Optical Network (SONET) el cual es aceptado por el Instituto Nacional Norteamericano de Estándares (ANSI) con los estándares ANSI T1.105 Y T1.106.

En este trabajo nos dedicaremos a SONET, del cual en el primer Capítulo se dará una breve explicación a un medio de transmisión mismo que ha tenido un gran auge dentro de las telecomunicaciones.

El Capítulo dos da una descripción de SONET así como algunos conceptos que son de gran utilidad para el desarrollo de este trabajo.

El Capítulo tres trata de los beneficios de SONET como son, la interconexión óptica, las configuraciones multipunto y la reducción de equipos.

El Capítulo cuatro nos da una descripción de los diferentes tipos de anillos que pueden ser utilizados así como la comparación de la capacidad y también nos describe un concepto importante como es la escalabilidad.

**El Capítulo cinco es un ejemplo de una red hipotética y el Capítulo seis está dedicado a la importancia de SONET para la interconexión de redes LAN.**

## INTRODUCCION

En los últimos años, las comunicaciones tanto en medios de transmisión como en sus aplicaciones han evolucionado substancialmente.

El medio de transmisión que ha tenido un gran crecimiento es la fibra óptica ya que por las características que esta poseé es de gran utilidad. Grandes empresas tanto internacionales como nacionales han la utilizado fibra óptica como medio principal para sus comunicaciones. Podemos citar algunos ejemplos como son: AT&T, Avantel, TELMEX, PEMEX, etc.

Las principales características de la fibra óptica son:

- Ligeras y compactas
- Muy bajas perdidas
- Gran capacidad de información
- Libres de interferencias eléctricas y
- Baja susceptibilidad a interferencias

Las aplicaciones de la fibra óptica son muchas, una de ellas es el nuevo estándar el cual es conocido en Estados Unidos y Canadá como "Synchronous Optical Network" (SONET). Este consiste en una Red óptica síncrona que trabaja a 51.840 Mbps y puede tomar valores de  $N= 3, 9, 12, 18, 24, 36$  y  $48$  que corresponde a los rangos de 155 .250 Mbps, 466.560 Mbps, 622.080 Mbps, etc.

SONET ofrece grandes beneficios como pueden ser; la escalabilidad, la protección contra fallas de enlace y fallas en la oficina central (fallas de nodo) y la versatilidad para aumentar la cantidad de nodos sin grandes complicaciones técnicas, como lo hacen otras tecnologías.



Los tipos de anillos que pueden ser: anillos de protección compartida y anillos de protección dedicada. Los anillos de protección dedicada tienen una gran ventaja ya que se pueden reducir los costos a diferencia de los anillos de protección compartida.

La protección en los patrones de tráfico debe estar disponible para proteger el tráfico que transita en los anillos. Si una falla ocurre en un punto de unión, el tráfico es reruteado ó reenrutado a otro.

Otro punto importante es que el tráfico debe ser reenrutado ó reruteado en milisegundos por los anillos y sistemas 1+1 para evitar que el equipo de red tenga la pérdida de llamadas por falla.

Las aplicaciones de SONET pueden ser: televisión de alta definición, vídeo-conferencias, transferencia de archivos de supercomputadoras, la interconexión de redes LAN (la cual tratamos en este trabajo), etc.

Por lo anterior expuesto, se ve claramente la importancia de un texto que permita analizar todas y cada uno de los conceptos de SONET.

Así, el presente trabajo está dividido en seis capítulos tal como se detalla en el prólogo.

**CAPITULO I**  
**GENERALIDADES DE LA FIBRA OPTICA**

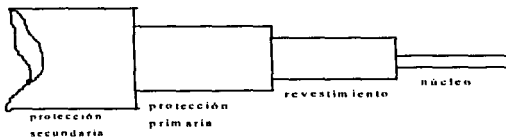
# I. BREVE EXPLICACION DE FIBRAS OPTICAS

## 1.1. LAS FIBRAS ÓPTICAS

La luz, es ahora utilizada como uno de los más eficientes métodos de comunicación a través de las fibras ópticas.

Las fibras ópticas están construidas de manera tal que la luz viaja dentro de ellas, a través de muchos kilómetros con la mínima atenuación. Por ello se les nombra también guías de onda ópticas.

Las fibras ópticas tienen un material dieléctrico interno denominado núcleo, por donde viaja la luz, y otro de menor índice llamado revestimiento, sin el cual se perdería el efecto de guía de onda. Sobre el conjunto núcleo-revestimiento, se aplica una capa fina llamada protección primaria, la cual se describe más adelante.



**FIGURA 1.1. La estructura de las fibras ópticas**

Núcleo y revestimiento forman una sola unidad, siendo ambos de un vidrio de muy alta pureza, con diferencias en su composición controlada por computadora durante el proceso de fabricación. Así, en la zona donde se unen, la luz que viaja en el núcleo se refleja en el revestimiento y regresa al núcleo para continuar viajando a través del mismo. Este efecto se conoce como modo de propagación.

## 1.2. CARACTERÍSTICAS.

La luz infrarroja es la que ha sido seleccionada para establecer las comunicaciones via fibras ópticas. Ya que el infrarrojo no es visible, en lugar de colores se habla de las longitudes de onda de la luz. En las fibras ópticas se utilizan las longitudes de onda: 850 nanometros (NM equivalente a una millonésima de milímetro) y 1550 NM.

Las dimensiones de las fibras ópticas son de micras, es decir milésimas de milímetros. El revestimiento ha sido prácticamente estandarizado. En cambio el núcleo tiene típicamente dos diámetros: 50 micras y 9 micras. Se aprecia que estas dimensiones son comparables con las de las longitudes de onda utilizadas, ya que  $1000 \text{ NM} = 1 \text{ micra (m)}$ .

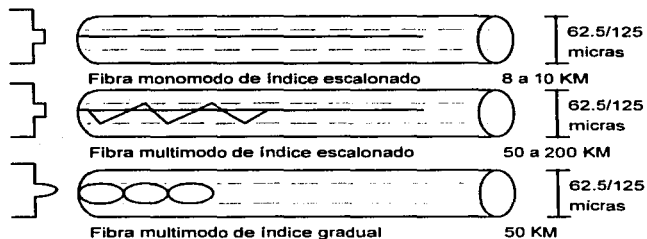
Se distinguen dos tipos de fibras ópticas, las multimodo (MM) y la unimodo ó monomodo (UM) cada una operando en diferentes longitudes de onda. (Tabla 1.2.)

**TABLA 1.2**

<b>FIBRA OPTICA</b>	<b>DIMENSIONES(um)</b>	<b>LONGITUD DE ONDA(NM)</b>
MM	50/125	850,1300
UM	9/125	1300,1500

En las fibras ópticas multimodo hay varios rayos de luz que viajan en el núcleo por reflexiones sucesivas en la frontera con el revestimiento, por lo cual llegan al otro extremo del conductor en diferentes momentos. A este tipo de fibra multimodo se le llama de índice escalonado. A fin de utilizar todos los rayos eficientemente, el

Índice de refracción del núcleo se ha diseñado en forma graduada y tiene un valor mayor con respecto al índice de refracción del revestimiento.



**Figura 1.2 Clasificación por el modo de propagación.**

Uno de los parámetros que caracterizan a las fibras ópticas es la apertura numérica, abreviada N.A. y definida en la relación:

$$N.A. = \text{SEN } B$$

siendo B el ángulo máximo con respecto al eje de la fibra óptica, que puede tener un rayo de luz para entrar y propagarse dentro del núcleo. Físicamente esto define el máximo cono de aceptación de luz dentro de la fibra. Es por ello que en las fibras ópticas multimodales se utilizan fuentes LED con grandes conos de emisión, como las fibras ópticas unimodo tienen menores conos de aceptación, entonces son aquí utilizados los láseres. Los láseres son fuentes de luz muy direccionales, con conos angostos, con lo cual es posible acoplar mayor potencia dentro de la fibra óptica.

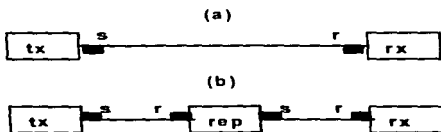
Las fibras ópticas protegidas convenientemente en un cable pueden instalarse en longitudes de varios kilómetros. Entonces el ancho de banda se calcula dividiendo el ancho de banda especificado, entre la longitud instalada.

Las fibras ópticas pueden instalarse en longitudes de varios kilómetros sin necesidad de emplear repetidores intermedios, lo cual no sucede en un cable coaxial. Esto se debe a que en las fibras ópticas, la atenuación se reduce en comparación a un cable coaxial.

El cálculo de la sección de repetición (de la separación entre el transmisor y el receptor) para equipos terminales o repetidores intermedios, se realiza en base a las propiedades de transmisión y a las características de los equipos.

El cálculo en el diseño de un sistema de repetición por fibra óptica está relacionado a la limitante de atenuación, de tal forma que los valores permisibles de la atenuación puedan conocerse en base a los requerimientos y resultados de diseño propuestos.

Conviene modelar el sistema de transmisión tal como se indica en la figura 1.3, el cual hace referencia a un sistema sin repetidores intermedios (a) o con repetidores (b).



**Figura 1.3 (a) Sistema sin repetidores, (b) con repetidores**

El cálculo de la atenuación se realiza mediante la suma de las componentes siguientes:

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

La separación máxima entre equipos terminales o entre repetidores L, considerando la limitante de atenuación, puede expresarse por:

$$\alpha L + K_{aj} = 10 \log (P_t/P_r)$$

donde:

$\alpha$  es la atenuación de la fibra (db/km)

$a_j$  es la pérdida por empalme promedio (db)

$P_t$  es la potencia acoplada a la fibra óptica (potencia transmitida ó densidad de potencia que inside en la fibra)

$P_r$  es la potencia mínima requerida en el receptor

$\log (P_t / P_r)$  son las pérdidas permisibles en un enlace óptico

K es el número de empalmes ( $L / L_o$ ),  $L_o$  es la longitud que proporciona el fabricante.

Sustituyendo el valor de K y despejando la longitud L nos queda:

$$\alpha L + (L a_j)/L_o = 10 \log (P_t / P_r)$$

$$L ( \alpha + (1) a_j )/L_o = 10 \log (P_t / P_r)$$

$$L = \frac{10 \log (P_t/P_r)}{\alpha + (1) a_j / L_o}$$

La continuidad de un cable se logra haciendo uniones por fusión de la fibra. La fusión se obtiene aplicando un arco eléctrico a la unión (a tope) de dos fibras ópticas. Hecha la fusión se protege con una resina o materiales similares y a su vez el conjunto de las fibras ópticas del cable ya fusionadas se protegen con una envolvente llamada "cierre de empalme". Este cierre es una caja hermética donde se sujeta el cable y se protege en el punto donde se le ha dado continuidad.

Se pueden resumir los parámetros más importantes de las fibras ópticas en la siguiente tabla.

**TABLA 1.2.2.**

<u>PARAMETRO</u>	<u>CARACTERISTICA</u>
DIAMETRO DEL NUCLEO	DIMENSIONAL
APERTURA NUMERICA	CONO DE ACEPTACION DE LUZ
ATENUACION	LONGITUD DE COMUNICACION
ANCHO DE BANDA	CAPACIDAD DE INFORMACION



### **1.3 CABLES.**

En la fibra óptica, núcleo y revestimiento se protegen contra la humedad inicialmente con una capa de acrilato, a dicho acrilato se le conoce como protección primaria.

La construcción de un cable se inicia con la protección secundaria que puede ser holgada o adherida. La preferida es del tipo holgado. Ya que no se transmiten directamente a la fibra muchos de los esfuerzos a que se someten los cables. La intención de la protección holgada es permitir a la fibra un libre movimiento dentro de ella. Se puede decir que es un tubo termoplástico de unos cuantos milímetros de diámetro, la cual es una excelente protección secundaria holgada.

La estructura más sencilla de un cable se forma con siete elementos circulares, todos ellos de igual diámetro, esto es uno al centro y seis a su alrededor. Poniendo al centro un refuerzo que se utilizará como elemento de tracción, en cada una de las seis posiciones se puede colocar un tubo termoplástico que contenga una o más fibras, lo cual representa una gran cantidad de información que puede transmitirse en un cable.

Al conjunto de elemento central de tracción con los seis tubos dispuestos helicoidalmente a su alrededor, se le protege con una cubierta termoplástica. Por último, se aplica una protección mecánica con acero longitudinal corrugado y sobre éste una segunda cubierta también de material termoplástico.

El cable descrito podrá utilizarse en longitudes de uno o dos kilómetros o aún más, haciendo la continuidad de las fibras por fusión y protegiendo al cable en este punto con los cierres de empalme. En los extremos del cable total hay que separar las fibras ópticas provenientes de cada tubo. Para este fin se utiliza un cable más sencillo, conocido como cable terminal.

Para los cables terminales, la protección secundaria es del tipo adherido, lo que se hace aplicando directamente sobre la fibra un material termoplástico que le dá a la fibra un diámetro poco menor a un milímetro. A continuación se aplica longitudinalmente un refuerzo mecánico textil y la cubierta termoplástica. Así se obtiene un cable terminal de aproximadamente tres milímetros de diámetro.

#### **1.4 CONECTORES Y DETECTORES**

Para unir el cable terminal con los equipos de comunicación, se aplican conectores. Estos conectores son por lo general elementos mecánicos de muy alta precisión, ya que deben posesionar a las fibras con exactitudes de micras y además debe ser posible conectar/desconectar. Detrás del conector, en el equipo de comunicación, hay otro pequeño tramo de fibra que lleva la señal a un elemento detector.

La conversión de la señal luminosa en información eléctrica se hace precisamente en el detector, el cual es un dispositivo optoelectrónico. Hay varios tipos de detectores, siendo los más comunes los diodos PIN y los diodos ADP. Ellos son escogidos por las velocidades de respuesta para trabajar desde DC hasta cientos de megahertz, es decir, los grandes anchos de banda que pueden transmitirse en las fibras.

#### **1.5 EMISORES DE LUZ**

Paralelamente con el desarrollo de las fibras, en electrónica se desarrollaron las fuentes de luz LED, diodos emisores de luz, tanto visible como infrarroja, actualmente los LEDs pueden modularse en alta frecuencia, hasta 50 Mhz o más. Esto es

ventajoso, ya que una de las propiedades de las fibras es su gran ancho de banda (Tabla 1.5).

**TABLA 1.5**

<b>FIBRAS OPTICAS</b>	<b>ANCHO DE BANDA</b>
MULTIMODO	200 A 500 MHZ KM
UNIMODO	MAYOR A 100 GHZ KM

Otra fuente luminosa son los diodos láser (LD), hechos con materiales semiconductores.

Así que tanto los LED como los LD son los transductores electro/ópticos (E/O) idóneos, donde mediante un circuito electrónico apropiado se convierte la información electrónica en señales luminosas que se propagan a lo largo de las guías de onda luminosas.

Las señales eléctricas entran a las fibras por medio de los diodos electroluminiscentes LED ó los diodos láser, en el otro extremo de las fibras estas señales se recuperan gracias a los diodos detectores. Siendo las fibras solamente el medio a través del cual se efectúa la comunicación.

## **1.6 MODULACION EN FIBRA OPTICA**

### **Sistema de detección directa.**

Los sistemas de detección directa constan de un emisor que convierte en impulsos de luz los datos que se desean transmitir. Estos impulsos se inyectan en la

fibra óptica y se transmiten hasta el receptor, donde un fotodetector convierte las señales ópticas en eléctricas.

### **Sistema de transmisión coherente.**

Una forma de aumentar la capacidad de transmisión consiste en emplear varias portadoras ópticas de frecuencias diferentes en la misma fibra. Esta técnica se conoce con el nombre MDW (Multiplexión por división de longitud de onda).

Un procedimiento para hacer mejor uso del ancho de banda ofrecido por la fibra óptica es utilizar sistemas de transmisión óptica coherente. Estos se basan en el hecho de que la luz láser es una onda electromagnética, y como tal se puede modular en amplitud, fase o frecuencia y desmodular en el receptor. En este sentido tratan las ondas de luz como las de radio.

## **1.7 APLICACIONES ACTUALES Y FUTURAS**

Las diferentes aplicaciones de las fibras ópticas están en la telefonía, transmisión de datos, señales de televisión, distribución terrestre de señales de satélite. A continuación se da una lista de las más importantes:

### **a) Telefonía.**

- Enlaces sin repetidoras entre centrales telefónicas.
- Enlaces interurbanos con repetidoras.
- Enlaces transoceánicos por cable óptico submarino.
- Transmisión de datos.
- Distribución de gran capacidad entre abonados de servicios telefónicos, videofónicos y transmisión de datos.

**b) Televisión.**

- Distribución por cable.
- Teleconferencias.
- Sistemas de seguridad.

**c) Informática.**

- Enlaces entre computadoras.
- Enlaces entre computadoras y periféricos.
- Conexión de material de oficina.
- Enlaces internos de material informático.
- FDDI (Multimedia, LANs, Transmisión de datos entre redes interdepartamentales).
- SONET.
- SDH

**d) Control de procedimientos e instrumentación.**

- Trabajo en un medio deflagrante.
- Controles Nucleares.
- Instrumentación de medida y control.

**e) Área militar.**

- Comunicaciones tácticas.
- Aviación (helicópteros, interceptores).
- Marina (submarinos, barcos).

Las ventajas que se tienen son una mayor capacidad de información, una señal libre de interferencias y un canal privado sin posibilidades de interceptación.

Se tiene en la fase experimental el llegar hasta el abonado mismo (hasta su "teléfono particular"), con una fibra óptica. Se resalta la palabra teléfono para poner en relieve que ese ya no sería propiamente un aparato sino un conjunto de servicios, como son video-teléfono, directorio telefónico, reservaciones de viaje, infinidad de canales de televisión y cualquier otro servicio de comunicación.

**CAPITULO II**  
**INTRODUCCION A LA FILOSOFIA DE**  
**SONET**

## **II. INTRODUCCION A LA FILOSOFIA SONET**

### **2.1 El Nuevo Estándar Para El Transporte Óptico.**

SONET (Synchronous Optical Network) ó Red óptica síncrona es el nuevo estándar para el transporte óptico formulado por ECSA ( Exchange Carriers Standards Association) y por la ANSI (American National Standards Institute). El estándar también está incorporado a las recomendaciones del SDH ( Synchronous Digital Hierarchy ) el equivalente en CCITT ( Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía ) del servicio de transmisión de SONET. El estándar fue iniciado por Bellcore en nombre de la Regional Bell Operating Companies (RBOCs) que propuso lo siguiente:

- Compatibilidad multivendedor (anchos de banda preestablecidos).
- Posicionamiento de la red para el transporte de nuevos servicios.
- Redes síncronas.
- Mejoramiento OAM&P (Operaciones, Administración, Mantenimiento y Provisiones).

En breve, SONET define los niveles de las portadoras ópticas (OC) y su equivalente eléctrico de las señales de transporte síncrono (STS) basada en la jerarquía de transmisión.



En la ( TABLA 2.1.) se muestran los rangos de SONET.

**TABLA 2.1 RANGOS DE LA LÍNEA ÓPTICA DE SONET.**

<b>NIVEL DE LA PORTADORA ÓPTICA</b>	<b>EQUIVALENTE ELÉCTRICA</b>	<b>RANGO DE LÍNEA (Mb/s)</b>
OC-1	STS-1	51.84
OC-3	STS-3	155.52
OC-9	STS-9	466.56
OC-12	STS-12	622.08
OC-18	STS-18	933.12
OC-24	STS-24	1244.16
OC-36	STS-36	1866.24
OC-48	STS-48	2488.32

NOTA: Los rangos de línea altos son múltiplos enteros del rango base de 51.84 Mb/s.

Por ejemplo, OC-12 = 12 x 51.84 Mb/s = 622.08 Mb/s.

## **2.2 LA MULTIPLEXIÓN EN SONET.**

La figura 2.1 ilustra la estructura de la multiplexión básica de SONET. Cualquier tipo de servicio en anillo desde DS1 a BISDN puede ser aceptado por varios tipos de adaptadores. SONET también tiene opciones para sub-DS1 con rangos semejantes a DS0.

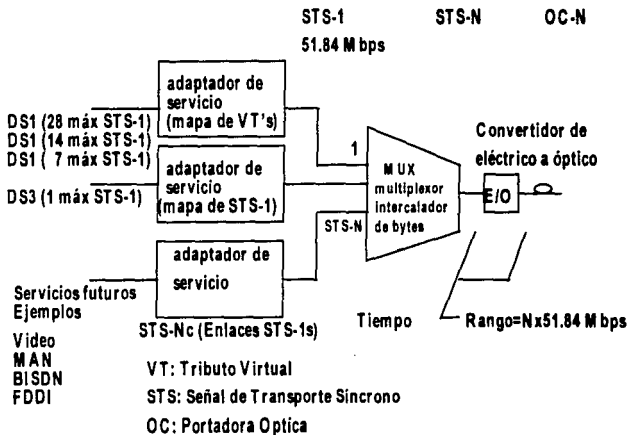


Figura 2.1. Multiplexaje en SONET

Los mapas para adaptadores de servicio son señalados dentro de la carga sobre STS-1 ó Tributo Virtual (VT). Los nuevos servicios o señales pueden transportarse por nuevos adaptadores de servicio adicionados al borde de la red SONET.

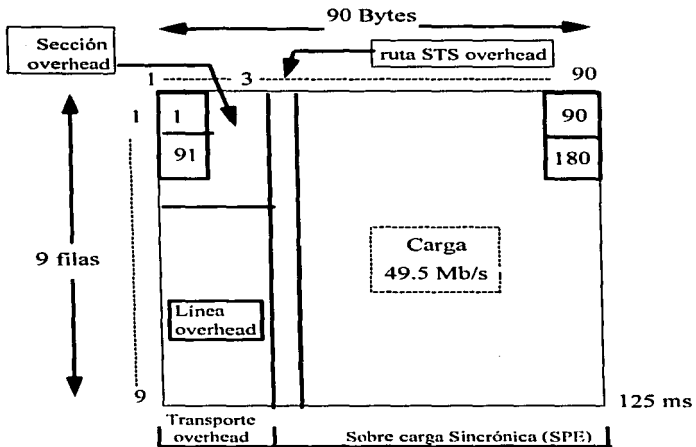
Todas las entradas son eventualmente convertidas a un formato base de una señal síncrona STS-1 (51.84 Mb/s). Las entradas de baja velocidad semejantes a DS1 son multiplexadas bit o byte primero dentro de VT. Varias STS-1 síncronas son multiplexadas juntas en una o dos etapas de proceso a una forma de señal eléctrica STS-N.

La etapas de multiplexión STS son ejecutadas dentro del Multiplexor Síncrono Intercalador de bytes. Básicamente, los bits son intercalados juntos en un formato semejante a una señal de baja velocidad visibles. Excepto las señales no adicionales que ocurren se convierten directamente de señal eléctrica a la forma de señal óptica OC-N.

### **2.3 LA CONSTRUCCIÓN DEL FORMATO SONET.**

SONET usa un bloque básico STS-1 con un rango de 51.84 Mb/s. Las señales de más alto nivel son múltiplos enteros del rango base. Por ejemplo, STS-N tiene N tiempos del rango de 51.84Mb/s. STS-12 es igual a  $12 \times 51.84 = 622.080$  Mb/s.

La construcción del formato de la señal STS-1 aparece en la figura 2.2. En general, el formato puede ser dividido en dos principales áreas; transporte overhead (Bits extras en una serie digital usada para llevar información junto a las señales de tráfico) y sobre carga síncrona (SPE Synchronous Payload Envelope).



**Figura 2.2 Construcción del formato SONET**

La sobrecarga síncrona también puede ser dividida en dos partes; la ruta STS overhead y la carga útil. La carga útil es un ingreso producido por el tráfico transportado y la encamina sobre la red SONET. Una vez que la carga útil es multiplexada en sobrecarga síncrona ésta puede ser transportada y conmutada a través de SONET sin la necesidad de nodos intermedios. Así, SONET tiende a ser un servicio independiente.

La carga útil STS-1 tiene una capacidad de transporte hasta de:

- 28 DS1'S
- 14 DS1C'S
- 7 DS2'S
- 1 DS3
- 21 CEPT1's (señal CCITT 2.048 Mb/s) o combinaciones de arriba.

TIPO	RANGO DE BITS	CIRCUITOS DE VOZ	T-1	DS3
DS1	1.544 Mb / s	24	1	-
CEPT1	2.048 Mb / s	30	-	-
DS1C	3.152 Mb / s	48	2	-
DS2	6.132 Mb / s	96	4	-
DS3	44.736 Mb / s	672	28	1

La construcción del formato STS-1 es normalmente descrito como una matriz de nueve filas de 90 bytes cada una como se muestra en la figura 2.2. La señal es transmitida byte por byte comenzando con el byte uno, explorando de izquierda a derecha desde la fila uno a la fila nueve. El formato entero es transmitido en 125 s.

SONET provee de sustancial información overhead, permitiendo la multiplexión sencilla y extendiendo grandemente las capacidades de OAM&P. La información overhead tiene varios niveles los cuales se muestran en la figura 2.3. El nivel ruta es transportado de terminal a terminal; esta es adicionada a las señales DS1 cuando estas son mapeadas en tributo virtual y cuando las cargas STS-1 viajan de terminal a terminal. La línea es para la señal STS-N y se encuentra entre los multiplexores STS-N. La sección es usada para las comunicaciones entre los elementos adyacentes a la red, tal como regeneradores.

Desde la figura 2.2. el transporte overhead es compuesto de sección overhead y línea overhead. La ruta STS-1 overhead es parte de la sobre carga sincrona (SPE). Suficiente información es contenida en overhead lo que permite a la red operar y a las comunicaciones OAM&P entren a un controlador de red inteligente y a nodos individuales.

Las especificaciones de overhead consisten en:

**Sección overhead:**

- Función de control (señal STS-N)
- Cable de mando (orderwire) local
- Canales de comunicación de datos para transportar información para OMA&P
- Construcción

**Línea overhead:**

- Función de control individual de STS-1's
- Cable de mando expreso
- Canales de datos para OAM&P

- Indicador para el comienzo de la sobrecarga síncrona
- Protección para cambio de información
- Señal de indicación de alarma de línea (AIS)
- Indicación de fallas al recibir en el otro extremo de línea (FERF)

#### **Ruta STS overhead:**

- Función de control de STS SPE
- Señal de etiqueta (equipado o no equipado)
- Estado de ruta
- Indicio de ruta

#### **Ruta VT overhead:**

- Función de control (nivel tributaria virtual)
- Señal de etiqueta (equipado o no equipado)
- Estado de ruta
- Indicador (dependiendo del tipo de VT)

### **TRIBUTARIAS VIRTUALES**

En adición al formato base de STS-1, SONET define los formatos síncronos de los niveles sub-STs-1. La carga STS-1 puede ser subdividida en tributarias virtuales, las cuales son señales sincrónicas que son usadas para transportar señales de baja velocidad.

Hay cuatro tamaños de VT los cuales se muestran en la siguiente tabla:

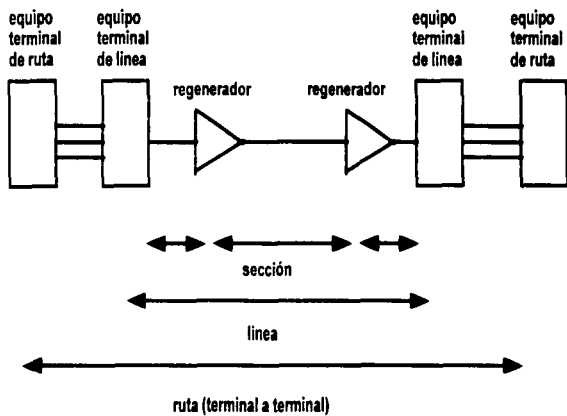


Figura 2.3 Capas overhead



**TABLA 2.3.**

<b>TIPO</b>	<b>TRANSPORTE PARA</b>	<b>RANGO</b>	<b>RANGO VT</b>
VT1.5	1 DS1	1.544 Mb/s	1.728 Mb/s
VT2	1 CEPT 1	2.048 Mb/s	2.304 Mb/s
VT3	1 DS1C	3.152 Mb/s	3.456 Mb/s
VT6	1 DS2	6.132 Mb/s	6.912 Mb/s

El VT estructurado STS tiene cargas VT y ruta VT overhead la cual comprende la VT SPE que es similar a la STS SPE. Dentro de la construcción STS-1, cada VT ocupa un número de columna como se muestra en la figura 2.4. Dentro de la STS-1 muchos grupos VT pueden ser mezclados a través de formas de carga útil STS-1.

#### **GRUPO VT**

Asociando diferentes mezclas de VT, de manera eficiente, la STS-1 SPE es dividida en siete grupos. El panorama conceptual de los grupos VT aparece en la figura 2.5 ( Los grupos VT son en realidad intercalados). Un grupo VT puede contener 1-VT6, 2-VT3's, 3-VT2's ó 4-VT1.5's. Un grupo VT debe contener únicamente un tamaño de VT's, pero diferentes grupos de VT pueden ser mezclados en un STS-1 SPE.

## **LA VISIBILIDAD DS1**

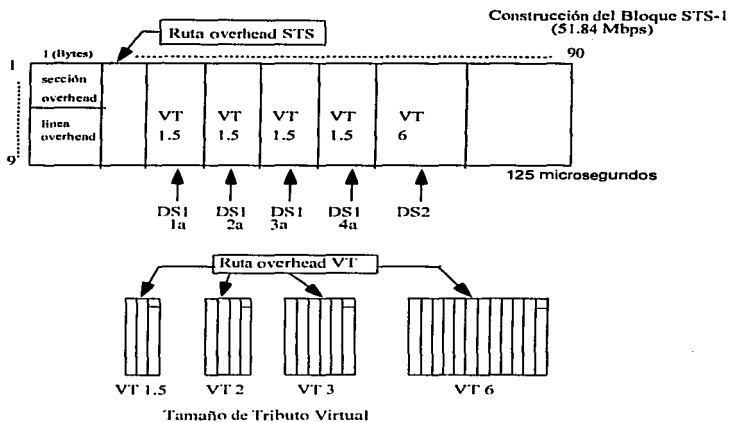
En la figura 2.4, la construcción del formato SONET STS-1 muestra individualmente las DS1's y en forma visible (ordenadas para su fácil identificación). Porque la multiplexión es síncrona, las tributarias de baja velocidad (señales de entrada) son multiplexadas juntas y son todavía visibles en altos rangos. Una VT individual contiene una DS1 que puede ser extraída sin desmultiplexar la STS-1 entera.

En un formato asíncrono DS3, las DS1's tienen juntos dos niveles de multiplexión (DS1 a DS2; DS2 a DS3) lo cual incluye la adición de relleno y marco de bits. Las señales DS1 son mezcladas en alguna parte dentro de la información de los campos de bits y no se identifican fácilmente sin completar la desmultiplexión de la trama entera.

Diferentes técnicas de sincronía son usadas para la multiplexión. En los sistemas asíncronos, el tiempo para cada terminal del sistema de transmisión de fibra óptica (Fiber Optic Transmission System FOTS) no tienen un reloj común, lo que ocasiona variaciones de frecuencias grandes. El "Bit Stuffing" ó "Bit de Relleno" es una técnica usada para la sincronía de varias señales de baja velocidad con un rango común antes de multiplexar.

## **INDICADORES**

SONET usa un nuevo concepto llamado "indicadores" para compensar las variaciones de frecuencia y fase. Los indicadores permiten un transporte transparente de la sobre carga síncrona (una STS ó VT) a través de linderos plesiócronicos, esto es entre nodos con relojes de red separados teniendo casi el mismo tiempo. Los



**Figura 2.4 Visibilidad DS1**

indicadores se usan para evitar los retrasos y pérdidas en la asociación de datos con el uso de grandes (construcción 125 microsegundos) buffers (espacio donde se almacenan datos temporalmente mientras se les puede enviar a su destino final) para la sincronía. Los indicadores proveen de un medio simple de fase dinámica y flexible alineando las cargas útiles STS y VT, de ese modo permitiendo moderar las caídas, insertando y contra conectando estas cargas útiles en la red. La señal de transmisión puede estar disponible con indicadores.

La figura 2.6 muestra un indicador STS-1 lo cual permite a la SPE ser separada desde el transporte overhead. El indicador es sencillamente un valor compensador de esos puntos de byte donde la SPE comienza. El diagrama descrito es un caso típico la SPE coincidiendo sobre dos tramas STS-1. Si éstas tienen alguna variación de frecuencia o fase entre la construcción STS-1 y su SPE, el valor de su indicador será aumentado o disminuido para mantener su sincronía.

#### **EL LEVANTAMIENTO DE LA VT**

Hay algunas opciones para que la carga útil sea mapeada en la VT. Cerrando el modo de desvío de las VT's de los indicadores con el uso del levantamiento de un byte orientado fijo. Levantando el modo flotante con el uso de los indicadores permite a la carga útil flotar dentro de la carga VT. Hay tres diferentes levantamientos del modo flotante que son asíncrono, bit síncrono y byte síncrono.

#### **ENLACES DE CARGAS ÚTILES**

Para futuros servicios, la STS-1 puede no tener suficiente capacidad para llevar servicios de banda ancha grandes. SONET ofrece la flexibilidad de enlazamiento de las VT's (únicamente VT6's) ó STS-1's que proveen de un ancho de banda necesario. La figura 2.7 ilustra la flexibilidad de SONET en el enlazamiento de tres

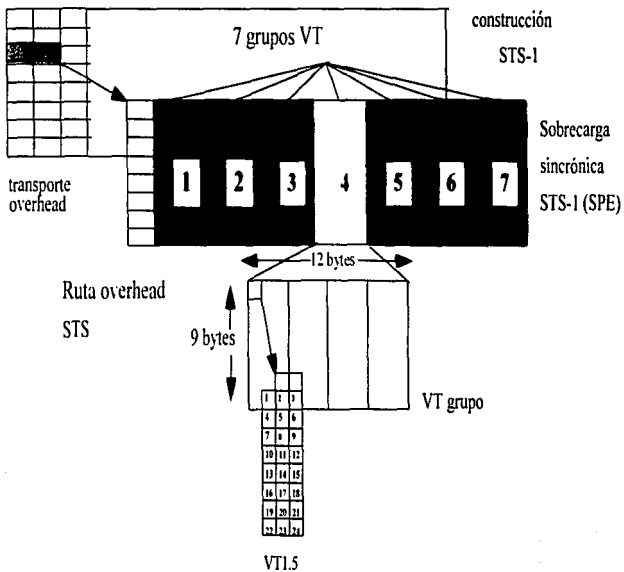


Figura 2.5. Grupos VT (Panorama conceptual)

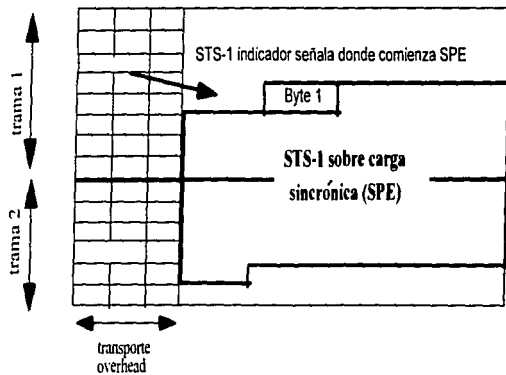


Figura 2.6 Indicadores.

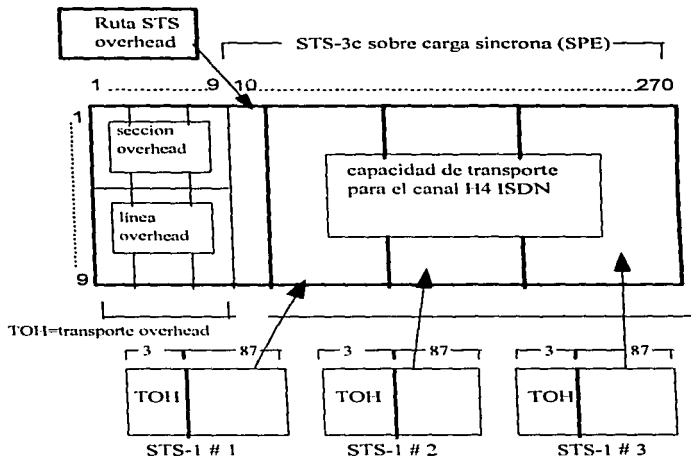


Figura 2.7 Enlazamiento de STS-1 s

STS-1's de 155.52Mb/s que suministran la capacidad de transporte al canal H4. Porque con la multiplexión, las STS-1's pueden ser enlazadas en una STS-3c. Más enlazamientos de STS-3 son múltiplos de STS-3c.

#### **2.4. ELEMENTOS DE LA RED SONET**

Aunque los elementos de la red (NEs) son compatibles en el nivel OC-N, estos pueden diferir en características de vendedor a vendedor. SONET no restringe suministros de fabricación a un producto de tipo sencillo, tampoco los requiere suministrar a todos. Por ejemplo, un vendedor puede regular un multiplexor add/drop con acceso único a DS1, considerando que otro medio ofrece acceso a DS1 y DS3. Ver figura 2.8.

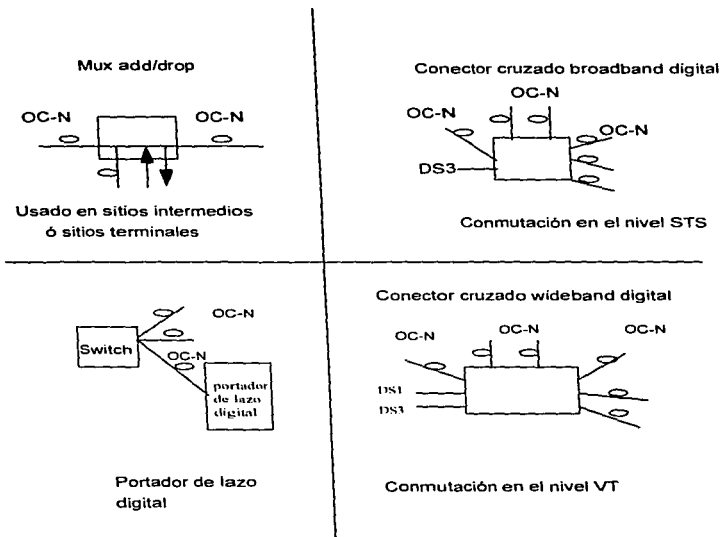
##### **MULTIPLEXOR ADD/DROP**

Un multiplexor/desmultiplexor de un solo estado puede multiplexar varias entradas en una señal OC-N. Esto puede ser desplegado en la terminal y posiciones (sitio intermedio) add/drop y puede ser configurado como un hub. A un sitio add/drop, únicamente esas señales son necesarias para ser accedadas o insertadas, permaneciendo un tráfico continuo recto a través de él sin requerimientos especiales para pasar por unidades u otro procedimiento.

##### **CONECTOR CRUZADO DE BANDA ANCHA (BROADBAND) DIGITAL**

El conector cruzado acepta varios rangos de portadoras ópticas, accesos a señales STS-1 y conmutación en este nivel. La mayor diferencia entre un conector cruzado y un multiplexor add/drop es que el conector cruzado puede ser usado para interconectar varias STS-1's. El conector cruzado de banda





**Figura 2.8 Elementos de la red SONET**

ancha puede ser usado para "grooming" (consolidado o segregando) de STS-1's ó para administración de tráfico de banda ancha. Por ejemplo, puede ser usado para segregar el tráfico de un ancho de banda alto de un ancho de banda bajo y enviarlos por separado el de ancho de banda alto (por ejemplo: video) conmutado y el de ancho de banda bajo (voz) conmutado. Esto es el equivalente sincrónico de un conector cruzado DS3 digital.

### **CONECTOR CRUZADO WIDEBAND DIGITAL**

Similar al conector cruzado de banda ancha excepto que este conmuta en niveles de las VT (similar a niveles DS1/DS2). Esto es, similar a un conector cruzado DS3/1 porque acepta DS1's, DS3's y es equipado con interfaces ópticas para aceptar portadoras de señales ópticas. Una mayor ventaja de un conector cruzado wideband es que es menor la desmultiplexión y multiplexión requerida, porque solamente es requerida si las tributarias son accesadas y conmutadas.

### **PORTADOR DE LAZO DIGITAL**

Similar al portador de lazo DS1 excepto en un nivel de portadora óptica SONET en vez de una DS1. Estas posiciones de acceso a la red transportan muchos nuevos servicios debido al largo ancho de banda asignado y proveen de un canal integrado overhead, lo cual permite vigilancia, control y provisionamiento desde la oficina central.

### **INTERFACE CONMUTADA**

Las interfaces conmutadas permiten a los niveles de portadoras ópticas encajar en la red SONET, porque con la existencia de conmutadores digitales, la conmutación es también ejecutada en el nivel DSO.

## **2.5 CONFIGURACIONES DEL EQUIPO SONET**

SONET habilita nuevas configuraciones de terminales. Estas son ejecutadas en un ancho de banda de dirección interna, reemplazando múltiples terminales back to back. Algunas de estas configuraciones de terminales son descritas en la figura 2.9.

Las siguientes configuraciones son disponibles con SONET:

### **TERMINAL**

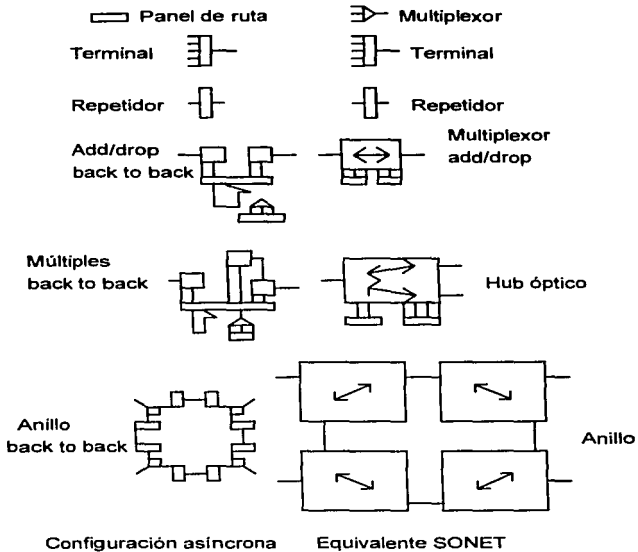
La terminal SONET es similar al sistema terminal asíncrono de fibra. Las interfaces eléctricas terminan tal como la DS-1 y la DS3. La terminal SONET transmite señales ópticas con un formato OC. Esta terminal es protegida cada 1:N ("1 por N"), donde una protección de canal protege N canales que están trabajando, o 1 + 1 donde la misma señal es transmitida bajo dos diversas rutas de pares de fibra y un selector de conmutaciones de señal alterna si la señal de trabajo es interrumpida.

### **REPETIDOR**

El repetidor recibe la señal y la retransmite en la misma ruta.

### **MULTIPLEXOR ADD/DROP (ADM)**

El multiplexor add/drop reemplaza dos terminales back to back. El tráfico de la red puede ser por medio de ADM, puede ser extraída cuando pase la señal o ser insertada en la señal. El ADM puede ser configurado para ser 1 + 1 ó 1 : N. Las terminales pueden ser mejoradas convirtiéndose en ADMs con la adición de



**Figura 2.9 Configuraciones del equipo SONET**

nuevo software y equipo. La aplicación de las configuraciones en una planta instalada ó configurada en loop (lazo) son mínimas. A la inversa, las configuraciones ADM tienen mejor uso cuando las cantidades de ancho de banda agregado y extraído de la red son casi simétricas.

## **HUB ÓPTICO**

Un hub óptico reemplaza múltiples terminales back to back. El hub es un equipo de transporte que puede finalizar en múltiples pares de fibra ópticas. El transporte de estos espacios ópticos a través del hub, puede ser extraído fuera de la señal ó ser insertado en ella. A la terminal ó ADM pueden ser mejorados convirtiéndose en un hub con la adición de equipo y nuevo software.

## **TERMINAL EN ANILLO**

La terminal en anillo es similar a un ADM, pero tiene la capacidad adicional de rerutear el tráfico sobre diversas rutas si la ruta normal falla. La capacidad de protección alrededor del otro lado del anillo es reservado en caso de ocurrir fallas. Si la terminal en anillo falla, todo el tráfico que transite en el anillo es protegido y únicamente el tráfico originado/terminado en la falla de la terminal en anillo es perdido. Las terminales 1 + 1 pueden evolucionar en terminales en anillo, entonces ambos requieren diversidad de rutas de protección de fibras.

Las configuraciones de ADM, el hub óptico y la terminal en anillo reducen lo necesario las interfaces y la combinación de paneles de ruta, multiplexores y conectores cruzados antes requeridos para manejar el tráfico. La capacidad de interconexión de estos elementos también reducen la necesidad de la intervención manual en el manejo del tráfico. La actividad manual antes requerida para alterar las rutas de tráfico pueden ser ahora reemplazada con el software de control.

**CAPITULO III**  
**ANALISIS DE LAS VENTAJAS DE SONET**

### **III. ANALISIS DE LA VENTAJAS DE SONET**

#### **3.1 LOS BENEFICIOS DE SONET.**

El transporte de la red usando SONET tiene pensado proveer de mucha más capacidad de interconexión que los sistemas existentes asíncronos. Los beneficios provistos por SONET se muestran en la tabla 3.1.

**TABLA 3.1**

#### **Beneficios de SONET**

1. Interconexión Óptica.
2. Configuraciones Multipunto.
  - Grooming
  - Reducción de las terminales  
back to back y muxes
  - Reducción del cableado y  
paneles DSX
3. Nuevos Servicios.

#### **3.2 INTERCONEXIÓN ÓPTICA**

Porque los diferentes formatos ópticos entre vendedores, no presentan la posibilidad de conexión de una terminal de fibra a otra. Por ejemplo, una manufacturera puede usar un rango de línea de 570 Mb/s; otra puede usar 565 Mb/s.

El mayor objetivo de SONET es encontrar un medio con la compatibilidad multivendedor. Ver figura 3.1. Los estándares SONET contienen definiciones de interfaces de fibra a fibra en el nivel físico (fotónico). Estos determinan el rango de línea óptica, longitud de onda, niveles de poder, formas de pulso y códigos. Los estándares de corriente también están definidos en la estructura de construcción overhead (bits extras) y el mapeo de carga.

El ambiente de multivendedor permite la conexión al enlace de fibra con cualquier portadora de intercambio (interexchange carrier IEC) con el equipo SONET, sin hacer caso de quien produce el equipo. Un vendedor puede comprar su equipo e interface conveniente y otro vendedor su equipo SONET con otra portadora diferente.

### **3.3. CONFIGURACIONES MULTIPUNTO**

La figura 3.2 ilustra las diferencias entre los sistemas punto a punto ( point to point) y multipunto (multi-point). En esta figura se muestra a un sistema asincrónico punto a punto y a SONET con la implementación de un sistema multipunto o la configuración de hub. El hub está en un sitio intermedio desde el cual es tráfico es distribuido a tres o más vías. El hub permite a cuatro nodos o sitios comunicarse como una red sencilla en lugar de tres sistemas separados. Usando un centro, los requerimientos para la multiplexión y desmultiplexión son menores y los beneficios del tráfico grooming son factibles.



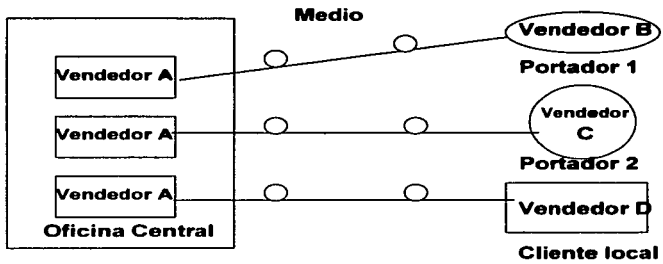
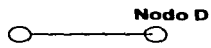
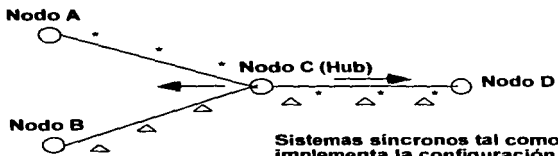


Figura 3.1 Interconexión óptica



Sistemas asincrónicos existentes con su sistema punto a punto



Sistemas síncronos tal como SONET implementa la configuración punto a punto.

- △ Tráfico en B
- \* Tráfico en A
- △\* Tráfico combinado

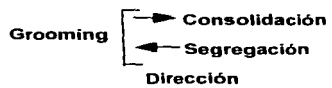


Figura 3.2 Punto a punto vs. multipunto y grooming

## **GROOMING ( DISTRIBUIDOR DE TRÁFICO)**

Grooming se refiere ya sea a la consolidación ó segregación del tráfico para hacer más eficiente el uso de las facilidades.

La consolidación son los medios que combinan tráfico desde diferentes sitios o localizaciones sobre una facilidad. En la figura 3.2 por ejemplo, los enlaces de fibra desde el Nodo A al C y del Nodo B al C son ambos subutilizados. En vez de la conexión de dos fibras de A a D, el tráfico es consolidado a lo largo de una fibra sencilla hacia el Nodo D, maximizando la utilización de las facilidades.

La segregación es la separación del tráfico. Por ejemplo, el tráfico de D deberá ir a A y B. Con los sistemas existentes, es difícil manejar la técnica de backhauling que puede ser usada para reducir las pérdidas de multiplexar y desmultiplexar. Así, el tráfico del Nodo B es portado de C hacia A. El tráfico de A es arrojado o cambiado y el tráfico de B es devuelto hacia C usando el exceso de la capacidad. Esto entonces alcanza su destino final al Nodo B.

Grooming elimina las técnicas ineficientes del backhauling. Esto es posible en el tráfico groom en un sistema asíncrono, sin embargo se requiere hacer una expansión de las configuraciones back to back y de los paneles manuales DSX o de la electrónica de los conectores cruzados. Por el contraste, el sistema SONET, puede segregarse el tráfico ya sea a STS-1 o a nivel VT y lo envía al nodo apropiado.

Grooming puede también proveer segregación de servicios. Por ejemplo, a una Oficina Central (OC), la entrada de la línea SONET puede contar con diferentes tipos de tráfico tales como conmutado (normal), no conmutado (líneas privadas), o las líneas no locales conmutadas (pasan por diferentes OC). Los elementos de la red SONET pueden convenir a la segregación conmutada o no conmutada del tráfico.

## **REDUCCIÓN DE LA MULTIPLEXIÓN BACK TO BACK**

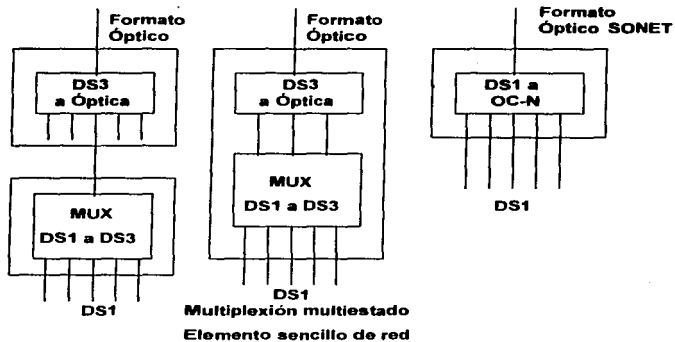
La evolución de la terminal múltiplex de fibra es ilustrada en la figura 3.3 La separación de los multiplexores M13 (DS1 a DS3) y las terminales FOTS es usada para multiplexar la señal DS1 a DS2, DS2 a DS3 y luego DS3 a un rango de línea óptica. La siguiente etapa es la integración de la terminal multiplex / fibra.

En los formatos asíncronos existentes, deben de preocuparse por tomar los circuitos en orden para evitar la multiplexión y desmultiplexión también muchas veces lo electrónico es requerido cuando la señal DS1 es procesada. Con SONET, la señal óptica entera no tiene que ser desmultiplexada, solamente las señales VT o STS para ser accesada (Figura 3.4)

## **REDUCCIÓN DEL CABLEADO Y ELIMINACIÓN DE LOS PANELES DSX**

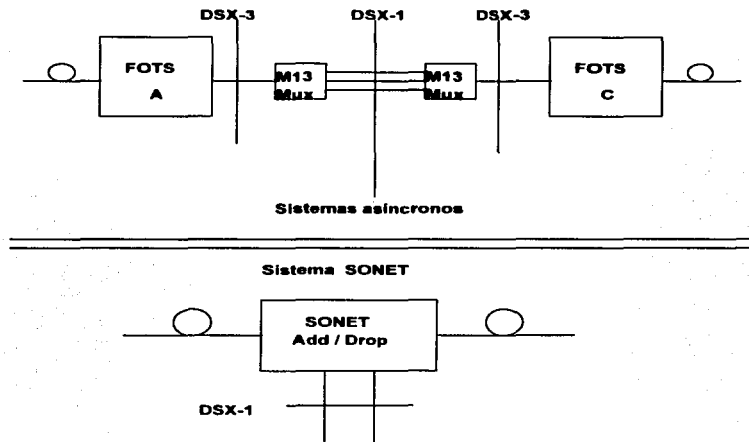
Los sistemas asíncronos son dominados por las terminales back to back porque la arquitectura FOTS asíncrona es ineficiente para otras redes de sistemas punto a punto. Ver figura 3.5. La multiplexión y desmultiplexión excesiva es usada para transportar la señal de una terminal a otra y muchos conectores cruzados DSX-1 y paneles DSX-3 son requeridos para interconectar los sistemas. La asociación de gastos como paneles, cableado, el trabajo de instalación y los inconvenientes del incremento del piso y la congestión de los cables de racks.

El correspondiente sistema SONET permite la configuración de un hub reduciendo la necesidad de las terminales back to back. Grooming es ejecutado electrónicamente así los paneles DSX no son usados excepto cuando se requiere la interface con el equipo asíncrono existente.

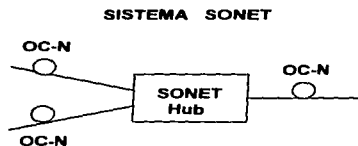
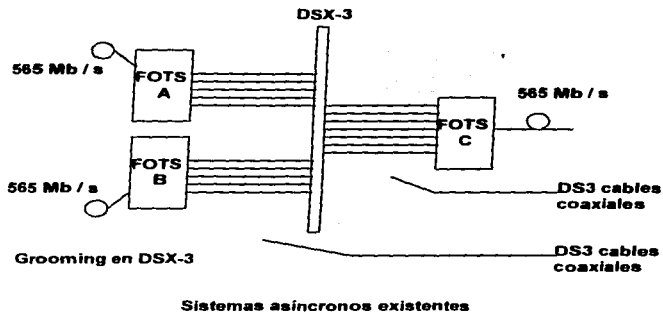


**Multiplexión multiestado**  
**Elementos separados de red**

**Figura 3.3 Evolución terminal de fibra**



**Figura 3.4 Reducción de la multiplexión back to back**



**Figura 3.5 Reducción del cableado y paneles DSX**

### **3.4. NUEVOS SERVICIOS**

Uno de los beneficios importantes de SONET es su capacidad de posición de la red para llevar nuevos servicios con lo cual pueden generar nuevas fuentes de ingreso. Porque SONET tiene una arquitectura modular, es un servicio independiente, lo provee de vastas capacidades en términos de servicios flexibles. Algunos ejemplos de los nuevos servicios son servicios en conmutación de paquetes de alta velocidad, transporte LAN y TV de alta definición (HDTV).

ISDN de banda ancha tiene pensado usar un nuevo tipo de multiplexión llamado Modo de Transferencia Asíncrono (ATM). Con ATM, la sobre carga es multiplexada dentro de celdas lo cual puede ser generada y ruteada como sea necesario. SONET provee de suficiente sobrecarga flexible tal que pueda ser usada como fundamental en el nivel de transporte para las celdas BISDN ATM.

Es conveniente mencionar que CCITT ha desarrollado la filosofía SDH como respuesta a la creación de SONET desarrollada por ANSI.



**CAPITULO IV**  
**CLASIFICACION DE UNA RED OPTICA**  
**SINCRONA**

## **IV CLASIFICACION DE UNA RED OPTICA SINCRONA**

### **4.1 EL VALOR DE LOS ANILLOS**

Los anillos de SONET tienen un valor no solo por su escalabilidad sino también porque estos capturan eficazmente las operaciones de SONET así como sus beneficios de la interconexión. Una red SONET puede ser construida de las subredes en vez de utilizar muchos sistemas punto a punto (point to point) en orden, para aumentar la escalabilidad, simplifica las operaciones y reduce el equipo requerido para el manejo del ancho de banda

### **ESCALABILIDAD**

Como las redes evolucionan, los sistemas de alta capacidad y el aumento de servicios especiales en una red se incrementan, la escalabilidad ha llegado a ser una de las más importantes consideraciones. La escalabilidad es también una oportunidad de negocios ya que la continuidad de un servicio es una llave diferenciadora en un ambiente de negocios de alta competencia.

Para tener una verdadera red eficiente es requerida la escalabilidad en contra de fallas de enlace (cables cortados) y fallas en la oficina central (nodos de falla).

En el pasado, la restauración de una falla de enlace o una falla en la oficina central fue llevada de horas a días por el arreglo manual de tráfico a través de la capacidad de la red. Ahora es posible tener el tráfico reruteado con el mismo tipo de falla automáticamente.

Los anillos de SONET son una tecnología que ofrece el 100 % de escalabilidad en contra de fallas en el equipo y fallas de enlace . En cualquier evento la terminal del anillo detecta la falla y rerutea el trafico en milisegundos . Este tiempo de restauración es lo suficientemente corto que asegura que la llamada no sea interrumpida y debilitada por el equipo de la red.

Estos anillos pueden ser considerados como una solución en el transporte de la red, ya que estos tienen los mismos atributos de escalabilidad en toda la red. El transporte escalable de una red en un backbone (conexión entre varias redes locales) de una estrategia escalable end to end, la cual protege el acceso a la red y la conmutación así como el transporte de la red. Los anillos de SONET permiten una solución en la protección del transporte de red más rápida, con un plan y operación sencillo, y mas económico que otros métodos actualmente disponibles.

#### **RAPIDEZ**

Excepto los anillos y los sistemas 1+ 1, todos los métodos que proveen de 100 % de escalabilidad contra fallas de enlace y fallas en la oficina central primero localizan la capacidad disponible en la red para rerutear el trafico a través de esta. Este proceso de restauración toma de cientos de milisegundos a horas para la ejecución. Si la interrupción excede los tiempos de cientos de milisegundos a 3 segundos, el equipo de la red declara fuera la portadora y por lo tanto la llamada estará perdida antes de que el ruteo sea complementado.

Los anillos proveen de escalabilidad contra fallas de enlace y contra fallas en la oficina central para todo el trafico que transita economizando la capacidad interna del anillo.

Los anillos pueden conmutar alrededor de una falla en menos de 50 milisegundos este tiempo es requerido durante la interrupción del equipo. Los sistemas 1+1 pueden también rerutear el tráfico en menos de 50 milisegundos, sin embargo estos son escalables contra fallas de enlace únicamente.

## **PLAN Y OPERACIONES SIMPLES**

Todos los métodos que proveen de 100 % de escalabilidad excepto los anillos y los sistemas 1+1 reconfiguran la red para la restauración del tráfico. La nueva configuración de la red puede tener inconsistencias con la base de datos y ser difícil su reajuste. También esto es necesario para planificar la capacidad de protección en la red en paralelo con el provisionamiento de la nueva capacidad en cualquier span de la red. Algunos métodos de escalabilidad requieren mantenimiento preciso, ahora una red de datos debe ser capaz de encontrar la forma de economizar la capacidad. Algunos métodos son vulnerables para controlar fallas de restauración la cual se ejecuta por controladores centrales.

Los anillos y los sistemas 1+1 son escalables sobre ellos requiriendo no economizar la capacidad de la red y no utilizar controladores o una base de datos de red. Una vez puesto un anillo o un sistema 1+1 la escalabilidad es automática (asumiendo todos los nodos las diversas rutas) sin ninguna planificación adicional. Ningún sistema reconfigura la red en una falla.

## **4.2. INTERCONEXIÓN DE SONET CON OTROS ANILLOS.**

Las terminales en un anillo son multiplexores add/drop con protección conmutada. Por lo tanto la terminal en anillo tiene todos los beneficios de la interconexión SONET de ADM's, el tráfico puede ser adicionado tomando o pasando a través de ella sin necesidad de interfaces o equipos tales como paneles path

(administrador de cableado que puede contener regletas, MAU's, HUB's, etc. para la realización de un cableado limpio) multiplexores o conectores cruzados.

Si los anillos son planeados para el mismo patrón de tráfico, la capacidad de la interconexión con SONET resulta en una reducción conjunta en la transición del tráfico entre anillos. Esto reduce la cantidad del equipo, incluyendo el mínimo requerido de conectores cruzados comparada con la arquitectura punto a punto.

#### **4.3. DISTRIBUCIÓN DE ANCHO DE BANDA.**

Los anillos de SONET permiten a la distribución del ancho de banda ser manejada por arquitectura ser formada en vez de continuar con la red jerárquica de HUB's. La arquitectura de distribución del ancho de banda se capitaliza en la interconexión de SONET por provisionamiento directo de las facilidades STS-1, las cuales están contenidas dentro de las subredes de SONET. Estas STS-1 son clasificadas por paquetes en VT's en sitios intermedios en sus rutas.

Esta estructura elimina la necesidad de grandes 3/1 o conectores cruzados VT en la red. La escalabilidad es mejorada con hub's pero esto ya no es necesario. La reducción de los conectores cruzados también resulta en una reducción global en el equipo de la red.

La arquitectura distribuida también es más adaptable a incrementos de ancho de banda requerido en la red. Diferente a la Arquitectura de hub, las reconfiguraciones continúan aunque estas no nos necesarias para mantener el valor de distribución de tráfico (grooming).

#### **4.4 TIPOS DE ANILLOS.**

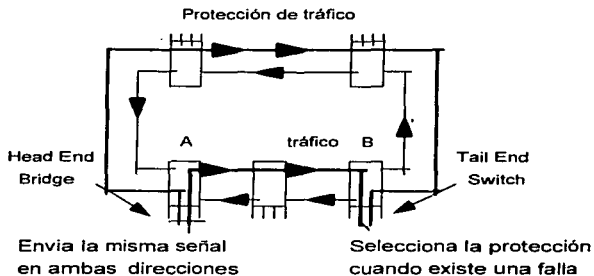
Hay dos diferentes familias básicas de anillos: anillos de protección dedicada y anillos de protección compartida. Ambos tipos de anillos ofrecen el 100 % de escalabilidad contra fallas de enlace y fallas en la oficina central, pero con diferente capacidad.

##### **ANILLOS DE PROTECCIÓN DEDICADA**

Los anillos de protección dedicada tienen una correspondencia uno a uno entre la capacidad de trabajo (normalmente usada) y la capacidad de protección (usada si ocurre una falla). Para todo trabajo ruteado STS-1 en un anillo, hay una protección STS-1 que está dedicada a proteger únicamente una STS-1 específica y no otras.

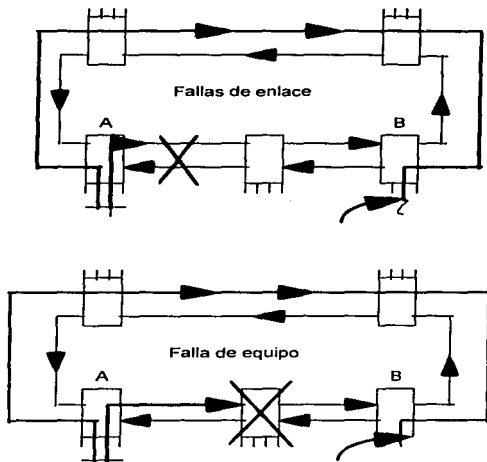
Una implementación común de un anillo de protección dedicada es la protección de ruta conmutada unidireccional de anillo. Este anillo tiene dos fibras (par de transmisión/recepción) en cada lado de la terminal. La señal es enviada simultáneamente alrededor de ambos lados del anillo. El conmutador, localizado en la terminación de interfaces, monitores de SONET de ruta overhead y selectores son protección de la señal si la condición de falla es detectada en la señal de trabajo.

Este anillo es mostrado en la figura 4.1 con una sola dirección del flujo de tráfico únicamente (de A a B). Un puente permanente en la terminal A, hace que la misma señal sea enviada alrededor de ambos lados del anillo. La corta, es una ruta directa entre las terminales A y B esta es usada normalmente en la señal. Un conmutador en el receptor final de B (conmutador final) selecciona la señal de trabajo o la protección de la señal.



**EJEMPLO DE ANILLO DE PROTECCION DEDICADA  
ANILLO UNIDIRECCIONAL**

**Figura 4.1. Ejemplo de un anillo de protección dedicada-anillo unidireccional**



El último equipo selecciona la señal de protección

**FIGURA 4.2** Respuesta de un anillo direccional a fallas de enlace y fallas de equipo



La otra dirección de transmisión en el anillo de la figura 4.1 es configurada de la misma manera, excepto que ahora la señal de protección tiene una ruta directa corta y la señal es ruteada alrededor del anillo en una ruta larga. En este anillo, el tráfico es siempre ruteado en sentido contrario a las agujas del reloj y la protección del tráfico es ruteado en el sentido de las agujas del reloj.

El conmutador final selecciona la protección del tráfico si este detecta una interrupción en la señal de tráfico. Esto ocurre si el cable es cortado o hay fallas en el equipo. Una falla de equipo aparece en el mismo conmutador final como falla de enlace o en cualquier lado del equipo. La solución a cualquier otra solución es la misma como se muestra en la figura 4.2

#### **ANILLOS DE PROTECCIÓN COMPARTIDA**

Los anillos de protección compartida tienen la capacidad de conmutación, la cual es usada solamente cuando la capacidad de protección es requerida. Esto permite a la capacidad de protección ser compartida para todo el tráfico en el anillo.

Una implementación común de un anillo de protección compartida es un anillo bidireccional conmutado de protección de línea. Dos diferentes configuraciones son generalmente usadas: una con dos fibras entre las terminales del anillo y otra con cuatro fibras entre las terminales del anillo. La siguiente explicación está restringida al modelo de dos fibras. La operación del anillo bidireccional de cuatro fibras es idéntico y su capacidad es el doble que el anillo de dos fibras.

En el anillo bidireccional, el tráfico y la protección de tráfico es transmitido en ambas direcciones, del nodo A al nodo B (STS-1 de ida) es en sentido contrario a las manecillas del reloj y B-A (STS-1 de retorno) es en sentido a las manecillas del reloj.

La protección de los STS-1's están disponibles en ambas direcciones y esta capacidad es compartida entre todo el tráfico.

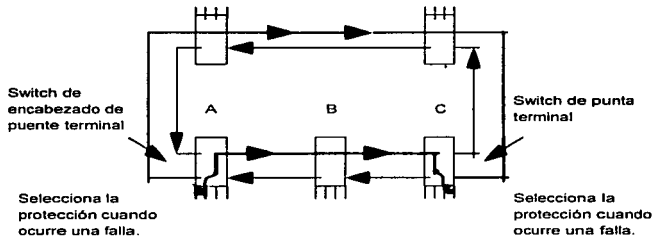
La figura 4.3 muestra un anillo bidireccional con una sola dirección de tráfico descrita para una mayor sencillez. La conmutación en un monitor de anillo bidireccional de la línea overhead de SONET determina si la falla a ocurrido. Cuando la falla es detectada, la STS-1's afectadas son conmutadas sobre la protección de las STS-1's directamente en las terminales en frente de la falla (principios de la conmutación) y fuera de la protección STS-1 directamente atrás de la falla (final de la conmutación). Esta protección conmutada la usa la línea overhead de SONET así que esta puede operar en frente de las interfaces.

El mismo tipo de protección conmutada es utilizada por el anillo bidireccional para fallas de enlace o fallas de equipo. El funcionamiento de un anillo bidireccional en contra de fallas es mostrado en la figura 4.4 para una dirección de tráfico. Se nota que el final de la conmutación funciona cuando ocurre una falla de equipo a diferencia de la terminal que es el final de la conmutación para una falla de enlace. Esto es porque las terminales adyacentes a la falla son siempre las que reaccionan a esta.

## **COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD**

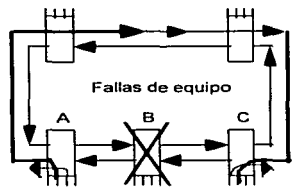
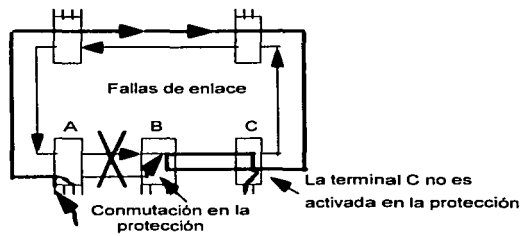
Los anillos de protección dedicada y los anillos de protección compartida tienen el mismo nivel de escabilidad. La principal diferencia entre estos dos es la capacidad de transporte. El anillo con más capacidad es el más adecuado para el ambiente de transporte. Una capacidad alta es trasladada en menos equipo, bajos costos y menos operaciones efectuadas.

Capacidad disponible de la protección compartida  
(Estado de reposo)



Los switches de protección mostrados son para fallas de equipo  
en el punto B

**FIGURA 4.3** Ejemplo de un anillo de protección compartida-anillo  
bidireccional



Rerutean el tráfico en la capacidad compartida

**FIGURA 4.4** Respuesta de un anillo bidireccional a fallas de enlace o fallas de equipo.

## **CAPACIDAD REQUERIDA EN EL ANILLO DE PROTECCIÓN DEDICADA**

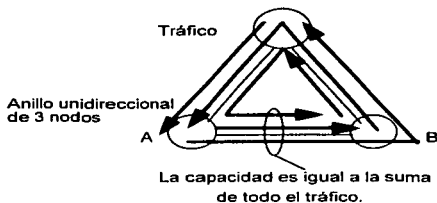
En el anillo de protección dedicada, todo el tráfico es ruteado a través de todos los spans del anillo en cualquier dirección (transmisión o recepción). El tráfico es transmitido en una sola dirección, en sentido de las manecillas del reloj o en sentido contrario y la protección del tráfico es enviado en la otra dirección. La figura 4.5 muestra un anillo con tres nodos con un ejemplo de tráfico enviado en dirección contraria a las manecillas del reloj. Para una mejor claridad, la protección del tráfico no es mostrada en la figura. La señal transmitida de A-B (STS-1 ida) es ruteada por una ruta corta, mientras la dirección receptora de B-A (STS-1 retorno) debe ser ruteada por una ruta larga en sentido contrario a las manecillas del reloj.

Una examinación de cualquier span de fibra en sentido contrario a las manecillas del reloj revela que todo el tráfico en el anillo es portado a través de este, en cualquier ruta ya sea corta o larga. Se utiliza la misma aplicación para la fibra que porta la protección del tráfico pero en sentido de las manecillas del reloj. Cada span porta tráfico y por lo tanto la capacidad portadora del anillo requerido es la suma de todo el tráfico en el anillo.

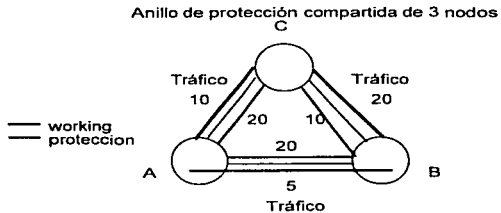
Esta fórmula para la determinación de la capacidad de un anillo unidireccional requerida se aplica a los anillos con cualquier número de nodos y cualquier tipo de tráfico ruteado en ellos.

## **CAPACIDAD REQUERIDA EN EL ANILLO DE PROTECCIÓN COMPARTIDA**

Los anillos de protección compartida requieren que cualquier span, tenga suficiente protección disponible para proteger una gran cantidad de tráfico ruteado de cualquier otro span del anillo. Este se muestra para un anillo en la figura 4.6.



**FIGURA 4.5 Capacidad requerida en un anillo unidireccional**



**FIGURA 4.6 Capacidad requerida en un anillo de protección compartida**

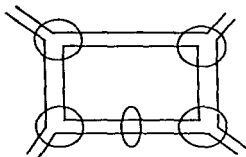
En este caso, el span de B-C tiene un tráfico grande. La capacidad de protección de 20 debe estar disponible en otros spans (spans A-C y A-B) en caso de falla de B-C. El siguiente span con un tráfico considerable es de A-C el cual tiene un tamaño de 10. El span de B-C debe tener una capacidad de protección de 10 disponible para proteger A-C. El span de A-B tiene una capacidad de protección de 20 disponible, la cual es suficiente. Con este tipo de protección, el span A-B tiene suficiente capacidad disponible en A-C y C-B para estar bien protegida.

La capacidad total requerida para este ejemplo puede ser encontrado por inspección la cual es 30, que puede ser de A-C o C-B. Otro método para encontrar la capacidad requerida para el anillo de protección dedicada es la suma de dos grandes spans del anillo ( $20+10 = 30$ ). Esta fórmula refleja la necesidad de un span grande en el anillo para tener una capacidad disponible para proteger un segundo gran span.

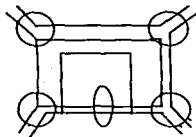
El anillo de protección compartida tiene significantes ventajas de capacidad sobre el anillo de protección dedicada. La clave para que la capacidad se incremente de un anillo de protección compartida sobre las configuraciones del anillo de protección dedicada está en la disponibilidad de la capacidad de la protección compartida. Una simple demostración de esta ventaja se muestra en la figura 4.7

Asumiendo que cada rango tiene una capacidad portadora de 4 DS3, el anillo de protección dedicado puede portar 2 DS3 de un nodo a un nodo adyacente. Las otras 2 DS3 de cada span son reservadas para proteger contra fallas, entonces hay suficiente capacidad de protección que puede ser reservada para proteger un gran span de trabajo. En contraste al anillo de protección dedicada que puede portar solamente 1 DS3 de un nodo a un nodo adyacente entonces la suma del tráfico en los spans es limitada a 4. El anillo de protección compartida tiene dos veces la capacidad que el anillo de protección dedicada en este ejemplo.

Anillo de protección compartida      Anillo de protección dedicada



trafico: 2  
Proteccion: 2

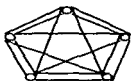


trafico: 1  
Proteccion: 3

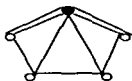
**FIGURA 4.7 Comparación de capacidad entre los anillos de protección dedicada y de protección compartida.**



Patrón de Nodo  
Nodo adyacente



Patrón uniforme

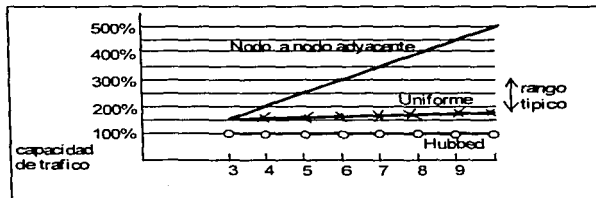


Patrón de Hub  
sencillo



Patrón de doble Hub

**FIGURA 4.8 Patrones de tráfico**



**FIGURA 4.9**



De seguro no todo el tráfico en un red real es de un nodo a un nodo adyacente. Los anillos de protección compartida y los anillos de protección dedicada pueden ser comparados por la capacidad en consideración al número de diferentes patrones de tráfico que puedan ocurrir en una red real. Los patrones de tráfico que reflejan el tráfico real en una red se muestra en la figura 4.8 . Estos son:

- Patrón de Nodo a Nodo Adyacente. El tráfico fluye de cualquier nodo al nodo más cercano en el anillo.
- Tráfico uniforme. El tráfico es distribuido uniformemente entre todos los nodos.
- Tráfico de hub sencillo. Todo el tráfico en un anillo fluye a un hub sencillo.  
Este no es escalable contra fallas de hub
- Tráfico de doble hub. Todo el tráfico en un anillo es distribuido entre dos hub para tener esabilidad (La mitad del tráfico no es afectado por una falla en un hub).

Usando la capacidad requerida planificada. (El total de la capacidad requerida es la suma de dos grandes spans para el anillo de protección compartida y la suma de todo el tráfico para el anillo de protección dedicada) es posible determinar el total de la capacidad portadora de los anillos para cada patrón de tráfico como se muestra en la figura 4.9 . Los resultados son como sigue:

- El patrón de nodo a nodo adyacente es el más favorable para el anillo de protección compartida, con esta capacidad es más alto el múltiplo entero que el anillo de protección dedicado cuando el número de nodos se incrementa.
- Para el patrón de tráfico uniforme, el anillo de protección compartida tiene un 50% de ventaja en capacidad en cuatro nodos, incrementándose hasta un 80% de ventajas cuando el número de nodos se incrementa.

- Para cualquiera de los patrones de hub, el anillo de protección compartida tiene la misma capacidad requerida que el anillo de protección dedicada.

Ahora es difícil encontrar un patrón de tráfico puro como los mencionados anteriormente, un alcance típico puede ser entre el patrón uniforme (representando al azar el tráfico demandado) y el patrón punto a punto (representando la intensidad de los spans entre los CO's adyacentes). En cualquier evento, el anillo de protección compartida usualmente tiene más capacidad y en el peor de los casos tiene la misma capacidad que el anillo de protección dedicada.

El anillo de protección compartida también tiene que planear sus ventajas sobre el anillo de protección dedicada. Si los niveles de tráfico en el anillo están en más de la mitad del módulo del anillo ( $N/2$  para un anillo OC-N) entonces la capacidad puede ser provisionada en un span sin ningún impacto en la capacidad disponible en el resto del anillo. En contraste, el anillo de protección dedicada siempre requiere considerar el impacto del provisionamiento del tráfico en la capacidad en el resto de los spans.

En general, el anillo de protección compartida es más eficiente en su capacidad que el anillo de protección dedicada. Adaptando el anillo de protección compartida resultados en reducciones de equipo y en consecuencia reduce el capital y también reduce las operaciones efectuadas.

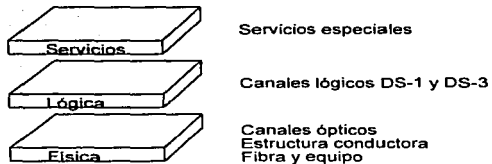
## 4.5 OBJETIVO DE LA ESCABILIDAD

### ESTRUCTURA DE LA ESCABILIDAD

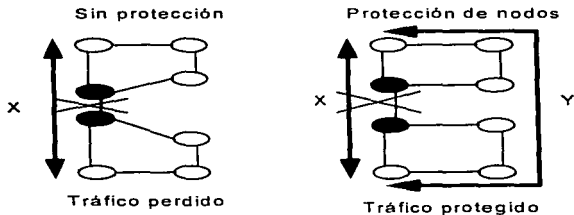
La escabilidad puede ser definida dentro del contexto de una estructura con particiones de red en tres capas o niveles. Cada uno de esos niveles representa diferentes abstracciones o panorama de las componentes de la red. La figura 4.10 ilustra la estructura de la escabilidad. Las capas de esta estructura son las siguientes:

- **La capa de servicios.** Aquí es visible el usuario final del equipo y conmutadores y cuales son los servicios de nodo.
- **La capa lógica.** La capa lógica representa la ruta lógica del tráfico sobre la capa física. Las facilidades DS1 y DS3 son vistos como enlaces lógicos entre los puntos finales.
- **La capa física.** La capa física representa el equipo de transmisión y las estructuras tales como la oficina central y los conductores subterráneos que estos ocupen

Cuando ocurre una falla en la capa física, en donde un evento tal como el fuego o una explosión corta un cable puesto en una pieza del equipo o un cable de fibra fuera de servicio. La restauración de los servicios del usuario después de la falla puede ocurrir en cualquiera de las tres capas. Las capas altas pueden ejercer control sobre las capas bajas. Por ejemplo los conectores cruzados (crossconnects) inteligentes pueden rerutear las facilidades lógicas de DS1 ó DS3 por los sistemas predominantes en la capa física. Las capas bajas pueden no tener control directo de las capas altas, en su lugar cambian hacia arriba y finalmente afecta la capa de servicios. Por ejemplo, si el tráfico no es reruteado después de la falla en la capa física, esta llega afectando el servicio.



**FIGURA 4.10 Estructura de la escalabilidad**



**FIGURA 4.11 Protección de nodos**

El objetivo de la escalabilidad es resolver los problemas en la capa física cuando esta ocurre. Reruteando el tráfico en esta capa aislando las capas lógicas y de servicios de participar en la restauración. Los efectos del reruteo hacia arriba mantienen el servicio íntegro. Las facilidades de protección para fallas en la capa de transporte son provistas en los sistemas solamente cuando la falla puede ser detectada rápidamente, la capacidad de reserva esta inmediatamente disponible, y los conmutadores de protección puede redirigir el tráfico en milisegundos. No requiriendo la intervención del control exterior.

Las dos tecnologías que proveen de escalabilidad en la capa física son los sistemas de ruta diversa 1+1 y los anillos. Los anillos son el último objetivo de protección contra fallas de enlace y fallas en la oficina central. Los sistemas 1+1 pueden ser usados como una solución intermedia para proteger contra la ocurrencia más común de fallas de enlace y pueden ser mejorados en servicio llegando a ser un anillo si el tráfico y la protección de cables de fibra tienen que ser reruteadas a través de oficinas las cuales son planeadas para finalmente ser incluidos en un anillo posteriormente.

## **LOS ANILLOS DE SONET PARA UNA RED ESCALABLE**

Los anillos de SONET realizan la restauración en la capa física; estos tienen la capacidad para automáticamente rerutear el tráfico alrededor de las fallas de enlace y fallas de equipo (fallas de nodo). Los sistemas de anillo son capaces de detectar una falla y realizar la restauración del tráfico en milisegundos, con eso evitando portar las condiciones de falla y una disminución de llamadas.

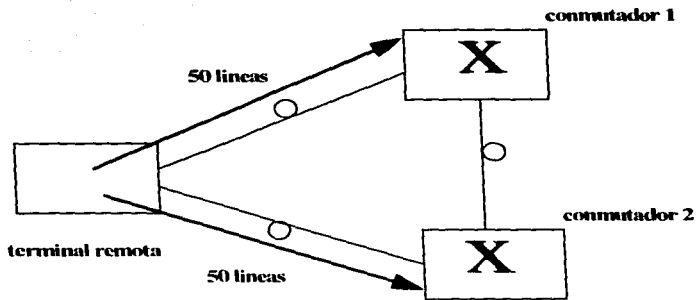
Los anillos pueden llegar a ser la estructura de la escalabilidad de la red SONET. Como SONET y los anillos se extienden en la red, múltiples anillos son desarrollados cada uno con escalabilidad independiente. Esta protección es efectiva en cualquier

tráfico ruteado en un anillo. Sin embargo esto no protege el tráfico que transita de un anillo a otro contra fallas de nodo en el punto de unión.

El tráfico que transita de anillo a anillo puede ser hecho escalable por el desarrollo de los anillos en una protección de nodos. En el segundo anillo el punto de unión es provisionado con un cambio de interface que protege cualquier tráfico que transita en el primer punto de unión contra fallas en la terminal del anillo.

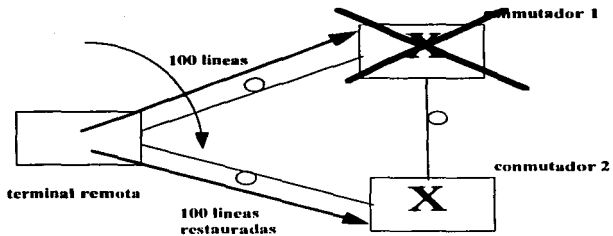
Una protección de nodos es mostrado en la figura 4.11. Sin la protección de nodos, el tráfico que cruza en el punto X es vulnerable a una falla. Con la protección de anillos, las interfaces extra son provisionadas en Y para proteger el tráfico que transita en X. Si hay una falla, los anillos automáticamente rerutean el tráfico sobre Y donde puede transitar sin interrupción.

La protección en la capa física de las facilidades del transporte para un conjunto de anillos en su sitio de base para un esquema de escalabilidad terminal a terminal (end to end) puede ser implementada. Todas las facilidades del transporte están protegidas, esto ahora es únicamente necesario para checar la integridad de la ruta que toman la DS1 y DS3 en la capa lógica para asegurar que la nueva ruta sea correcta. La conmutación adicional y la funcionalidad de los accesos pueden ser encabezados de la escalabilidad del transporte para asegurar que el usuario de los servicios no sea afectado por las fallas de conmutación. Hay dos técnicas posibles: multi-hosting y multi-homing. El multi-hosting (figura 4.12.) es la distribución de los servicios al usuario final sobre algunos conmutadores físicamente separados para reducir el impacto de la falla. Si hay una falla solamente el tráfico con este host falla. El multi-homing (figura 4.13) es la capacidad de mover los servicios dentro de un segundo conmutador en una falla del primer conmutador. Este es una extensión de multi-homing; si un host falla, todo el tráfico afectado es conmutado sobre otro host que puede servir para esto puede proveer de 100% de escalabilidad de los servicios finales.



la mitad de las líneas afectadas por la falla

Figura 4.12 Multi-hosting (servicios distribuidos)



Las líneas afectadas por la falla en el conmutador 1 son restauradas

Figura 4.13 Multi-homing restauración de servicios



**CAPITULO V**  
**EJEMPLO DE UN RED HIPOTETICA**  
**SONET**

## **V EJEMPLO DE UNA RED HIPOTÉTICA SONET**

### **5.1 RED HIPOTÉTICA**

La figura 5.1 muestra la disposición física de una red hipotética. La oficina central y el cableado están incluidos en este diagrama. El cableado contiene la suficiente fibra óptica para ser utilizada en los sistemas de transmisión futuros. Las cajas etiquetadas con letra mayúscula representan el corazón (centro de negocios) de las oficinas y las cajas etiquetadas con la letra minúscula representan las oficinas periféricas (externas).

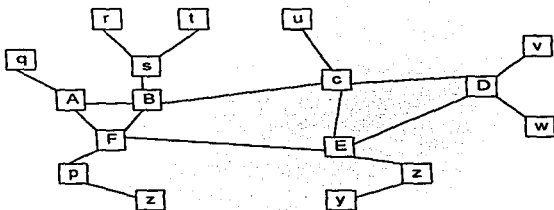
### **5.2 TRANSICIÓN A SONET**

#### **DESARROLLO Y MODERNIZACIÓN**

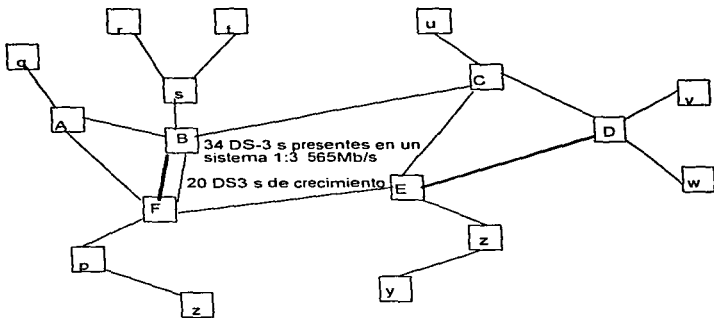
La figura 5.2 ilustra un sistema asincrónico corriente instalado entre B y F en una red hipotética. Este sistema es un sistema de 565 Mb/s, capaz de portar 12 DS3's por plataforma de trabajo. Esto es en una configuración 1:3, así que una plataforma de protección está disponible para 3 plataformas de trabajo. Dos de estas plataformas están completamente llenas para 12 DS3's cada uno. La plataforma restante está portando 10 DS3's, así que esta tiene una capacidad para 2 más

#### **SISTEMA DE FIBRA AGOTADA COMO PUNTO DE PARTIDA PARA DESARROLLO**

El sistema de fibra agotado como punto de partida para el desarrollo, el sistema SONET es desarrollado después que el sistema asincrónico esté lleno. Si el máximo



**FIGURA 5.1 Red hipotética (Nodos)**



**FIGURA 5.2 Un sistema asincrónico en una red hipotética**

número de plataformas de trabajo para una plataforma de protección es de 11 (el máximo N para un sistema 1:N es de 11), entonces 8 plataformas y 98 DS3 más pueden ser adicionadas al sistema asincrono antes que esté agotado. Esto aplaza el despliegue de SONET para este span en un futuro. El sistema de fibra agotado como punto de partida es mostrado en la figura 5.3.

### **CANAL ÓPTICO AGOTADO COMO PUNTO DE PARTIDA PARA DESARROLLO**

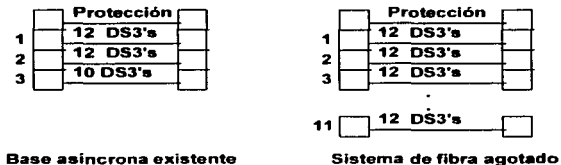
Un canal óptico agotado ocurre cuando generalmente el par de fibras instalado para un enlace asíncrono no puede portar más tráfico. La figura 5.4 ilustra el uso de un canal óptico agotado como punto de partida para el desarrollo de un sistema SONET entre el nodo B y F.

Cuando 20 DS3's de crecimiento de tráfico están anticipados para el sistema B-F, 2 DS3's pueden ser ruteadas por el sistema asincrono. El sistema asíncrono entonces está trabajando a su máxima capacidad, cada una de las tres fibras de trabajo están portando 12 DS3's. Para portar las otras 18 DS3's de desarrollo de tráfico, 2 sistemas asíncronos más de plataforma de trabajo que pueden ser adicionadas. A su vez, el sistema asíncrono está superado y un sistema SONET punto a punto es desarrollado.

### **MODERNIZACIÓN**

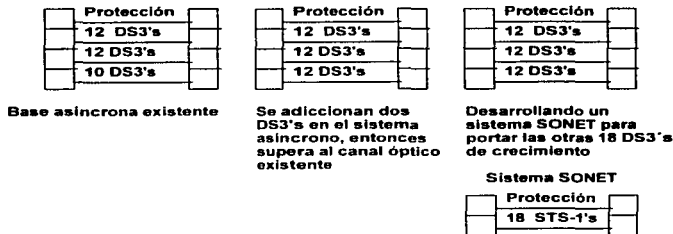
Si la modernización es usada, el sistema asíncrono en el span B-F puede ser removido y reemplazado con un sistema SONET. El tráfico generalmente y el nuevo desarrollo puede ser puesto en un sistema SONET. Esto es mostrado en la figura 5.5

**Sistema Asincrono 1:3 565 Mb/s entre B y F**



**FIGURA 5.3 Sistema de fibra agotado como disparador del desarrollo**

**Sistema asincrono 1:3 565 Mb/s entre B y F**



**FIGURA 5.4 Canal óptico agotado como punto de partida para el desarrollo**

### Sistema asíncrono 1:3 565 Mb/s entre B y F



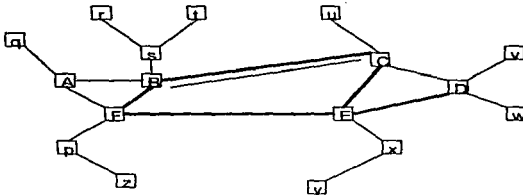
FIGURA 5.5 Modernización

## DESARROLLO ENFOCADO

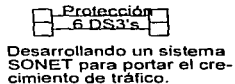
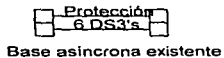
El desarrollo enfocado es un desarrollo estratégico de SONET en la redes para crear subredes rápidamente. SONET es desarrollado enseguida en algunas áreas en donde pueden ocurrir si es dejado el puente de desarrollo natural.

La figura 5.6 ilustra una de las formas del desarrollo enfocado. En respuesta a la demanda, el sistema SONET tiene que instalar enlaces en los nodos B y F, nodos C y E y los nodos E y F. El sistema asíncrono existente entre B y C es portador de 6 DS3's de tráfico y hay 5 DS3's de crecimiento de tráfico entre B y C. El sistema asíncrono puede portar el crecimiento del tráfico, pero en vez un enlace SONET es desarrollado.

SONET es desarrollado en el span B-C en orden a las ventajas de ganancia estrategia. Si los spans de B-F, E-F, y C-E son parte de un anillo, el crecimiento del tráfico puede ser puesto en el anillo y es por lo tanto escalable. Aún si B-C no es escalable, las operaciones SONET y los beneficios de interconexión están disponibles para el crecimiento de tráfico.



Sistema asincrónico 1:3 565 Mb/s entre B y C



Sistema SONET



FIGURA 5.6 Desarrollo enfocado de SONET en la región B-C-E-F de una red hipotética.

## **INDEPENDENCIA ASÍNCRONA.**

La independencia asincrónica es re-usada para el equipo asincrónico. La meta es proteger la inversión en el equipo asincrónico pero al mismo tiempo parar la inversión en esta.

Si todo el span de SONET en una red es requerido, el sistema asincrónico puede ser removido y redesarrollado en otra parte en la red. La figura 5.7 ilustra este proceso. El sistema SONET puede portar todo el tráfico entre B y C, y el enlace asincrónico puede ser removido del span B-C y puede ser redesarrollado entre los nodos D y v.

La inversión en la tecnología asincrónica es protegida por su continuidad de uso en la red en D-v. Al mismo tiempo, la inversión en el equipo asincrónico es detenida entonces el desarrollo en el span D-v puede servir para la existencia del equipo.

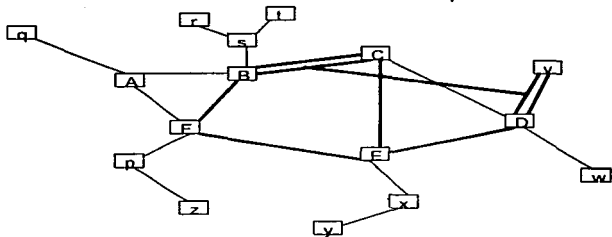
### **5.3 PLANEANDO EL ANILLO**

#### **DETERMINACIÓN PRELIMINAR DE LOS OBJETIVOS DEL ANILLO**

Los objetivos iniciales del anillo están basados en la planificación de la experiencia, spans de alto tráfico o desde la planificación del anillo. La red hipotética es lo suficientemente pequeña que aprovecha la intuición en los spans de alto tráfico que puede ser usado.

La figura 5.8 muestra los span de alta capacidad en la red hipotética. Las rutas de alta capacidad están entre B y F, entre B y D, y entre D y F. Estos spans de alta capacidad sugieren donde se realice la interconexión SONET dentro de los anillos que pueden ser valiosos (en C y E), y donde SONET probablemente tenga un desarrollo temprano.





Sistema asincrónico 1:1 565 Mb/s entre B y C



Todo el tráfico puesto en el sistema SONET.

Removiendo el sistema asincrónico y desarrollando este en la periferia.

Sistema SONET entre B y C



FIGURA 5.7 Sistema asincrónico redesarrollado desde el span B-C al span D-v

## **MODIFICACIÓN DE LOS OBJETIVOS INICIALES**

### **ELIMINACIÓN DEL SPAN**

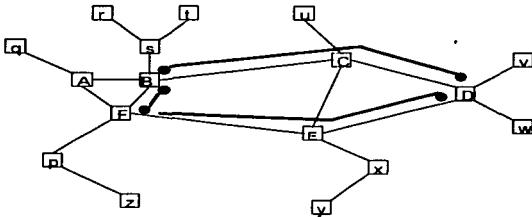
La eliminación del span es un método para expandir el tamaño físico de un anillo. El tráfico entre dos oficinas no necesariamente tiene que viajar en una ruta directa; esta puede transitar otras oficinas en su camino. Estos medios de un span en un anillo pueden ser cortados y reruteados a través de más oficinas para expandir su alcance en una red. Estas simplificaciones de la red son para reducir el número de span portadores en las áreas de tráfico.

La figura 5.9 ilustra la eliminación del span. En la figura los nodos B, C, D, E y F están enlazados por un anillo de SNET. Aquí el tráfico puede ir de cualquier nodo del anillo a otro en el anillo, así que, hay diez posibles rutas. El anillo, sin embargo, usa cinco spans de enlace de nodos.

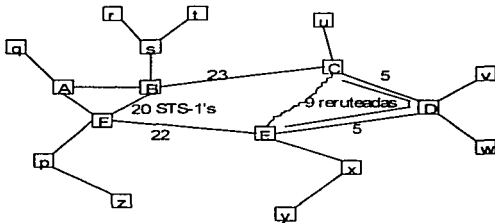
El anillo tiene la capacidad de 24 DS3's por span. Hay suficiente capacidad de sobra entre C y D y entre D y E donde cada span tiene únicamente 5 DS3's. Hay 9 DS3's de crecimiento entre C y E las cuales pueden ser acomodadas por enrutamiento en el anillo a través del nodo D. Esto elimina la necesidad de proveer un nuevo sistema para portar el tráfico directo entre C y E.

### **SPANS MÚLTIPLES**

La figura 5.10 ilustra el uso de spans múltiples para portar un tráfico pesado entre dos sitios. En el ejemplo, hay 48 DS3's de tráfico entre los sitios B y F. Esto es dos veces la capacidad de trabajo de un anillo de protección



**FIGURA 5.8** Rutas de alta capacidad indicadas donde los anillos pueden ser valiosos.



**FIGURA 5.9.-** Pocos span son requeridos, cuando los nodos están enlazados en anillo.

compartida OC-48. Para el manejo del tráfico, dos spans son desarrollados entre dos sitios. Un span enlaza en el anillo los sitios A, B y F; el otro span los nodos B, C, D, E, Y F . Así la configuración requiere dos terminales de anillo en el sitio B, y dos en el sitio F, una terminal por cada anillo.

## **JUEGO DE NODOS**

El juego de nodos está planeado para proteger el tráfico que transita de un anillo a otro. En la red de la figura 5.11, hay dos anillos principales, uno enlaza los nodos A, B, y F, y el otro enlaza los nodos B, C, D, E, y F. Estos anillos interceptan un juego de nodos en los sitios B y F. En cada punto de unión hay dos terminales de transporte, una terminal conectada para cada anillo. El tráfico que transita por B es protegido en un segundo punto de reunión en F.

Porque hay dos puntos en el cual el tráfico puede transitar desde un anillo a otro, esto es posible para especificar cual es el tráfico que transita en cualquier punto de unión. Por ejemplo, como se muestra en la figura 5.8, el tráfico entre los nodos A y D normalmente transita en el sitio B. Cuando ocurre una falla de nodo en el sitio B, entonces el tráfico A-D es ruteado y transita en el sitio F.

## **LOS OBJETIVOS DE LOS ANILLOS PARA UNA RED HIPOTÉTICA**

La figura 5.12 muestra los objetivos de los anillos que satisfacen los requerimientos de la red. Hay cinco objetivos de anillos, incluyendo dos anillos delimitados y un subanillo.

Un anillo enlaza los nodos A, B, y F. En adición, puede haber dos anillos delimitados enlazando los mismos nodos.



Otro anillo enlaza los nodos B, C, D, E, y F. Un subanillo puede enlazar los nodos B, C, E, y F, pero pudiendo evitar el nodo D.

## **DESARROLLOS INICIALES DEL ANILLO**

### **CAMBIANDO LOS SISTEMAS PUNTO A PUNTO EN ANILLOS**

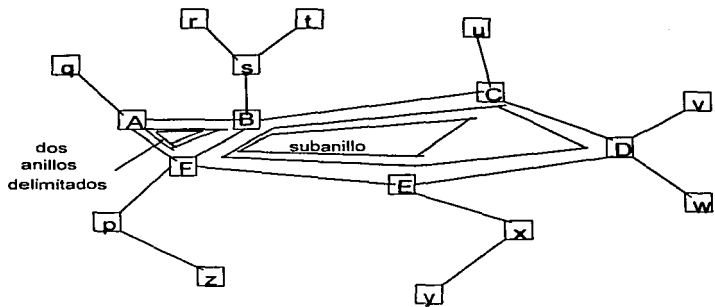
La figura 5.13 y 5.14 muestra como un sistema 1 + 1 de ruta diversa que puede ser evolucionada en un anillo SONET.

El disparador para el desarrollo de un sistema 1 + 1 de ruta diversa son 14 DS3's de crecimiento de tráfico entre los nodos B y F (ver figura 5.13). Para manejar este tráfico, un sistema SONET es desarrollado enlazando B y F. Las terminales de transporte instaladas en los nodos B y F son configuradas como terminales punto a punto. Para hacer el sistema más escalable, una ruta diversa es usada para la protección de la fibra. La protección de la fibra corre a través de la oficina central en el sitio A, pero no hay terminal de transporte en este sitio.

En un subsecuente periodo de planeación, el manejo para el desarrollo de un anillo SONET son 12 DS3's de crecimiento de tráfico entre los nodos A y B (ver figura 5.14). Para manejar este tráfico, el sistema 1 + 1 de ruta diversa es mejorado en un anillo. Una terminal de anillo es instalada en el sitio A. En adición, la terminal de transporte en B y F son mejoradas a terminales de anillo.

La figura 5.15 muestra como dos sistemas 1 + 1 de ruta diversa pueden unirse en un anillo SONET sencillo.

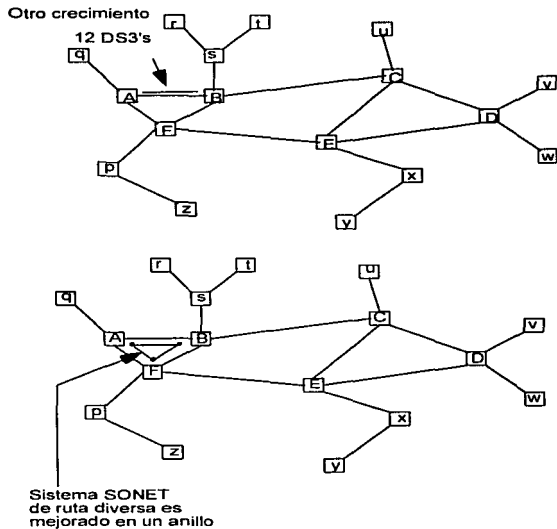
Uno de los sistemas de ruta diversa enlaza los nodos B y C y su protección de fibra corre a través de los sitios E y F, el otro sistema de ruta diversa enlaza los nodos



**FIGURA 12.- Objetivo de los Anillos para una red Hipotética.**







**FIGURA 5.14 Evolución de un sistema 1+1 de ruta diversa en un anillo SONET enlazando A, B, y F.**

E y F, y su protección de fibra corre a través de los sitios B y C. Todas las terminales de transporte son configuradas como terminales punto a punto.

El disparador para el desarrollo de un anillo SONET es el crecimiento del tráfico entre los nodos C y E o entre B y F. Para manejar este tráfico, los dos sistemas 1 + 1 de ruta diversa son integrados, formando un anillo. Todas las terminales de transporte reciben mejoras que las configuran para la operación como terminales de anillo o también (más bien) como terminales punto a punto.

Después los cuatro nodos son enlazados en un anillo sencillo de SONET, uno de los pares existentes de fibra es para el uso de futuros sistemas.

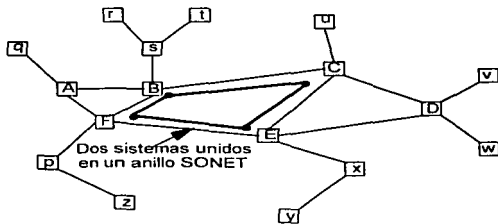
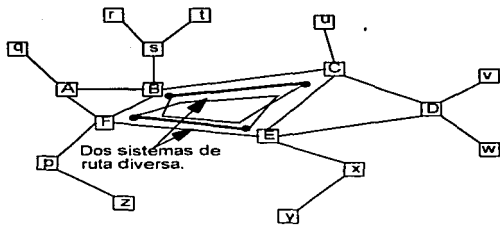
La figura 5.16 muestra como 2 sistemas SONET punto a punto no escalable pueden unirse en un anillo SONET sencillo (Estos sistemas no son escalables porque no tienen ruta diversa) Uno de los sistemas punto a punto enlaza los nodos B y C; el otro enlaza los nodos E y F. Las terminales de transporte son configuradas para operar como punto a punto.

El disparador para la formación del anillo SONET es el siguiente crecimiento:

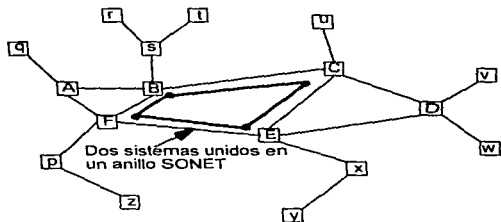
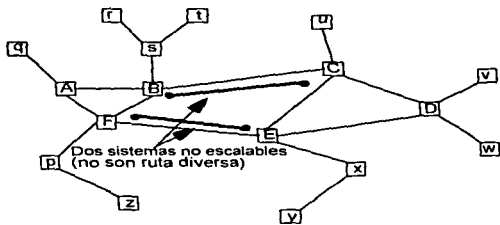
12 DS's entre los nodos B y F

12 DS's entre los nodos C y E

Para manejar todo el tráfico entre los cuatro nodos, un anillo SONET es usado. La fibra es desarrollada entre los nodos B y F, y entre los nodos C y E (Si esta ya no esta disponible). En adición, las terminales de transporte reciben mejoras que la configuran para la operación como terminales de anillo o también como terminales punto a punto.



**FIGURA 5.15** Mejoramiento de dos sistemas 1+1 de ruta diversa en un anillo SONET



**FIGURA 5.16 Integración de dos sistemas punto a punto no escalables en anillo.**

## **EVOLUCIÓN Y CRECIMIENTO DEL ANILLO**

### **EL RERUTEO DEL TRÁFICO CUANDO UN SPAN ESTÁ AGOTADO.**

Si un span sencillo en un anillo SONET está trabajando en su capacidad máxima y hay todavía más crecimiento de tráfico entre los nodos enlazados por este span, para esto no es necesario instalar un nuevo enlace. Si hay suficiente capacidad sin usar en otros spans en el anillo, el crecimiento del tráfico puede ser reruteado entre los nodos por la ruta larga. La figura 5.17 ilustra esta práctica.

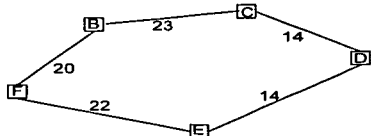
En el anillo enlazando los nodos B, C, D, E, y F, el span B-C está portando 23 DS3's de tráfico, y hay 3 DS3's de crecimiento de tráfico. Una de las DS3's de crecimiento puede ser reruteado por la ruta (path) corta, que es, por el span B-C. Las otras dos DS3's de crecimiento puede ser reruteado por la ruta (path) larga alrededor del anillo, porque cada uno de los otros spans en el anillo tienen mínimo dos DS3's de capacidad sin usar.

Esta solución deja dos de los spans en el anillo, B-C y E- F, operando a su máxima capacidad. Si hay todavía demanda de crecimiento en cualquiera de estos spans, entonces puede ser necesario desarrollar un sistema SONET adicional para portar el tráfico.

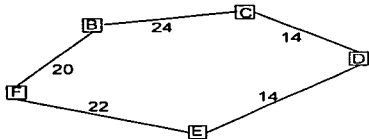
### **DESARROLLANDO UN ANILLO DELIMITADO.**

La figura 5.18 muestra el uso de un anillo delimitado. Un anillo delimitado es requerido cuando un alto tráfico exige la existencia a lo largo de un anillo existente (En contraste, si la alta demanda existe en cualquier parte de un anillo existente, un subanillo es requerido). El anillo existente enlazando A, B, y F pero no puede manejar el crecimiento del tráfico, porque la capacidad de cada span son 24 DS3's.

El span B-C no tiene suficiente capacidad para manejar las tres DS3's de crecimiento de tráfico



1 DS3 de crecimiento de tráfico es ruteada sobre la ruta corta, el span B-C. El span está lleno, dejando 2 DS3's sin servir



Los restante 2 DS3's son ruteadas sobre la ruta larga. Esto llena el span E-F a su máxima capacidad.

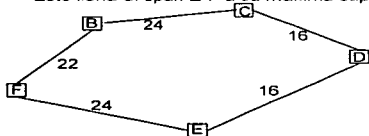


FIGURA 5.17 Reruteando el tráfico.

Para manejar el crecimiento del tráfico, un anillo delimitado es desarrollado. La capacidad disponible en los span del anillo existente es primeramente usada ( 9 DS3's en el span A-B y 9 DS3's en el span F-A). Entonces, el crecimiento de tráfico restante es puesto en el anillo delimitado.

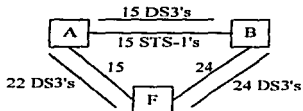
## **DESARROLLANDO UN SUBANILLO**

La Figura 5.19 muestra el uso de un subanillo. Un subanillo es requerido cuando un tráfico alto existe únicamente una parte de un anillo existente. (En contraste, si la demanda alta exige la existencia a lo largo de un anillo existente, un anillo delimitado es requerido).

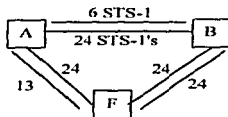
En el ejemplo, el anillo original enlaza los nodos B, C, D, E y F. El anillo no puede manejar el crecimiento del tráfico, porque la capacidad de cada span son 24 DS3's. Para manejar el crecimiento de tráfico, un subanillo es desarrollado. El subanillo enlaza los nodos B, C, E, y f. El subanillo porta todo el crecimiento de tráfico excepto 2 DS3's entre F y B (El anillo grande porta esas 2 DS3's).

Después el anillo tiene que ser desarrollado, esto es posible para optimizar la distribución del tráfico. Inicialmente, el span C-E en el subanillo porta las 15 DS3's de C-E de crecimiento de tráfico y tiene 9 STS-11 de capacidad sin usar. El anillo original tiene que estar portando el tráfico entre C y E por medio del nodo D. Para optimizar la distribución de tráfico, 9 STS-1 son reruteada desde el anillo original al span C-E en el subanillo.

El tráfico existente es mostrado dentro del anillo; el crecimiento de tráfico es mostrado fuera del anillo. El crecimiento de tráfico dispara el desarrollo de un anillo delimitado



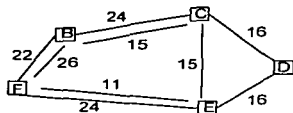
Después de que el anillo delimitado es desarrollado, el tráfico es ruteado para llenar el anillo original a su máxima capacidad (24 STS-1 por cada span). El anillo delimitado (mostrado fuera) porta el restante crecimiento de tráfico.



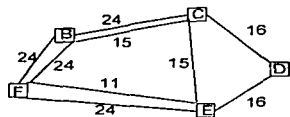
**FIGURA 5.18 Desarrollo de un anillo delimitado**



El crecimiento de tráfico (mostrado dentro del anillo) dispara el desarrollo de un subanillo B-C-E-F



El subanillo porta todo el crecimiento de tráfico excepto 2 DS3's entre B y F



**FIGURA 5.19 Desarrollo de un subanillo.**

#### **5.4. ADMINISTRACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DEL ANCHO DE BANDA.**

La administración en la distribución del ancho de banda es usada para incrementar el llenado de las facilidades STS-1 en la red. En contraste, la tradicional estructura hubbed jerárquica, la administración en la distribución del ancho de banda su arquitectura tiene todas las STS-1's directas y grooms VT's en los puntos finales para incrementar el llenado. Como las terminales de tránsito STS-1's, las VT's adicionales pueden ser llenadas empaquetadas en esta.

Una VT agrupada o empaquetada en una STS-1 puede viajar entre dos áreas periféricas, entre una área periférica y un nodo sencillo básico, y entre los nodos dentro de una área periférica sencilla. Las STS-1's también existen entre las oficinas básicas (core). Estas VT no son empaquetadas porque en la mayoría de los casos este llenado es muy alto. Aun en casos donde el llenado es bajo en una STS-1 básica, cerca de los términos de crecimiento generalmente incrementa el llenado de las STS-1 rápidamente.

#### **EMPAQUETAMIENTO DE LA VT PARA STS-1'S ENTRE DOS ÁREAS PERIFÉRICAS**

La figura 5.20 muestra un ejemplo de un empaquetamiento de una VT para una STS-1 entre dos áreas periféricas. Una área periférica incluye los nodos "x" e "y", y la otra contiene el nodo w. La STS-1 designada porta la demanda de un tráfico bajo entre las dos áreas. La VT empaquetada corre entre las dos áreas alrededor de 12 DS1's. Hay 5 DS1's de tráfico entre "y" y "w", y 7 DS1's entre "x" y "w".

## **EMPAQUETAMIENTO DE LA VT PARA STS-1'S ENTRE UNA ÁREA PERIFÉRICA Y UN NODO BÁSICO.**

Así mismo, la figura 5.20 muestra un ejemplo de empaquetamiento de la VT para una STS-1 entre una área periférica y un nodo básico. La área periférica incluye los nodos "z" y "p", y el nodo básico es el nodo F. Una STS-1 directa corre entre los nodos periféricos y el nodo básico. Hay 6 DS1's de tráfico entre "z" y F, y 8 DS1's entre "p" y F.

## **EMPAQUETAMIENTO DE UNA VT PARA UNA STS-1 ENTRE LOS NODOS EN UNA ÁREA PERIFÉRICA.**

La figura 5.20 también muestra un ejemplo de empaquetamiento de una VT para una STS-1 entre nodos dentro de una área periférica sencilla. Una STS-1 porta VT-1 empaquetada que trafica entre los nodos r, s, y t.

## **SELECCIONANDO UN HUB 3/1**

La figura 5.21 ilustra la selección de un hub 3/1. En el comienzo del proceso, hay 8 DS1's entre los nodos B y "r", y 4 DS1's entre los nodos s y r. Las 4 DS1's de tráfico entre "s" y "r" no hacen el viaje directamente entre los nodos, pero hacen el viaje por medio del hub, el cual está en el sitio B. De modo que las STS-1 entre los nodos B y "r" porten 12 DS1's (8+4).

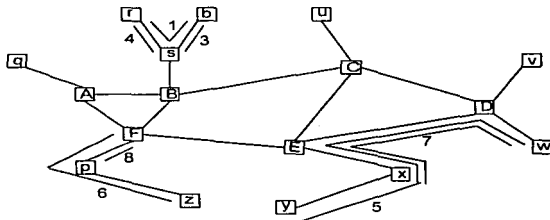
La segunda gráfica muestra el desarrollo inicial de un sistema SONET, el cual es disparado por crecimiento. El crecimiento de tráfico son:

- 12 DS1's entre los nodos B y s
- 7 DS1's entre los nodos B y r

### 9 DS1's entre los nodos s y r

El umbral para el desarrollamiento de un sistema SONET son 10 DS1's de crecimiento de tráfico, así las 112 DS1's de tráfico entre los nodos B y "s" son el disparador del desarrollamiento de un sistema SONET en este span.

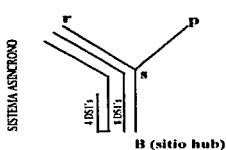
El crecimiento de tráfico entre B y "r" y entre "s" y "r" es debajo el umbral para el desarrollamiento de SONET, así que el tráfico, asciende a 116 DS1's, es portado por el sistema asincrónico. Las 7 DS1's de crecimiento de tráfico entre los nodos B y "r" son adicionadas a la STS-1's entre estos nodos. Las 9 STS-11's de crecimiento de tráfico entre "s" y "r" viajan por medio de sitio en donde se encuentra el hub, así que estas son adicionadas a las STS-1 entre los nodos B y "r". Las STS-1 entre los nodos B y "r" es ahora portadora de su máxima capacidad de 28 DS1's (12 DS1's de tráfico existente y 16 DS1's de crecimiento de tráfico).



Conteo de tráfico en números de DS1's

**FIGURA 5.20 VT empaquetadas en STS-1's**

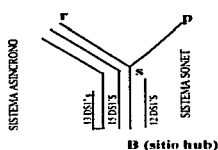
Porque la STS-1 entre los nodos B y "r" es ahora portadora de su máxima capacidad, otro crecimiento de tráfico entre los nodos "s" y "r" disparan el desarrollo de un span SONET enlazando estos nodos. Con el segundo span de SONET en este lugar, los sistemas SONET pueden manejar todo el crecimiento de tráfico entre los nodos B, "s" y "r". En adición, todo el tráfico existente puede ser reruteado por los sistemas SONET, y el sistema asíncrono puede entonces ser redesarrollado en otro sitio en la red.



Trafico existente:  
8 DS1's entre B y r  
4 DS1'S entre s y r

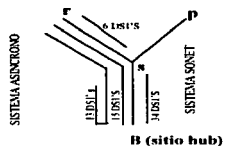
El trafico entre s y r  
viaja a través del hub.

La DS3 entre B y r  
porta 12 DS1's (4+8)



Crecimiento de 12 DS1's  
entre B y s dispara el  
desarrollo de SONET. El  
sistema asincrono porta  
7 DS1's de crecimiento  
entre B y r, y 9 DS1's  
de crecimiento entre s y r

Con el crecimiento de trafico  
adicionado al trafico existente  
la DS3 entre B y r porta  
28 DS1's (13+15)



El crecimiento de 22 DS1's  
entre B y s en el sistema  
SONET, 6 DS1's de  
crecimiento entre s y r  
dispara el crecimiento  
de SONET en este span  
porque el hub esta siendo  
utilizado. Todo el trafico  
esta en SONET

Figura 5.21 Seleccionando un hub 3/1

**CAPITULO VI**  
**INTERCONEXION DE LAN'S EN SONET**

## **VI INTERCONEXION DE LAN'S EN SONET**

### **6.1 LOS FUNDAMENTOS DE LA INTERCONEXION DE LAN'S**

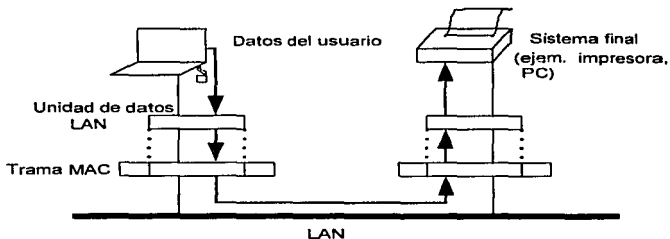
Las Redes de Área Local LAN's ( Local Área Networks) son de alta velocidad las cuales pueden tener una gran demanda de tipos de tráfico, los cuales pueden ser negocios que incluyen correo electrónico, gráficos procesadores de documentos (word) bases de datos, y PC facsimiles. Las workstations, desktop PC, servidores y host son parte de las redes LAN's. La gente con acceso a las capacidades de interconexión reportan el incremento de la productividad porque tienen la disponibilidad para el intercambio de información electrónicamente, la cual reduce costos y tiempo.

La información del usuario en las LAN's es portado de estación a estación dentro de los datos estructurados, o sobre el llamado Media Accesss Control MAC (Mecanismo a través del cual los dispositivos conectados a una red local, pueden acceder al medio de transmisión). Las tramas MAC están definidas en series de estándares para LAN's IEEE 802 que pueden ser de varios tamaños. Típicamente uno para cada tipo de LAN's.

El mayor beneficio de la segmentación en bloques de la información del usuario o datos en la trama del MAC es que está habilitada para dividir el uso del ancho de banda de la LAN entre diferentes sistemas finales y accesos múltiples para recursos comunes.

Los usuarios con información para transmitir pueden utilizar al mismo tiempo la LAN. Cuando dos o más workstations tienen información para enviar al mismo tiempo, cada una puede compartir la LAN para que envíe una trama del MAC por acceso de tiempo. Porque las LAN's operan a muy altas





**FIGURA 6.1 Comunicación a través de una LAN**

velocidades de transmisión, cientos o miles de tramas de MAC pueden ser entregados por una LAN en cada segundo. En las redes LAN los retrasos son típicamente menores que un milisegundo y son desapercibidos si son individuales en la workstation.

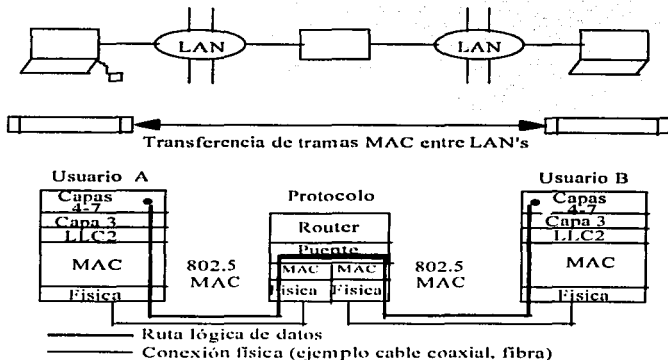
Para extender los beneficios del cambio rápido de información más allá de los límites departamentales, las LAN's pueden ser interconectadas para formar una WAN (Wide Area Local). Para interconectar las LAN's dentro de un edificio, existe el Customer Premises Equipment (CPE: Equipo en las instalaciones del cliente. Equipo terminal tal como terminales, teléfonos y módems proporcionados por la compañía telefónica y se conectan a la red de teléfonos), y conexiones que pueden ser usadas. Sin embargo, cuando el ancho del área incluye numerosos sitios de un país 1000 compañías por ejemplo, en esta construcción las soluciones no son suficientes.

En general, la interconexión de LAN's envuelve el CPE designado para transportar las tramas entre LAN's. Los dos tipo principales de CPE usados para la interconexión o interrelación de LAN's son los bridges (puentes) de la subcapa MAC y router (enrutador) de LAN.

Los puentes son usados cuando se interconectan LAN's con un idéntico formato de MAC ( por ejemplo Token Ring con Token Ring) mientras el enrutador o router típicamente es empleado cuando su funcionalidad adicional es requerida tal como la conversión de tramas MAC de Token Ring al formato Ethernet.

La figura 6.2 ilustra la interconexión de dos usuarios, etiquetados con "A" y "B" unidos para situar LAN's en el mismo edificio. Ambas LAN's son Token Ring y tienen dedicado el mismo formato de MAC. Como tales, estas pueden ser interconectadas con cualquier puente (bridge) local o enrutador (router). En la parte inferior de la ilustración se muestra el diagrama a bloques de el protocolo típico necesitado para el cambio de información. La cantidad de funcionalidad requerida por cada componente en la ruta de datos entre A y B es descrita en este diagrama.

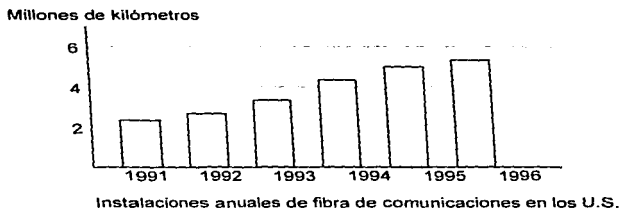
El diagrama a bloques del lado izquierdo describen el ambiente de A. Este consiste en los niveles de capa baja ( por ejemplo, el protocolo de la capa física, el MAC de Token Ring y LLC2 (Logical Link Control: Control lógico de enlace). Establece las reglas de comunicación entre el software de nivel 3 del modelo OSI (nivel de LAN, y niveles de capas superiores para su empaquetamiento en la aplicación de datos en las tramas MAC. Similamente el diagrama a bloques del lado derecho representa las funciones en el equipo B. En el centro se muestra el diagrama a bloques de las funciones necesarias en la interconexión de LAN's.



**FIGURA 6.2 Comunicación entre dos LAN's.**

Para redes LAN's localizadas en diferentes edificios cercanos, una simple extensión es lo único que se requiere para su interconexión. Los puentes y ruteadores son todavía usados, excepto que uno no es suficiente en el caso de dos o mas redes si estas están en diferentes edificios o pisos. Las otras diferencias conciernen en el enlace de protocolos realizados dentro de los puentes remotos y enrutadores y en la facilidad de interconexión. Estos es porque la cantidad de tráfico de datos que esta fluyendo entre LAN's distantes es mucho menor que la cantidad que viaja entre LAN's situadas en el mismos lugar. Como resultado, los administradores de los Sistemas de Información usan típicamente líneas privadas de alta velocidad (por ejemplo 1.544

Mbits/s) para interconectar puentes remotos y enrutadores en la misma ciudad, en tanto que las líneas de 9.6 kbits/s a 56 kbits/s son predominantes para comunicaciones entre ciudades (figura 6.3).



**FIGURA 6.3 El crecimiento de la fibra óptica.**

## **6.2 REDES LAN'S EN SONET**

El dramático incremento del uso de las computadoras, así como también de las redes LAN's para la distribución de las computadoras, tiene una fuerte demanda en el transporte de datos de alta velocidad sobre las facilidades de una red pública. Sin embargo, algunas aplicaciones que utilizan un grande ancho de banda requieren una conectividad LAN-LAN o multimedia que puedan usar líneas privadas porque las redes públicas actualmente no son capaces de manejar un ancho de banda de gran velocidad con sus elementos de red asincrónica. (Tabla 6.1). Lo que es necesario es una "autopista" de datos que pueda con las transiciones de velocidad, dar a las corporaciones un mejor manejo en sus negocios, entretenimientos e información de servicios para los clientes. Comparada con la presente red telefónica, la cual está basada principalmente en el servicio de voz, otras aplicaciones pueden requerir mil

veces el incremento de capacidad conduciendo la interconexión de líneas de banda amplia en el rango de gigabits.

**TABLA 6.1**

**Fuente de datos para un tráfico en banda amplia**

Fuente de datos	Ancho de banda (Mb/s)	
	Promedio	Pico
		Distributivo
Televisión	10	34
TV alta definición	250	500
Audio de alta fidelidad	2	2
		Interactivo
Telefonía	0.064	0.064
Videofonía	5	10
Vídeo conferencia	2	10
Recuperación de vídeo	10	34
Fasmile en color	2	2
Transferencia de archivos	2	2
CAD/CAM	2	10
LAN-LAN	1.5	150

La solución es la casi ilimitada capacidad del ancho de banda de una fibra óptica de modo sencillo. En Estados Unidos la fibra ha tenido un crecimiento considerable en los últimos años por parte de las compañías telefónicas (figura 6.3)

SONET resuelve los problemas de capacidad del ancho de banda ya que esta basada en fibra óptica, mientras que el resto es compatible con la señalización y el equipo portador tradicional. SONENT puede soportar MAN's y otros servicios de paquetes enlazando LAN's así como imágenes complejas y vídeo eliminando las dificultades de distancia y geografía como barreras para comunicación de datos.

Un beneficio de SONENT es la imagen, la cual ya es transportada en la capacidad del ancho de banda de LAN's en bancos, compañías de seguro, agencias gubernamentales y otras organizaciones orientadas a las transacciones. Como los usuarios continúan interconectándose en LAN's separadas, más y más tráfico puede empezar a fluir a través del ancho amplio de las WAN's tomando ventajas de los estándares de SONENT que tiene para ofrecer.

## **VENTAJAS DE SONENT**

SONET es un vehículo de transporte capaz de entregar información en rangos de gigabits. Al mismo tiempo SONENT es independiente de los servicios específicos y aplicaciones que este soporta. Usualmente la instalación está basada en la fibra óptica de modo sencillo, SONENT puede proveer al transporte infraestructura para el futuro previsible. La inteligencia de los elementos de la red SONENT permite a ésta continuar adelante de sus predecesores, ofreciendo las siguientes ventajas para LAN's:

**- Estándar de la interface óptica.** La conversión de una señal eléctrica asíncrona (por ejemplo DS-3) a su equivalente óptico es generalmente propietaria del vendedor. Esta limita el producto, la configuración flexible y los incrementos dependen de un solo vendedor. Con un standard mundial, SONENT cambia todo esto haciendo posible la interconexión de redes multivendedores.

- **Conectividad.** Como el futuro es la tecnología backbone para las redes de empresas y redes corporativas grandes. El equipo de SONET no tiene limitantes de interconexión con una variedad de servicios tanto de empresas como de emergencia, las cuales se incluye SMDS Y BISDN. SONET es capaz de soportar LAN's de alta velocidad tal como FDDI.

- **Rango de transmisión.** SONET se extiende de 51.84 Mb/s a 2.488 Gb/s y puede extenderse eventualmente a 13 Gb/s.

- **Modo de operación sincrónica.** En contraste con las redes asincrónicas de hoy, tal como T3, SONET ofrece sincronía para una nueva clase de elementos de red. Estos elementos permiten adicionar un punto de conexión en un canal digital intercambiando el multiplexado sin que el primero tenga que llevar todas las señales bajas del nivel DS-1. Esto elimina el nivel medio del equipo de re. proviendo de una conmutación y transporte más eficiente así como mejorando la administración de la red.

- **Administración de la red.** Con SONET, cada DS-0 es etiquetada así que los canales de 64 kb/s puedan ser tirados fuera de la corriente de datos para proveer de un máximo control del ancho de banda sin tener en cuenta la portadora.

- **Diagnósticos mejorados.** SONET permite la sofisticación, alarmas definidas de clientes y controles así como autodiagnósticos y análisis de falla las cuales pueden ser ejecutadas en un tiempo real, apropiándose de problemas que puedan alterar el servicio.

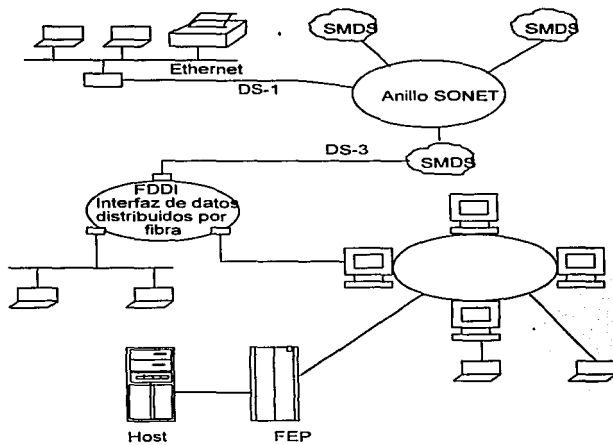
Quizás lo más importante es que SONET ofrece una potencial conectividad en un área grande entre LAN's con toda la tolerancia de fallas que los usuarios de LAN's tengan. Esto es factible a través de una topología de fibra de anillo dual y un

despliegue de elementos de red inteligentes tal como los multiplexores add/drop (ADM).

En un ambiente de área local, el simple despliegue de SONET puede usarse como una "fibra oculta" dentro de un campo envolviendo dos multiplexores. Por ejemplo el multiplexor puede ser usado para enlazar múltiples LAN's entre edificios. De un puerto del multiplexor los recursos pueden ser configurados, las alarmas y funciones estadísticas pueden ser reunidas. Manteniendo el tiempo real de la redundancia requerida en las velocidades extremadamente altas en enlaces de redes, una aplicación idealmente conveniente para la transmisión en rango de gigabits en SONET. En estos tipos de ambientes, los servidores de la red típicamente están dedicados a los servicios del multiprocesador o a los mainframes con un procesador front-end actuando como un server de comunicación o gateway, para la LAN. Los mainframe pueden ser enlazador con otro por puentes o enrutadores y están dedicados a la línea SONET. Esta combinación enlaza a dos LAN's físicamente separadas en una sencilla, lógico y de alta velocidad.

Estos ambientes difieren del ambiente tradicional de red local en dos partes: su capacidad para transportar tanto voz como datos en la fibra de modo sencillo que en la fibra multimodo. La fibra multimodo es más conveniente para el uso de LAN's porque es menos costosa, tiene un diámetro más grande y es más fácil de empalmar que la fibra de modo sencillo. Pero la fibra multimodo está limitada a rangos menores de 150 Mb/s que esta puede transportar y esta puede ser una limitante de aplicación en un futuro. Además el modo sencillo está llegando a ser un estándar de las redes públicas. Afortunadamente, las redes LAN's basadas en el estándar FDDI pueden ahora usar los dos tipos de fibra.





**FIGURA 6.4 Anillo SONET**

Ahora que la FDDI usa la fibra del modo sencillo, algunas empresas están experimentando con FDDI para posiblemente desplegarla como un servicio de red pública.

### **6.3 FDDI EN SONET.**

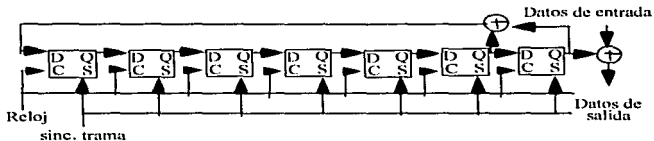
El mapeo en la capa física de SONET toma la salida de corriente de la capa física de la FDDI, la cual es una codificación 4b/5b, y colocada bits apropiados STS-3c SPE (Synchronous Payload Envelope). Una STS-3c SPE consiste de 2349 bytes arreglados como 9 filas de 261 bytes cada una. De estas, 9 bytes son usados para la ruta overhead.

Siempre la SPE es transmitida a 125  $\mu$ s, el ancho de banda disponible es ( 2349 x 8)/125 o 139.264 Mb/s, la cual el mayor que la requerida por la FDDI de 125  $\mu$ s. Los bits extras son usados para el control de la red y como bits de relleno para detener las variaciones del reloj.

SONET usa para la codificación de bits un simple NRZ (nonreturn to zero) no retorno a cero. En este código, un 1 es representado como un nivel alto (luz on) y un 0 es representado como un nivel bajo (luz off). Un problema con este código es que si son transmitidos muchos 1s (o 0s), la señal permanece en on ( o off) por largo tiempo, resultando en una pérdida del registro de información. Para resolver este problema, el estándar SONET requiere el cambio de todos los bytes en secuencia de 127 generado por el polinomio  $1 + x^6 + x^7$ . Ciertamente los bits overhead son exentos de este requerimiento.

El cambio consiste de una secuencia de siete registros (figura 6.5). En el empiezo de la trama el valor de 11111111 (binario) es cargado en el registrador. Como los bits arriban sucesivamente, el contenido del registrador son cambiados, y los

contenidos en los registros sexto y séptimo (correspondiente a los términos  $x^6$  y  $x^7$ , respectivamente) son or exclusivas también la retroalimentación del primer registrador (correspondiente al primer término en el polinomio). La salida del registrador final es la muestra de una señal aleatoria y donde llegan los bits de información.



**FIGURA 6.5 Implementación de los registros para el cambio a SONET.**

El cambio de operación es equivalente a la señal origen-exclusiva de bits con una secuencia de 127 bits, lo cual es altamente aleatorio y no contiene secuencias largas de 1s o 0s. La frecuencia de transiciones en el resultado puede incrementarse, sin embargo si los datos del usuario son idénticos a cualquier subgrupo de ésta secuencia, el resultado puede tener solamente 1s en las correspondientes posiciones de los bits; similarmente, si los datos del usuario es un complemento exacto de cualquier subgrupo de ésta secuencia, el resultado puede tener solamente 0s en las correspondiente posiciones de los bits.

En la designación del mapeo de la FDDI en SONET, la clave fue el aseguramiento que la señal de la FDDI no resulte en una serie larga de 1s o 0s después del cambio. Para éste propósito se tienen que tomar en cuenta dos pasos. Primero algunos bits de relleno son usados en la SPE para romper a corriente FDDI. Como resultado, los datos de la FDDI no pueden ser afectados más que en 17 bytes continuos. Aún si la hilera de 17 bytes tiene un bit de relleno de control y por lo tanto

no son sometidos al control del usuario. Segundo que el cambio de secuencia fue analizado, para encontrar el patrón válido más largo de 4b/5b que pueda complementar una porción del cambio de secuencia. Lo más largo para la secuencia aleatoria de los datos de la FDDI o los símbolos de control y la secuencia en el cambio a SONET es 58 bits (7.25 bytes) de símbolos válidos. Así, si esto no es posible para un usuario FDDI puede causar serios errores en la red SONET simplemente enviando un patrón de datos.

## CONCLUSIONES

En la presente tesis se dio una breve explicación de los puntos más importantes de SONET (Synchronous Optical Network) que en la actualidad es una de las redes que ofrecen las mayores ventajas para la adaptación de servicios públicos como privados.

Uno de estos servicios se explicó en este trabajo que son las redes LAN (Ethernet, Token Ring y FDDI), pero hay más servicios que pueden ser adaptados como son: video, las redes MAN (Metropolitan Area Network), las redes WAN (Wide Area Network), ISDN de Banda Ancha, etc.

Otra ventaja que ofrece esta red es la protección de fallas tanto de enlace como de equipo que viene a ser un punto muy importante dada la capacidad y servicios que ésta puede soportar.

Un punto de referencia que puede ser utilizado para tener en cuenta los servicios y capacidad de SONET es que en los Juegos Olímpicos de Atlanta el sistema de comunicación que fue implementado para la gran cantidad de periodistas de aproximadamente 197 países fue una red SONET.

Por lo expuesto, este trabajo de tesis, será una herramienta de gran utilidad para todos aquellos profesionistas que quieran dedicarse al estudio de las comunicaciones y en especial al de las redes.

No obstante se incluye la bibliografía necesaria para lograr un estudio más profundo si así se requiere.

## GLOSARIO

**1+1.** "Uno + Uno". Un método de protección de tráfico en el cual hay un par de protección de fibras para cada par de fibras las cuales normalmente portan el tráfico. Las fibras de protección son usualmente colocadas en una ruta separada de las fibras de tráfico. Las señales son transmitidas simultáneamente sobre ambos para así la señal de protección pueda ser seleccionada rápidamente si la señal de tráfico falla.

**1:N.** "uno para N". Un método de protección de tráfico en el cual hay una plataforma de protección y un par de fibras para N plataformas, y un par de fibras las cuales normalmente portan el tráfico. Las fibras de protección son normalmente colocadas en la misma ruta que el par de fibras de tráfico. 1:N es usado contra fallas de equipo.

**ADM.** Multiplexor add/drop. Un sistema de SONET el cual transmite y recibe en dos direcciones. El tráfico es adicionado a la señal las cuales son transmitidas. El cual puede ser extraída fuera de la señal cuando es recibido. El tráfico puede pasar a través del ADM.

**ANSI.** American National Standards Institute. Instituto Nacional Norteamericano de Estándares . Instancia coordinadora de grupos voluntarios de fijación de estándares en los Estados Unidos. ANSI es miembro de ISO.

**asynchronous transmission.** Transmisión asíncrona. Forma de transmisión que no requiere que el receptor y el transmisor mantengan en "sincronía" sus relojes.

**ATM.** Asynchronous Transfer Mode. Modo de Transferencia Asíncrona. Estándar CCITT para retransmisión de celdas (cell relay) en el cual la información para diferentes tipos de servicios (voz, video, datos) se transmite en pequeñas celdas de tamaño fijo. Opera en los niveles 1 y 2 del modelo OSI.

**Bandwidth.** Ancho de banda. Diferencia entre la frecuencia más alta y las más baja de las señales de una red que puede utilizarse de manera efectiva para transmitir información. También describe la capacidad establecida de un protocolo o un medio dados para una red.

**baseband.** Banda base. Característica de la tecnología de redes en donde solo se emplea una frecuencia portadora. La banda base se diferencia de la banda amplia (broadband), en el cual se emplean múltiples frecuencias portadoras. Ethernet es un ejemplo de red en banda base. Todo en ancho del canal se utiliza para enviar datos.

**BISDN.** Broadband ISDN. ISDN de banda amplia. Estándares de comunicaciones que se desarrollaron para manejar aplicaciones de gran ancho de banda, tales como video.

**Bit.** Un dígito binario puede ser 0 o 1. Es la unidad más pequeña de información que indica dos estados "off (0)", "on (1)".

**Bit stuffing.** Bit de paridad. Método sencillo para detectar errores en la transmisión. Se agrega un bit 0 o 1 dependiendo del número de unos que tenga el patrón para enviar.

**Broadband.** Banda amplia. En este tipo de red local el ancho de banda se divide en canales de voz, datos y vídeo. Esto se logra a través del manejo de frecuencias en un mismo canal.

**Byte.** Término genérico que se refiere a una serie de dígitos binarios consecutivos en los que se trabaja como si fueran una unidad., un ejemplo son los de 8 dígitos.

**CCITT.** Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía (siglas en francés) Organización internacional que desarrolla estándares de comunicaciones se encuentra ubicado en Ginebra Suiza.

**C.O.** Central Office. Oficina Central. Oficina de la compañía telefónica local a la cual se conectan todos los ciclos (loop) de una cierta área y el la cual ocurre la conmutación de los circuitos de las líneas de abonados.

**concentrator.** Concentrador. Dispositivo que sirve como centro de una red con topología tipo estrella . También se refiere a un dispositivo que contiene Múltiples módulos de equipos de redes.

**drop.** Punto de enlace. Lugar de un canal multipunto en donde se hace una conexión a un dispositivo de la red.

**DS-1.** Digital (transmission) System 1: Sistema de (transmisiones ) digital 1, o Digital Signal Level 1: Señal digital de nivel 1. Término empleado para referirse a la señal digital de 1.56 Mbps (E.E.U.U.) ó 2.048 Mbps (Europa) que maneja el sistema de portadora T1.



**DS-1.** Digital (transmission) System 3: Sistema de (transmisiones ) digital 3, o Digital Signal Level 3: Señal digital de nivel 3. Término empleado para referirse a la señal digital de 44 Mbps que maneja el sistema de portadora T3.

**FDDI.** Fiber Distributed Data Interface , Interfaz de datos distribuidos por fibra. Estándar definido por ANSI que especifica una red token passing de 100 Mbps empleando cable de fibra óptica.

**Fibra Óptica.** Un medio de transmisión de datos que consiste en una fibra de vidrio ( ó de plástico ). Una fuente luminosa (LED o láser) emite un haz de luz que se va reflejando dentro del cable gracias a los diferentes grados de refracción entre el material de la fibra y una cubierta de material similar.

**FOTS.** Fiber Optic Transmission System. Sistema de transmisión de fibra Óptica.

**Grooming.** Consolidación o segregación del tráfico para su eficiencia. La administración del tráfico en orden para el uso eficiente de las facilidades. Por ejemplo en vez de utilizar 2 STS-1's para portar 10 DS1's entre oficinas A y B y 15 entre oficinas A y C pueden estar groomed en una STS-1 entre A y B.

**Hub.** Concentrador. En forma genérica, término que describe un dispositivo que sirve como centro de una red con topología de estrella. Los concentradores pueden ser activos (que repiten las señales) o pasivos (que no repiten, sino que reparten las señales que les llegan).

**ISDN.** Integrated Services Digital Network . Red digital de servicios integrados . Protocolo de comunicación propuesto por las compañías telefónicas para lograr que las redes de teléfono transmitan datos, voz, datos y otros materiales de la fuente.

**ISO.** International Organization for Standardization . Organización internacional para la estandarización. Organización internacional responsable de una amplia gama de estándares, incluyendo aquellos relevantes para las redes . ISO es responsable del modelo de referencia OSI.

**LAN.** Local Area Network. Red de área local. Red que cubre un área geográfica relativamente pequeña. Comparadas con las redes WAN, las redes LAN suelen caracterizarse por velocidades de transferencia de datos relativamente altas y una relativamente baja incidencia de errores.

**LASER.** Light Amplification by Stimulated Emission of de Radiation: Amplificación de luz por emisión de radiaciones . Dispositivo analógico de transmisión en el cual un material activo adecuado es excitado por un estímulo externo para producir un estrecho haz de luz coherente, que pueda ser modulado en pulsos para transmitir datos.

**Óptico Carrier N (OC-N).** El equivalente óptico de una señal STS-N.

**oderwire.** Un canal usado por los instaladores para facilitar el abastecimiento de líneas.

**OSI.** Siglas de "Open Systems Interconned". Estructura lógica y estándar de 7 niveles de protocolos (física, enlace, red, transporte, sesión, presentación y aplicación) definida por ISO para facilitar la comunicación en ambientes heterogéneos,

**overhead.** Bits extras en una señal digital usada para portar información además de las señales de tráfico.

**path.** ruta Nombre asignado a la ruta tomada por un paquete de un punto a otro dentro de una red

## **BIBLIOGRAFIA**

**SONET 101**  
**An Introduction to SONET**  
**Northern Telecom**

**SONET Acces Planning Guidelines**  
**Northern Telecom**  
**February 1991**

**Telesis 1990 one/two**  
**Bell-Northern Research L.T.D.**

**Enterprise Networking**  
**"Fractional T1 to SONET, Frame Relay to BISDN**  
**Daniel Minoli**  
**Artech House**

**Data Network Design**  
**Darren L. Spoiln**  
**Mc Graw Hill, Inc**  
**Mc Graw Hill Series on Computer Communications**

**Internetworking LAN's**  
**Operation, Design and Management**  
**Robert Davidson and Nathan J. Muller**  
**Artech House**