

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA



***SDH UN ESTANDAR PARA REDES
DE TELECOMUNICACION OPTICA***

T E S I S

**QUE CON OPCION AL TITULO DE
INGENIERO EN ELECTRONICA Y COMUNICACIONES**

PRESENTA

Guillermo Mata Gómez

CD. UNIVERSITARIA

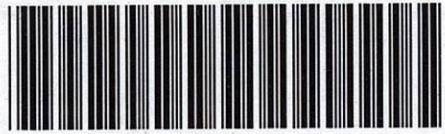
SEPTIEMBRE DE 1996

T

TK5105

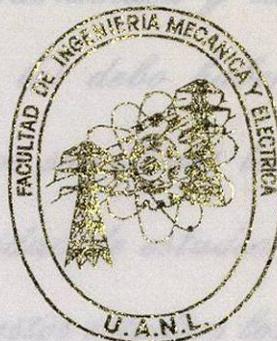
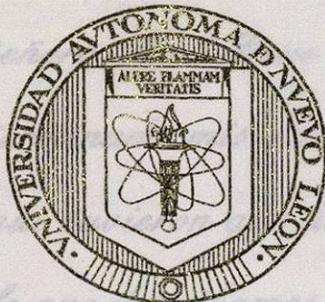
M3

c.1



1080072259

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



**SDH UN ESTÁNDAR PARA REDES
DE TELECOMUNICACIÓN ÓPTICA**

TESIS

QUE CON OPCIÓN AL TÍTULO DE
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES
PRESENTA

Guillermo Mata Gómez

CIUDAD UNIVERSITARIA

SEPTIEMBRE DE 1996



(1996)

T
TK5105
M3



(72259)



Dedico este trabajo a:

Mis padres el señor Guillermo P. Mata Hernández y la señora Ma. Irene Gómez de Mata pues a ellos les debo haber terminado mis estudios académicos. Fueron muchos sacrificios los que tuvieron que hacer para brindarnos la oportunidad de estudiar lo que deseábamos, y espero que al verme finalizar estos estudios los llene de orgullo y satisfacción como a mi me enorgullece ser su hijo.

Gracias Padres, con cariño para ustedes.

Agradexo también a:

Mis Hermanos y mi novia por el apoyo brindado para la realización de este trabajo, pues sin su ayuda no hubiera sido posible terminarlo.

A mis amigos, compañeros y maestros el apoyo que me dieron durante la realización de mis estudios.

Guillermo Mata Gómez.



INDICE

Pág.

CAPITULO I

CONCEPTOS BÁSICOS DE COMUNICACIONES CON F.O.

1. Componentes de un Sistema de Comunicación	2
2. Técnicas de Señalización Análoga	2
3. Transmisión Análoga	4
3.1. Modulación Analógica	4
4. Transmisión Digital	5
4.1. Técnicas de Modulación Digital	6
5. Técnicas de Modulación en F.O.	8
5.1. Modulación de Intensidad (I.M.)	9
5.2. Componentes de un Sistema Óptico Basado en P.C.M.	9
5.3. Ventajas y Desventajas de P.C.M..	11
6. Técnicas de Multiplexaje	12
6.1. Multiplexaje por División de Frecuencia (F.D.M.).	13
6.2. Multiplexaje por División de Tiempo (T.D.M)	15
6.3. Multiplexaje por División de Longitud de Onda (WDM)	15
7. Modos de Transmisión de Señal	17
8. Requerimientos de un Enlace Óptico	17
8.1 Presupuesto de Pérdidas Enlaces Punto a Punto.	18
8.2 Resultados del Diseño del Enlace	19
8.3 Consideraciones de Orden Económico	19

CAPITULO II

JERARQUÍA DIGITAL PLESIOCRONA (PDH)

1. La Red PDH	22
1.1. Limitaciones de la Red PDH	23
1.2. Debilidades de la Red PDH	23
2. Multiplex Orientado a Byte	23

3. Multiplexores Digitales de Alta Velocidad	24
3.1. Multiplexor Terminal	24
3.2. Multiplexores Drop/Insert	25
3.3. Multiplexores de Red	25
4. Sistema de Crosconexión Digital	25
5. Circuitos de Recuperación de Sincronía	27
5.1. El Jitter en los Sistemas PDH	27
6. Composición de un Enlace Telefónico Digital	30

CAPITULO III

JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA (SDH)

1. Historia de SDH	33
2. Descripción y Función de la Red SDH	34
2.1. La Red Basada en SDH	34
2.2. Comparación de Rangos Existentes y Sonet/SDH	35
2.3. Elementos Básicos de la Red SDH	36
2.4. Mux Terminal de Línea	37
2.5. Mux de Inserción - Extracción	38
2.6. DXC Síncrono	39
3. Estructuras de Red SDH	39
3.1. Estructura Punto a Punto	40
3.2. Estructura de Anillo	40
3.3. Estructura de Malla.	41
3.4. Estructura de Malla y Anillos	42
4. Términos SDH	43
5. Estructura de Señal Síncrona	43
5.1. Trama de Transporte Síncrono	44
6. Principio de Interconexión en SDH	45
7. Segmentos de una Red	47
8. Enlace entre Encabezado de Sección y VC-4	48

	Pág.
9. Características de los Apuntadores	49
9.1 Sincronización de Tramas - Apuntadores en Acción	50
10. Multiplexaje Síncrono por Entrelazado de Bytes	51
10.1. Estructura de Trama STM-4 SDH	52
11. Jerarquía de Señales y Tasas de Transmisión SDH	54
12. Interfaces de Línea SDH	55
13. Estructura de Trama STM-1 (VC-4)	56
13.1. Contenedor Virtual STM-1 (VC-4)	56
13.2. Proceso de Ensamble del VC-4	57
13.3. Proceso de Desensamble del VC-4	57
14. Unidades Tributarias (TU'S)	58
14.1. Diferentes Tamaños de Tramas de Unidades Tributarias.	59
14.2. TU-12 Empaquetados en VC-4	60
14.3. Multiplexaje de Unidades Tributarias	61
14.4 Modos de Operación de la TU	61
15. Contenedor Virtual Concatenado (Concatenación)	62
16. Capacidades, Áreas y Funciones del Encabezado	63
16.1. Áreas del Encabezado STM-1	63
16.2. Funciones del Encabezado de Ruta de Alto Orden (VC-4)	64
16.3. Definición de "Sección del Multiplexor" de una Red SDH	65
16.4. Funciones del Encabezado de la Sección de Multiplexor (MSOH)	66
16.5. Definición de "Sección del Regenerador" de una red SDH.	67
16.6. Funciones del Encabezado de Sección del Regenerador (RSOH)	68

CAPITULO IV

EQUIPOS Y TOPOLOGÍA SDH

1. Equipos SDH	71
2. Aplicaciones de Equipos SDH	72
3. SDH Mediciones y Pruebas	75
4. Aplicaciones de Sistemas de Fibra Óptica SDH.	77
5. Interfaces Ópticas SDH	77

	Pág.
6. Aplicaciones del Sistema de Crosconexión	81
7. Arquitecturas de Protección SDH	81
7.1. Técnicas de Protección de Anillos Auto restaurables.	84
7.2. Interconexión de Anillos SDH.	85
8. Modo de Transferencia Asíncrona (ATM)	87
8.1. Principales Recomendaciones del CCITT para ATM y B-ISDN	87
8.2. Desarrollo Cronológico de ATM	88
8.3. Ventajas que Proporciona Una Red Basada en ATM	88
8.4. Características de ATM	88
8.5. Definición del Tamaño de la Célula	89

CAPITULO V

CARACTERIZACIÓN DE ENLACES DE FIBRA ÓPTICA MEDIANTE REFLECTOMETRÍA ÓPTICA EN EL DOMINIO DEL TIEMPO.

1. Descripción y Funcionamiento del OTDR	92
1.1. Panel Frontal	92
1.2. El Encendido	95
1.3. Las Conexiones	96
1.4. La Pantalla	97
1.5. Definición de Parámetros (Change Settings)	98
1.5.1. Waveform Settings	98
1.6. Adquisición de Datos (La Prueba).	101
1.6.1. Expandir Parte de la Pantalla (Expand).	101
1.6.2. Pérdidas Entre Dos Puntos (Two Point)	102
1.6.3. Pérdidas de Empalme (Splice Loss)	103
1.6.4. Tabla de Eventos (Event Table)	104
1.7. Imprimir	104
1.8. Almacenamiento en disco (Mass Storage)	105
1.8.1. Load From Disk	105
1.8.2. Save to Disk	105
2. Tecnología Para OTDR's de Alto Rendimiento	106
2.1. Características de un Buen Software de Análisis Para el OTDR.	106
2.2. Fundamentos de los OTDR's	107

	Pág.
2.3. Características del OTDR	108
2.4. Pérdida de Retorno	109
3. Mediciones en Sistemas de Cable Óptico.	110
3.1. Pérdida de la Fibra	111
3.2. Calidad del Conector del Panel de Distribución	113
3.3. Calidad del Panel de Distribución y de la Fibra	115
3.4. Medición del Sistema	116
3.5. Medición de Pérdida Óptica por Retorno	118
Glosario	123
Términos de Menús	129
Términos de Almacenaje/Impresión	131
Teclado al Tacto	132
Bibliografía	133

INTRODUCCIÓN

Al utilizar la luz como portadora de información teniendo como medio de comunicación la fibra óptica, inició un cambio en los sistemas de telecomunicación.

Los sistemas de telecomunicación cambiaron con la instalación del cable de fibra óptica en sus redes de comunicación, volviéndose más confiables y de mayor capacidad y calidad.

Al tener mayor capacidad de información y utilizar mayores velocidades de transmisión, aumentó la cantidad de usuarios y también aumentaron las necesidades de la red. Se requería de un sistema de comunicación para los enlaces de alta velocidad por fibra óptica para brindar más flexibilidad en la red para poder utilizarla con las redes que estaban ya operando y que redujera los costos de instalación, operación y mantenimiento.

Así se creó la red SDH (Jerarquía Digital Síncrona) la cual tiene una serie de estándares para la utilización de nuevas redes que son la solución para las necesidades actuales y futuras de los enlaces de telecomunicación.

CAPITULO I

**CONCEPTOS BÁSICOS DE COMUNICACIONES
CON FIBRA ÓPTICA**

CONTENIDO

1. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN.
2. TÉCNICAS DE SEÑALIZACIÓN ANÁLOGA.
3. TRANSMISIÓN ANÁLOGA.
4. TRANSMISIÓN DIGITAL.
5. TÉCNICAS DE MODULACIÓN EN FIBRAS ÓPTICAS.
6. TÉCNICAS DE MULTIPLEXAJE.
7. MODOS DE TRANSMISIÓN DE SEÑAL.
8. REQUERIMIENTOS DE UN ENLACE ÓPTICO.

1.- COMPONENTES DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN

Para poder entablar una comunicación se requieren cuatro elementos básicos:

Fig. 1

- El mensaje a transmitir.
- Un transmisor de mensaje.
- El medio de transmisión.
- El receptor de mensaje.

Estos elementos pueden estar presentes en muchas formas diferentes dependiendo del sistema que se trate.

Para que la comunicación sea efectiva, el mensaje debe de ser entendible para que el receptor sea capaz de interpretarlo correctamente.

En las telecomunicaciones el medio de transmisión va desde par alámbrico, cable coaxial, atmosférico y lo más avanzado en la actualidad : el cable de F.O.



Figura 1.- Elementos Fundamentales involucrados en una comunicación

2.- TÉCNICAS DE SEÑALIZACIÓN ANÁLOGA.

Un mensaje puede transmitirse como señales eléctricas usando dos técnicas.

- Como banda base (o de origen).
- Montándolas en una portadora modulada (modulación).

Señal banda base:

Es cuando la señal es transmitida en la forma que es generada por la fuente. Pueden ser analógicas y digitales.

Modulación:

Esto es cuando se varían las características de una señal de alta frecuencia llamada portadora, de acuerdo a una señal moduladora, que es el mensaje de banda base. Fig. 2.

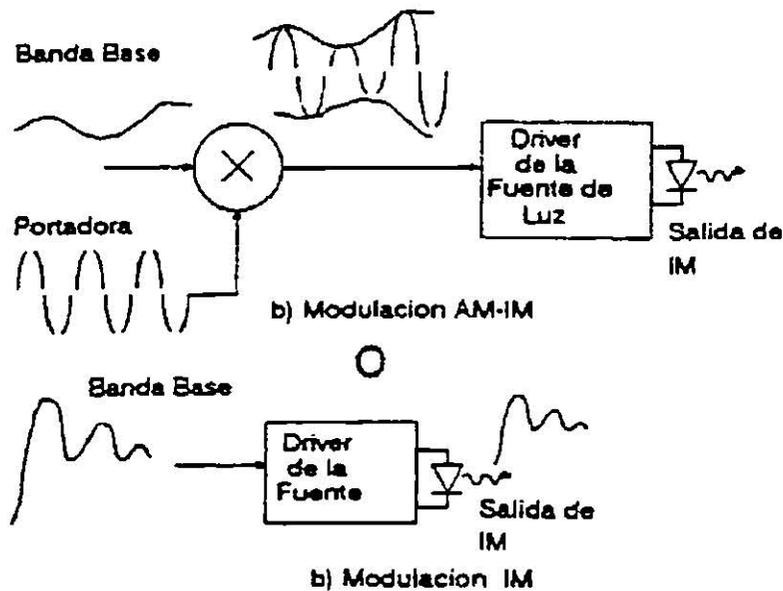


Figura No. 2

Las características de la portadora que se pueden variar son:

- Amplitud (Amplitud Modulada).
- Frecuencia (Frecuencia Modulada)
- Fase (Modulación por fase).

Los distintos medios físicos que se usan en telecomunicaciones, varían considerablemente en sus capacidades de transmisión.

Uno de los términos más importantes en las telecomunicaciones es el ancho de banda, el cual se refiere a la gama de frecuencias que puede transmitir un canal.

La capacidad de un canal para transmitir información es proporcional al ancho de banda.

3.- TRANSMISIÓN ANÁLOGA

Al modular una señal se utilizan diferentes técnicas para diferentes tipos de señal.

3.1 MODULACIÓN ANALÓGICA:

En ésta técnica de modulación, la información o mensaje modulará o variará alguna de las características de la portadora.

a) Modulación de amplitud (AM).

Esta modulación sucede cuando se varía la amplitud de la onda portadora.

b) Modulación por cambio de amplitud (ASK).

En ésta técnica de modulación, cuando la señal banda base es un “1” lógico se deja pasar portadora y cuando la señal corresponde a un “0” lógico se impide el paso de la portadora.

Este tipo de modulación ya no se utiliza para transmitir señales de banda base digitales, porque es muy susceptible a interferencia de ruido eléctrico, el cual puede producir errores en el receptor de datos.

c) Modulación por frecuencia (FM).

En esta modulación la frecuencia de la portadora cambia de acuerdo a la amplitud de la señal de banda base del mensaje.

d) Modulación por cambio de frecuencia (FSK).

En ésta técnica se modulan señales de datos digitales y es muy utilizada en los MODEMS, así como en grabación de datos en cinta magnética. Esta técnica consiste en generar dos señales portadoras en vez de una sola, una

con frecuencia F1 y otra con frecuencia F2, se envía una de las dos dependiendo del dato, un "1" o un "0" lógico. A esta técnica también se le conoce como modulación por tonos.

e) Modulación por cambio de fase (PSK).

Esta técnica consiste en variar la fase de una portadora con la amplitud de la señal del mensaje que es la moduladora. Esta técnica al igual que la FSK modula señales de datos digitales, pero su aplicación es más útil para transmisión de datos a alta velocidad entre MODEMS.

4.- TRANSMISIÓN DIGITAL.

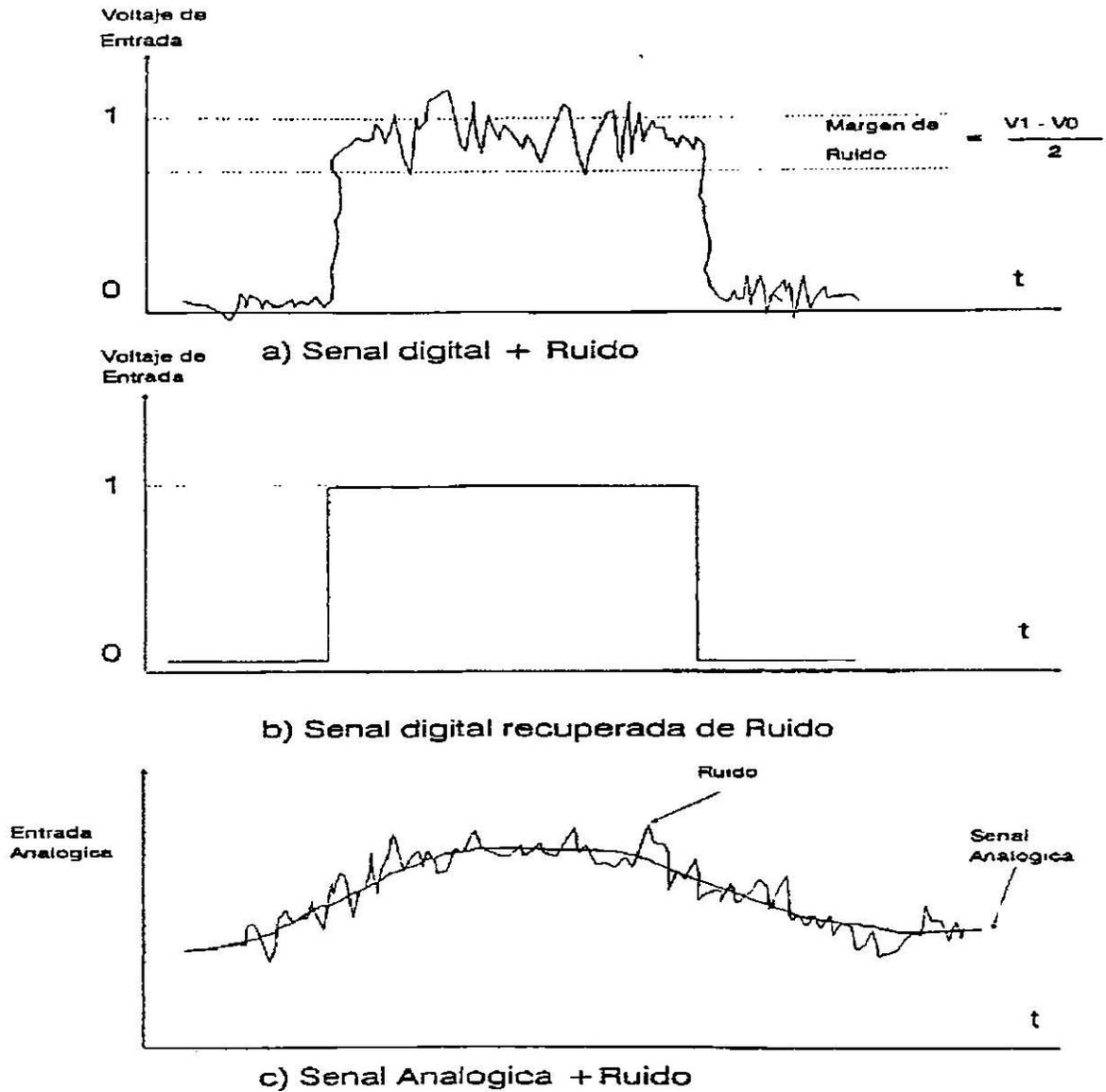
La red telefónica pública ha evolucionado de manejar la voz en forma analógica a la utilización de sistemas de transmisión digital.

La ventaja más importante de la transmisión digital es notoria cuando se manejan señales débiles. Todos los detectores tienen un ruido interno inherente que afectan a las señales que entran al detector en un mayor o menor grado.

Ya que los pulsos digitales están presentes o ausentes, éstos pueden ser detectados con baja probabilidad de error aún en la presencia de un ruido significativo. Para señales análogas, en cambio, cualquier ruido tiende a distorsionar el mensaje.

Fig. 3.

La mayor tolerancia de ruido en los sistemas digitales significa que estas señales pueden ser transmitidas más lejos antes de que requieran amplificación. Otra ventaja de los sistemas digitales es en lo fácil que los pulsos digitales pueden ser detectados y regenerados.



Efectos del Ruido en Señales Electronicas

Figura No. 3

4.1 TÉCNICAS DE MODULACIÓN DIGITAL.

En éstas técnicas, no se modula una portadora continua sino lo que se hace es discretar la señal analógica y enviar una cadena de pulsos cuyas características serán variadas por la señal de mensaje. Por esta razón también se les llama modulación por pulsos.

Los tipos de modulación por pulsos más usados son:

- a) PAM (Modulación por amplitud de pulso).
- b) PWM (Modulación por ancho de pulso).
- c) PPM (Modulación por posición de pulso).
- d) PCM (Modulación por código de pulso).

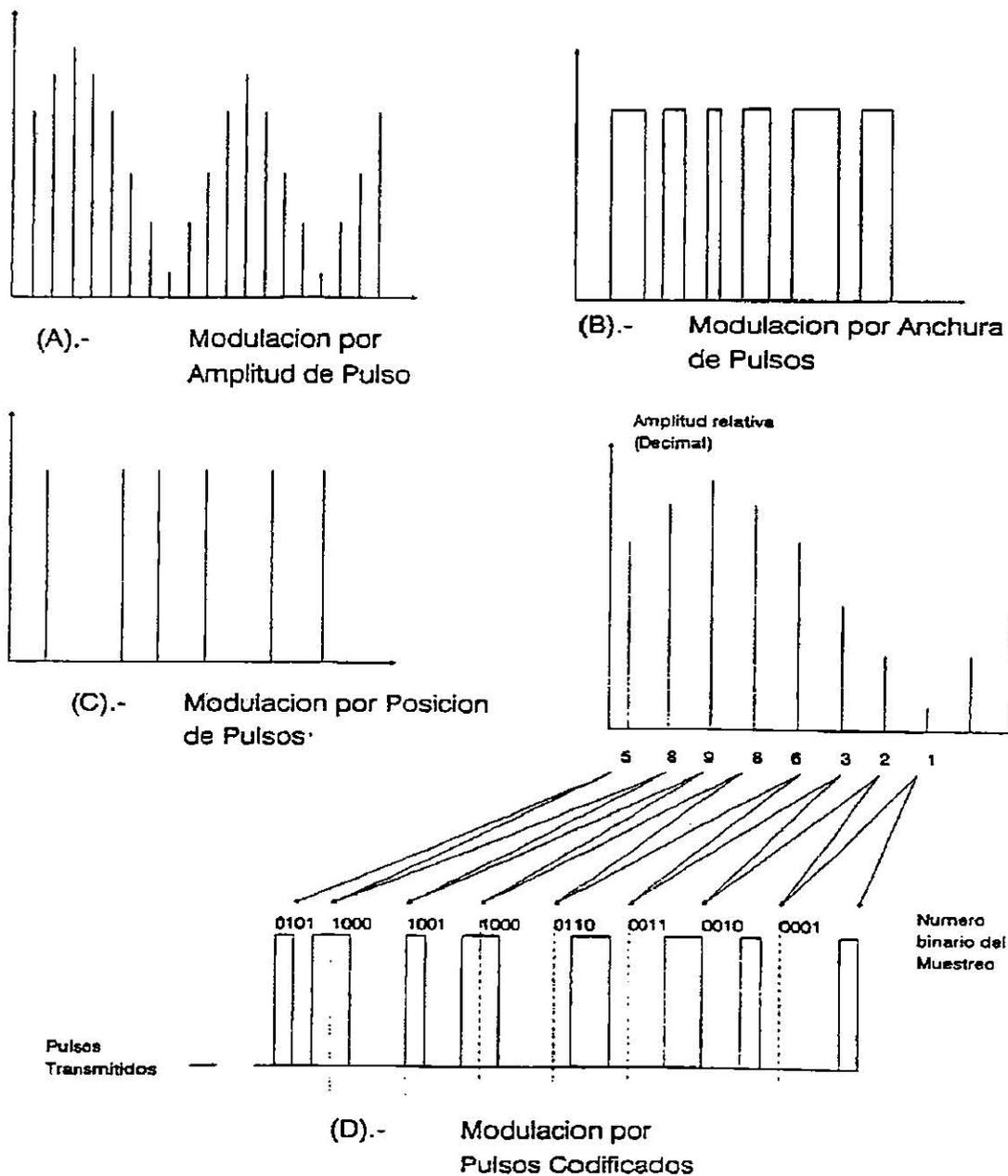


Figura No. 4

Cuando la amplitud de los pulsos es variada para representar información.

a) **PAM**: Esta modulación ocurre cuando la amplitud de los pulsos es variada para representar información. Este método es muy susceptible a interferencia de ruido eléctrico.

Esta técnica se utiliza en equipo de conmutación telefónica tal como un PBX.

b) **PWM**: En esta técnica la modulación se realiza cuando la información es representada variando el ancho de los pulsos.

Esta técnica también se utiliza en equipos de conmutación telefónica.

c) **PPM**: En esta técnica se varía la posición de los pulsos dentro de un grupo de pulsos (trama) para representar la información.

d) **PCM**: La amplitud ó altura de la forma de onda de entrada es muestreada electrónicamente a intervalos regulares. Para exactitud en la representación de la onda debe ser muestreada al doble de la componente de frecuencia más alta de la señal. Las alturas de las muestras individuales son codificadas en una secuencia de dígitos binarios 0's y 1's. Para transmitir un "1" puede ser representado por un pulso y un "0" por la ausencia de un pulso.

De estas técnicas la más utilizada para comunicaciones ópticas es la modulación por pulsos codificados (PCM).

5.- TÉCNICAS DE MODULACIÓN EN FIBRAS ÓPTICAS.

Hay una variedad de formatos de modulación que pueden ser usados con LEDS y LASERS en un sistema de fibras ópticas. Las formas más comunes de modular para transmitir señales en forma digital y analoga son (PCM) y modulación por intensidad (IM) respectivamente.

5.1 MODULACIÓN DE INTENSIDAD (IM).

Los sistemas de transmisión analógicos por fibras ópticas están diseñados principalmente para la transmisión de señales de video.

La técnica análoga más simple es usar modulación de amplitud o de intensidad de la fuente (IM). En este esquema la señal eléctrica variante en el tiempo $s(t)$ es usada para modular directamente una fuente óptica, variando en torno a un nivel de polarización adecuado, la corriente que circula por la fuente óptica.

La señal de información puede transmitirse directamente en forma de banda base o incorporarse en una portadora eléctrica por medio de una modulación (AM-IM) de amplitud o de frecuencia (FM-IM), como se ilustra en la Fig. 5.

Las características no lineales de la fuente de luz afectan la calidad de la transmisión en las técnicas de modulación de banda base IM y AM-IM.

Una de las desventajas de la modulación analógica es que, se requiere una relación de señal a ruido muy alta (mayor de 40 db), en el receptor.

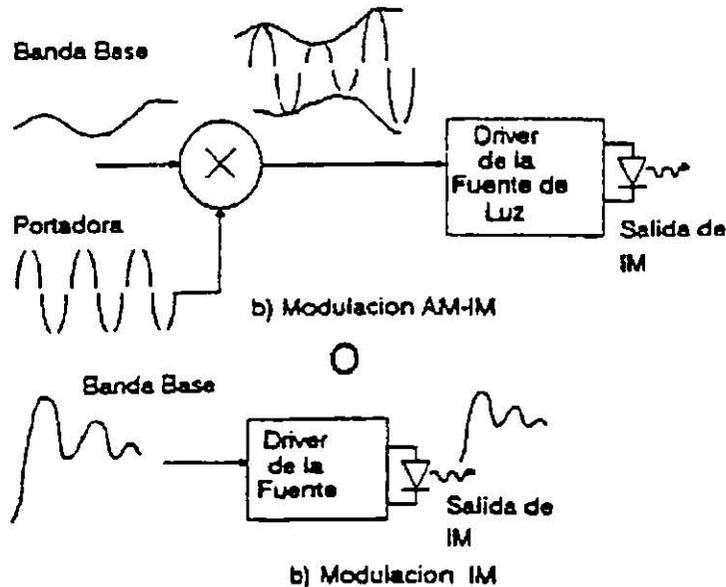


Figura No. 5

5.2 COMPONENTES DE UN SISTEMA ÓPTICO BASADO EN PCM.

En la (Fig. 6) se muestran los componentes fundamentales de un sistema PCM. La función de cada uno de los componentes es la siguiente:

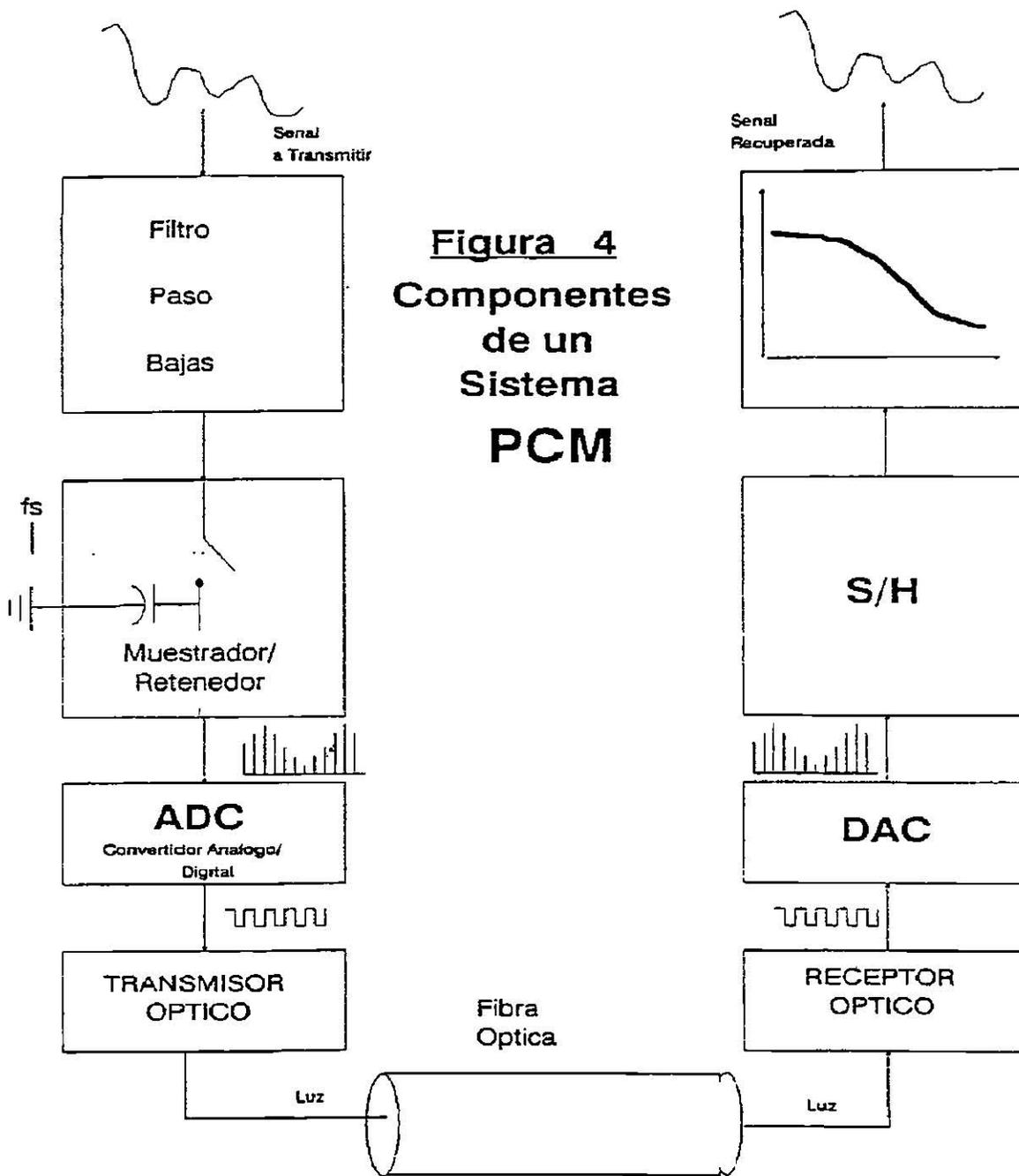


Figura No. 6

1. **Filtro paso bajo.**- La señal analógica se pasa por un filtro paso bajo con el fin de limitar su banda, para asegurar que no existan componentes de frecuencias mayores que f_{max} . Esto se hace para evitar empalmes al momento de muestrearla.

2. **Circuito muestreador/ retenedor (S/H).**- Tiene dos funciones: muestrear la señal a una frecuencia de al menos el doble de la frecuencia máxima de la señal analógica f_s mayor igual a $2 f_{max}$. ó sea discretiza la señal analógica en señales de PAM. El retenedor (HOLD) “congela” las señales por un instante de tiempo suficiente para que el convertidor análogo digital termine la conversión de la muestra a código binario.
3. **Convertidor análogo digital.**- Su función es cuantizar las muestras convirtiéndolas a un código binario.
4. **Transmisor óptico.**- Aquí la fuente de luz es modulada por la señal binaria y el haz de luz es acoplado a la fibra óptica.
5. **Receptor óptico.**- En el otro extremo de la fibra, la luz es capturada por el receptor en donde el fotodiodo convierte la señal de luz en una señal eléctrica binaria.
6. **Convertidor digital analógico.**- Toma la señal binaria y la convierte en una señal equivalente PAM.
7. **Muestreador retenedor (S/H).**- Este circuito elimina componentes de ruido introducidos en el proceso de reconversión.
8. **Filtro paso bajo.**- Elimina las componentes de alta frecuencia generadas en el muestreo. Alisa la señal para recuperar finalmente la señal analógica continua limpia.

5.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE PCM

Las ventajas principales de PCM son las siguientes:

- a) Las señales digitales toleran grandes cantidades de atenuación o distorsión sin degradar severamente la información ya que el receptor solo tiene que realizar dos niveles de decisión.

- b) Esta técnica es idónea para trabajar con fuentes de luz como LED y LDs ya que las no linealidades de la fuente no afectan a la señalización de dos niveles.
- c) Facilidad de multiplexar el equipo en el tiempo abatiendo los costos.

Las desventajas más importantes del PCM son:

1. Se requiere un ancho de banda mucho mayor que el de la señal misma.
2. Se requiere equipo especial para adaptarlos a canales analógicos existentes, y para hacer la conversión de analógico a digital.
3. El codificado, el procesamiento digital y decodificado de las señales analógicas aumentan el mecanismo de ruido que es muy distinto al existente en sistemas analógicos.
4. Es más costoso que su contraparte analógico.

6.- TÉCNICAS DE MULTIPLEXAJE

Multiplexaje o multicanalización es una técnica que permite que varios mensajes sean transmitidos simultáneamente sobre una trayectoria común. Para dividir la trayectoria física se usan básicamente dos técnicas, a saber:

- Multiplexaje por división de la frecuencia (FDM).
- Multiplexaje por división del tiempo (TDM).

Además hay otra técnica que es de uso exclusivo para comunicaciones ópticas, Multiplexaje por división de longitud de onda. Esta última, es una derivación de FDM.

El multiplexor combina las entradas de varios canales de información a una sola fuente señal compuesta la cual es usada para modular el LED ó el LASER semiconductor. Fig. 7.

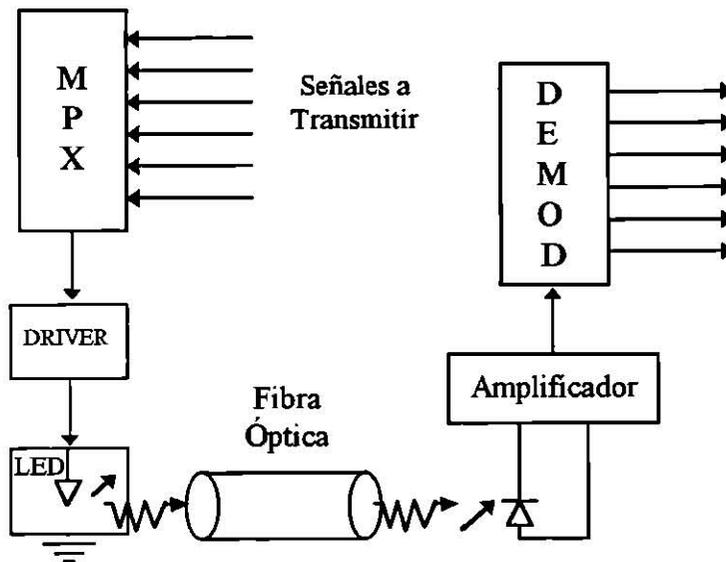


Figura No. 7.- Multiplexor en Comunicaciones Ópticas

6.1 MULTIPLEXAJE POR DIVISIÓN DE LA FRECUENCIA (FDM).

El espectro de frecuencia representado por el ancho de banda disponible de un canal puede ser dividido en porciones de anchos de banda más pequeños, en donde a cada porción se le asigna una de varias fuentes de señal. Este es el principio en el que se basa el Multiplexaje por División de la frecuencia (FDM) Fig. 8.

Principios Basicos de Multiplexaje por Division de Frecuencia

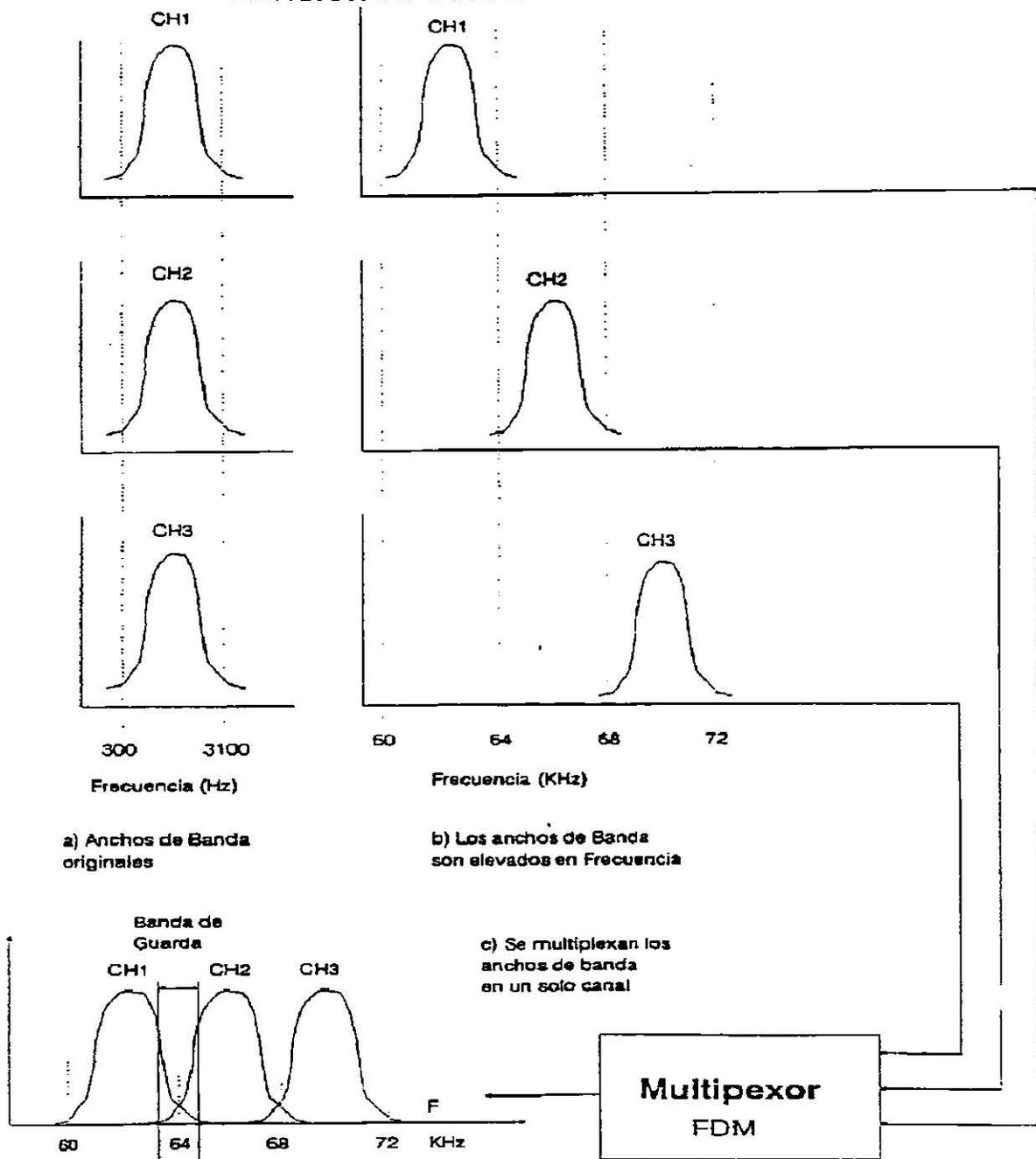


Figura No. 8

Esta técnica de multiplexaje tiene la desventaja de que se requieren unas bandas extras libres entre subcanal y subcanal para evitar que se interfieran. A estas bandas se les llama bandas de guarda, que limitan la banda útil para enviar información.

6.2 MULTIPLEXAJE POR DIVISIÓN DEL TIEMPO (TDM).

En esta técnica lo que se hace es compartir en intervalos de tiempo asignados a cada canal en donde cada usuario utiliza toda la banda por un instante de tiempo. Es el método de multiplexaje más usado en sistemas digitales. En la figura 9 se muestra un sistema simplificado de PCM usando TDM.

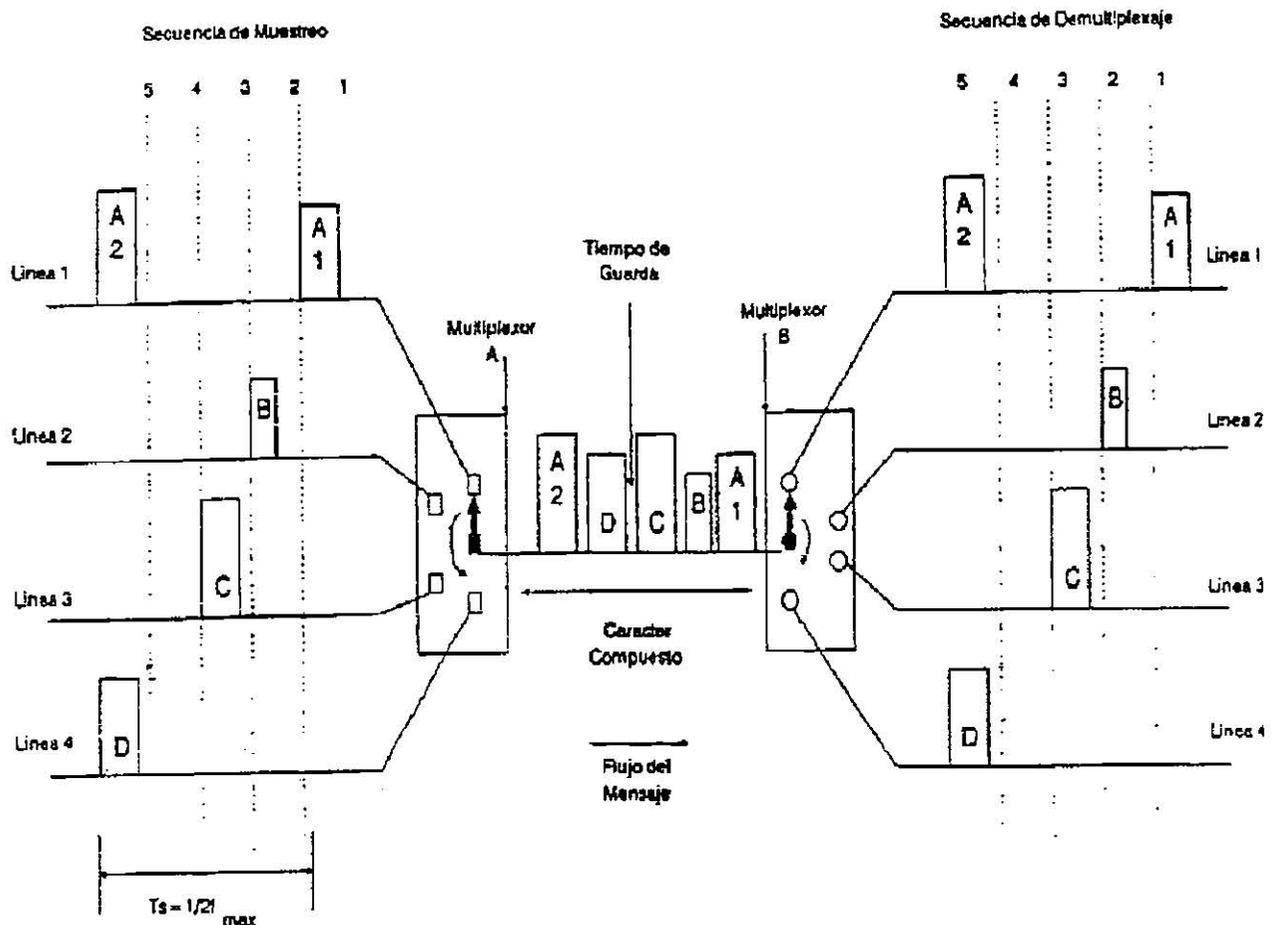


Figura No. 9

6.3 MULTIPLEXAJE POR DIVISIÓN DE LA LONGITUD DE ONDA (WDM)

Esta técnica es exclusiva para usarse en comunicaciones ópticas.

Ya que una fuente de luz tiene anchos espectrales relativamente estrechos, solamente una pequeña parte del espectro disponible de la fibra para transmitir información.

Con las técnicas de WDM se hace uso simultáneo de muchos canales espectrales, utilizando varias fuentes de luz, con longitudes de onda apropiadas para el espectro de la fibra óptica, donde cada fuente puede mandar mensajes independientemente sin interferirse. Esto se muestra en la figura 10.

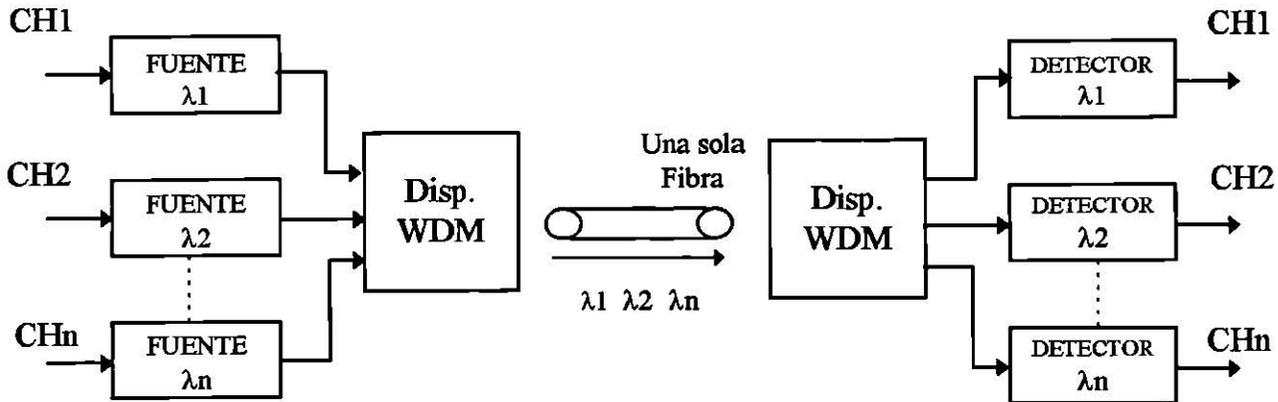


Figura 10. Sistema Unidireccional WDM

Inclusive se puede aprovechar la misma fibra para transmitir en modo bidireccional, usando dos ó más longitudes de onda simultáneamente en direcciones opuestas, como se puede apreciar en la ilustración de la figura 11. Los equipos multiplexores y demultiplexores son ópticos, y bastante complejos.

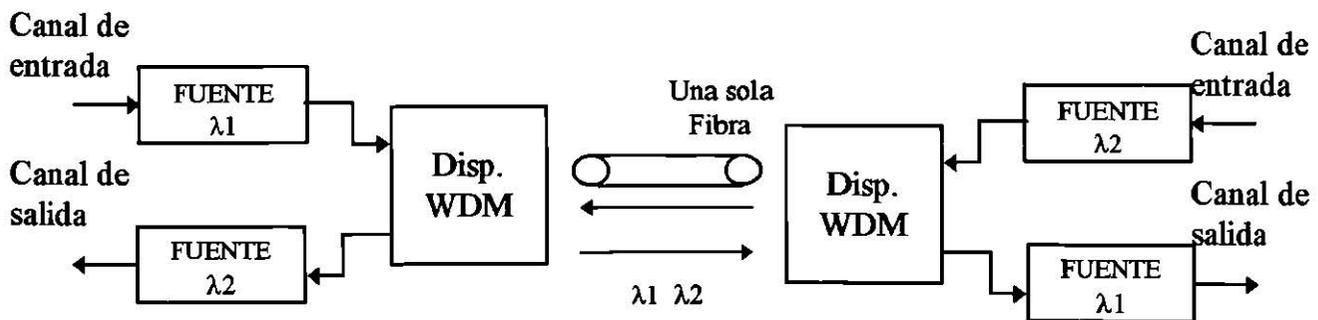


Figura 11. Sistema Full-Duplex usando WDM

7.- MODOS DE TRANSMISIÓN DE SEÑAL

Los modos de transmisión en un sistema de comunicación nos dice la forma en que se está utilizando el canal.

Los modos de transmisión pueden ser:

SIMPLEX: Cuando el canal se usa para transmitir información exclusivamente en un sentido.

HALF DUPLEX (HDX). También conocido como semiduplex. En este modo se puede utilizar un canal en ambas direcciones pero no simultáneamente.

FULL DUPLEX (FDX).- Llamado también duplex completo. En este modo la comunicación se hace en ambas direcciones y simultáneamente.

8.- REQUERIMIENTOS DE UN ENLACE ÓPTICO

El enlace óptico más simple es una conexión punto a punto de un transmisor y un receptor, usando como enlace un cable de fibra óptica como se muestra en la Fig. 12.

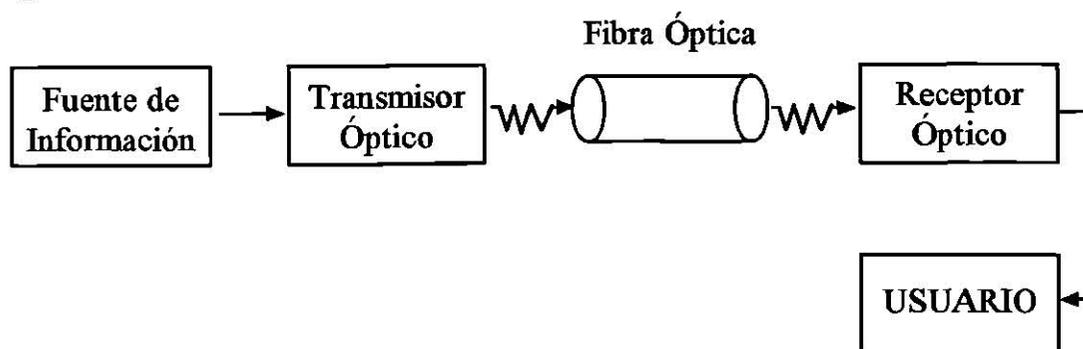


Figura 12.- Enlace Óptico Punto a Punto

Las consideraciones en un sistema de comunicación son las siguientes:

- La distancia de transmisión deseada (posible).
- La velocidad de transmisión de datos o el ancho de banda del canal.
- La proporción de bits erróneas (BER= Bit error rate).

Para poder cubrir estos requerimientos es necesario seleccionar los componentes entre los siguientes:

1) Fibra multimodo o monomodo.

- a) Tamaño del núcleo.
- b) Perfil de índice de refracción del núcleo.
- c) Ancho de banda.
- d) Atenuación.
- e) Apertura numérica.

2) Fuente de luz, LED o diodo Laser.

- a) Longitud de onda emitida.
- b) Ancho espectral.
- c) Potencia de salida.
- d) Área efectiva de radiación.
- e) Patrón de radiación.

3) Detector óptico fotodiodo PIN o fotodiodo de avalancha APD.

- a) Respuesta.
- b) Longitud de onda de operación.
- c) Velocidad.
- d) Sensibilidad.

El diseño del receptor es más complejo que el transmisor ya que tiene que ampliar y reconstruir la señal recibida.

8.1 PRESUPUESTO DE PERDIDAS ENLACES PUNTO A PUNTO

- **MARGEN FIJO:**
= MARGEN DE EQUIPO + PÉRDIDAS CONECTORES DISTRIBUCIÓN.
- **MARGEN DE EQUIPO:**
= POT. EN FIB - POT. MIN. REC. - MARGEN DEGRADACIÓN

- **PÉRDIDAS VARIABLES:**
= ATENUACIÓN FIBRA + PÉRDIDAS EMPALMES + MARGEN
- **REP. LONGITUD MÁXIMA:**
= MARGEN FIJO/PÉRDIDAS VAR.

8.2 RESULTADOS DEL DISEÑO DEL ENLACE

Cable y Tipo De Fibra:

Las características de la fibra óptica a utilizar en el enlace así como el número de fibras del cable considerando una cantidad de fibras extra y el tipo de cable dependiendo donde se instalará.

Hay que considerar los conectores, empalmes, cajas de distribución, etc.

Equipo:

El equipo estará en función de qué señales se manejarán, teniendo en cuenta sus interfaces, potencias de transmisión, ancho espectral del haz, conectores ópticos del equipo y sensibilidad del receptor vs. calidad de señal.

Requerimientos De Instalación y Pruebas Finales:

Es recomendable que el proveedor del sistema ejecute pruebas del sistema con objeto de verificar que se cumplen todas las especificaciones ofrecidas.

8.3 CONSIDERACIONES DE ORDEN ECONÓMICO.

Para analizar desde el punto de vista los enlaces de fibra óptica, podemos decir que dependiendo del tamaño del proyecto existen diferentes rubros que cuidar:

Para enlaces de larga distancia:

Los rubros que impactan son la instalación y el cable mucho dependerá del método que se use para su instalación y la capacidad del cable.

Para enlaces de corta distancia:

Los rubros que impactan son equipamiento, en la mayoría de las veces el uso de otras tecnologías representa una mejor relación costo/beneficio, a menos de que el enlace sea de alta capacidad.

Cuando una señal óptica ha viajado una cierta distancia por una fibra, la señal tiende a atenuarse y a distorsionarse de tal forma que se requiere un repetidor o regenerador de señal.

Este regenerador consiste en un receptor óptico el cual convierte la señal óptica en señal eléctrica, la amplifica y regenera, la envía al transmisor óptico el cual está en el mismo lugar, el cual convierte la señal eléctrica a señal óptica y así la vuelve a transmitir a otro regenerador o a su lugar de destino Fig. 13.

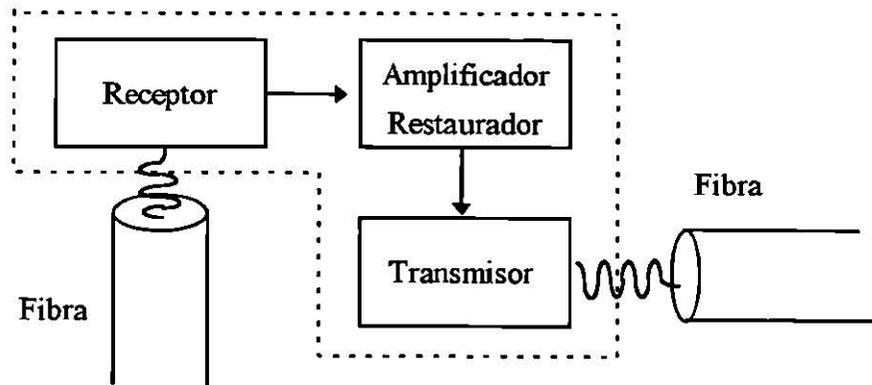


Figura 13.- Repetidor en un enlace óptico

CAPITULO II

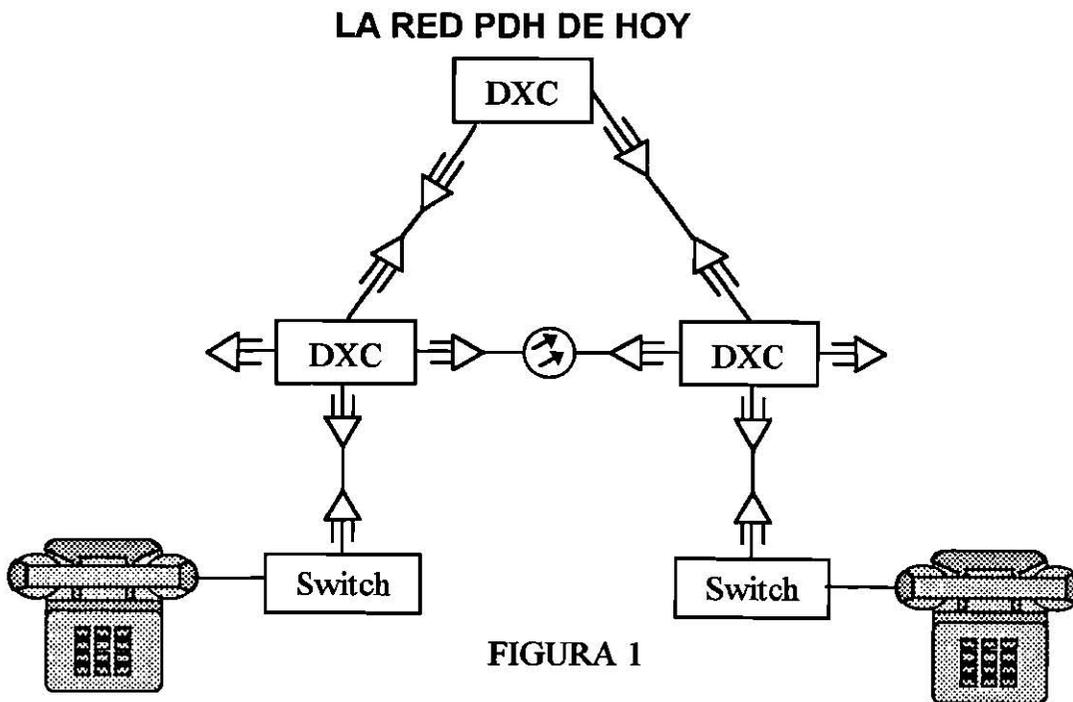
JERARQUÍA DIGITAL PLESIOCRONA (PDH)

CONTENIDO

- 1. LA RED PDH.**
- 2. MULTIPLEX ORIENTADO A BYTE.**
- 3. MULTIPLEXORES DIGITALES DE ALTA VELOCIDAD.**
- 4. SISTEMA DE CROSCONEXIÓN DIGITAL.**
- 5. CIRCUITOS DE RECUPERACIÓN DE SINCRONÍA.**

1.- LA RED PDH

En las redes existentes, se utiliza una tecnología sencilla de transmisión punto a punto para enlazar los conmutadores de red o la ubicación del cliente. Una señal de 64 kb/s proveniente de una llamada telefónica, puede multiplexarse hasta 2 mb/s y luego a 140 mb/s utilizando un multiplexor terminal. No obstante, para conmutar la señal de 64 Kb/s, la señal de 140 mb/s completa debe demultiplexarse. Esto necesita un juego completo de multiplexores en cada extremo del enlace de transmisión. Fig. 1.



Para poder transportar un número cada vez mayor de canales, existen más niveles de multiplexaje a mayor velocidad, combinando e intercalando bits en vez de bytes.

Las entradas de 2 mb/s pueden tener ligeras variaciones en su velocidad (ya que pueden provenir de equipos diferentes) y es necesario insertar bits de justificación; los cuales se reconocen en el proceso de demultiplexaje para descartarlos y recuperar la señal original.

1.1 LIMITACIONES DE LA RED PDH

La red PDH tiene limitaciones importantes de las cuales las principales son:

- Sólo contempla la red telefónica pública y de larga distancia.
- No fue pensada para satisfacer las aplicaciones privadas de líneas digitales ni la necesidad de digitalizar toda la planta.
- No es muy flexible para derivar enlaces de menor velocidad para algún usuario cercano a una trayectoria de alta capacidad.
- El costoso arreglo de multiplexar y de demultiplexar al requerir un usuario de un enlace de 2 mb/s, derivado de un enlace de 140 mb/s.

1.2 DEBILIDADES DE LA RED PDH

Las debilidades de la red PDH son las siguientes:

- El multiplex plesiocrono requiere mucho hardware.
 - La señal debe dividirse y juntarse demasiado.
 - Tiene errores, Jitters y retardos de señal.
- Cada sistema de administración de red es propietario.
 - No hay compatibilidad.
- Tiene ancho de banda limitado.
- No hay estándar óptico.
- La detección de fallas es complicada y requiere muchos equipos.

2.- MULTIPLEX ORIENTADO A BYTE

Este multiplex fue iniciado para los sistemas de redes digitales y fue evolucionando con el desarrollo de las centrales digitales al crearse bases de muxes inteligentes basados en chips (circuitos integrados) cada vez más avanzados y completos en software que cambia de acuerdo a las necesidades, creando así multiplexores digitales de alta velocidad. Fig. 2

MULTIPLEX ORIENTADO A BYTE CON PROCESAMIENTO INTELIGENTE

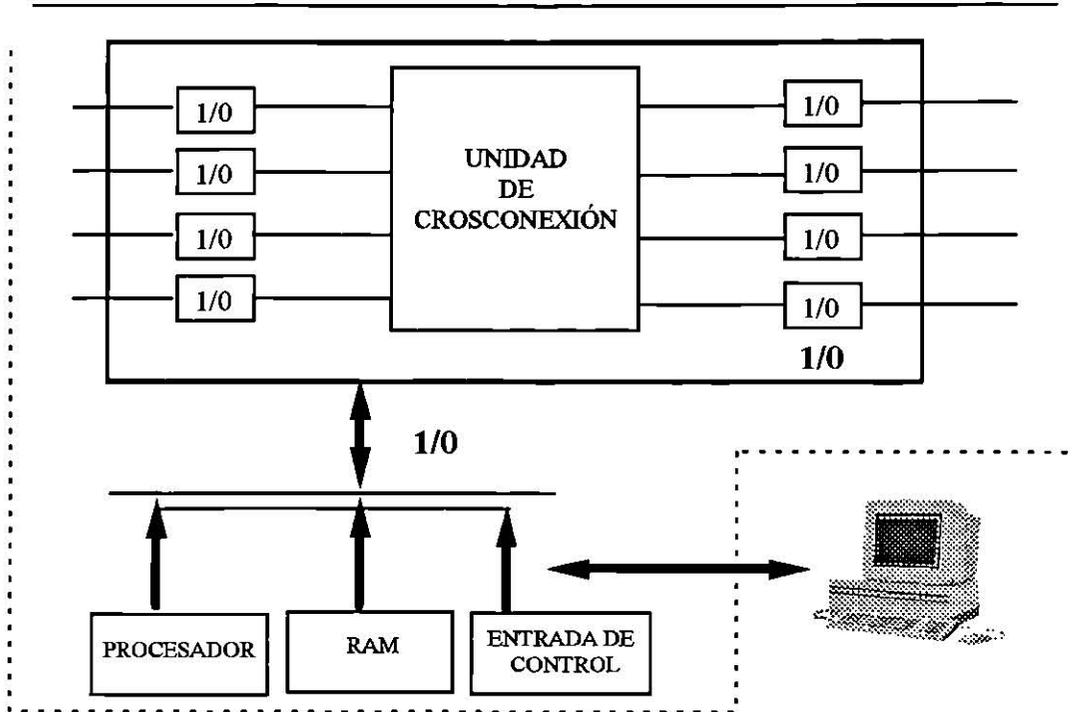


FIGURA 2

3.- MULTIPLEXORES DIGITALES DE ALTA VELOCIDAD

Este tipo de multiplexor orientados al manejo de voz y datos evolucionaron los bancos de canales.

Hay tres tipos principales de estos multiplexores.

- El mux terminal.
- El mux drop insert.
- El mux de red.

Los cuales difieren en cuanto a capacidad, funcionalidad, aplicación y precio.

3.1 MULTIPLEXOR TERMINAL

- Este multiplexor se utiliza para localidades pequeñas, maneja voz y datos.
- Se conecta a muxes de red, con medios privados o utilizando servicios públicos como RDI.

- Maneja un software relativamente sencillo.
- Normalmente tiene un solo puerto de salida.
- Maneja velocidades de 2 mb/s o inclusive menores (64 kb/s, 128 kb/s, 286 kb/s, etc.).

3.2 MULTIPLEXORES DROP/INSERT

- Estos multiplexores permiten la conmutación de canales de 64 kb/s.
- Se utilizan cuando no se desea un enlace punto a punto de 30 canales.
- Se utilizan cuando se desea dividir el enlace y enviar algunos canales a sitios diferentes.

3.3 MULTIPLEXORES DE RED.

- Tienen un sistema de gran funcionalidad e inteligencia.
- Están orientados al manejo de voz, datos y cualquier otra aplicación digital.
- Incluyen la mayoría de las funciones de DCS.
- Manejan una amplia variedad de interfaces de baja velocidad.
- Manejo en forma propietaria de los enlaces agregados (de alta velocidad).

Hay tres formas de manejar el puerto de agregado (de alta velocidad).

- Con formatos estándar TDM 2 mb/s.
- Con formatos propietarios TDM (asignación dinámica en función de la demanda).
- Mediante la formación y transmisión de paquetes rápidos.

4.- SISTEMA DE CROSCONEXIÓN DIGITAL

Estos sistemas de crosconexión están orientados a redes de gran tamaño y complejidad y son utilizados principalmente por un prestador de servicios.

Son muy eficientes y son buenas herramientas de administración.

Las principales características de estos sistemas son:

- Es configurador de circuitos digitales.
- Maneja circuitos de 64 kb/s y 2 mb/s principalmente y es posible la interconexión de circuitos de menor velocidad.
- Los circuitos configurados, son utilizados en forma semipermanente o permanente.
- Es un sistema configurador de líneas digitales privadas con funciones de multiplexaje y DROP/INSERT.
- Los circuitos son establecidos mediante una terminal y no en tiempo real.

Las aplicaciones de los sistemas de crosconexión digital son:

- Como función de TANDEM en telefonía.
- Tienen una asignación automática (reconfiguración) de recursos en función de tablas preestablecidas.
- Optimización de canales para comunicaciones de video.
- Recuperación en casos de desastre.

La Fig. 3 nos muestra algunas capacidades de estos sistemas.

SISTEMA DE CROSCONEXIÓN DIGITAL EJEMPLO DE CAPACIDADES

	AT&T DACS II	DACS IV	TELLABS 5500	NEWBRIDGE 3645 M.S.T.
NUMERO MÁXIMO DE PUERTOS DS3	36	248	256	8
NUMERO MÁXIMO DE PUERTOS DSI (E1)	960	6,944	7,168	256
VELOCIDAD MÁXIMA DE AGREGADO	45 Mbps	45 Mbps	45 Mbps	45 Mbps

FIGURA 3

5.- CIRCUITOS DE RECUPERACIÓN DE SINCRONÍA

Estos circuitos soportan alteraciones de fase por justificación y disminuyen la acumulación de ruido de fase en enlaces largos. También estos circuitos disminuyen a la degradación del enlace.

Los pormenores de estos circuitos son que ocupan espacio y energía, además de ser un costo más para el sistema.

Operación de los Circuitos de Recuperación de Sincronía.

La recuperación de sincronía se lleva a cabo mediante el amarre en fase del reloj de lectura y el reloj de escritura con un circuito PLL (PHASE LOCKED LOOP), el cual reduce:

- El jitter causado por la estructura de trama.
- El jitter de alta frecuencia por la inserción de bits (relleno).
- El jitter propio de la tributaria.
- El jitter introducido en el enlace de 8 mb/s.

5.1 EL JITTER EN LOS SISTEMAS PDH

El jitter es un deterioro de la señal que aparece en sistemas asíncronos a una frecuencia mayor de 10 hz y causa problemas con los bits de recuperación, causando errores debido a un mal muestreo en el flujo de sincronización/desincronización de buffers en sistemas de baja velocidad.

Las fuentes de aparición del jitter son los multiplexores y los repetidores.

La Fig. 4 nos muestra la representación del jitter.

La CCITT estandarizó los parámetros de tolerancia de fluctuación jitter. Ver Fig. 5.

REPRESENTACIÓN DEL JITTER

FASE NORMAL
DE LA SEÑAL

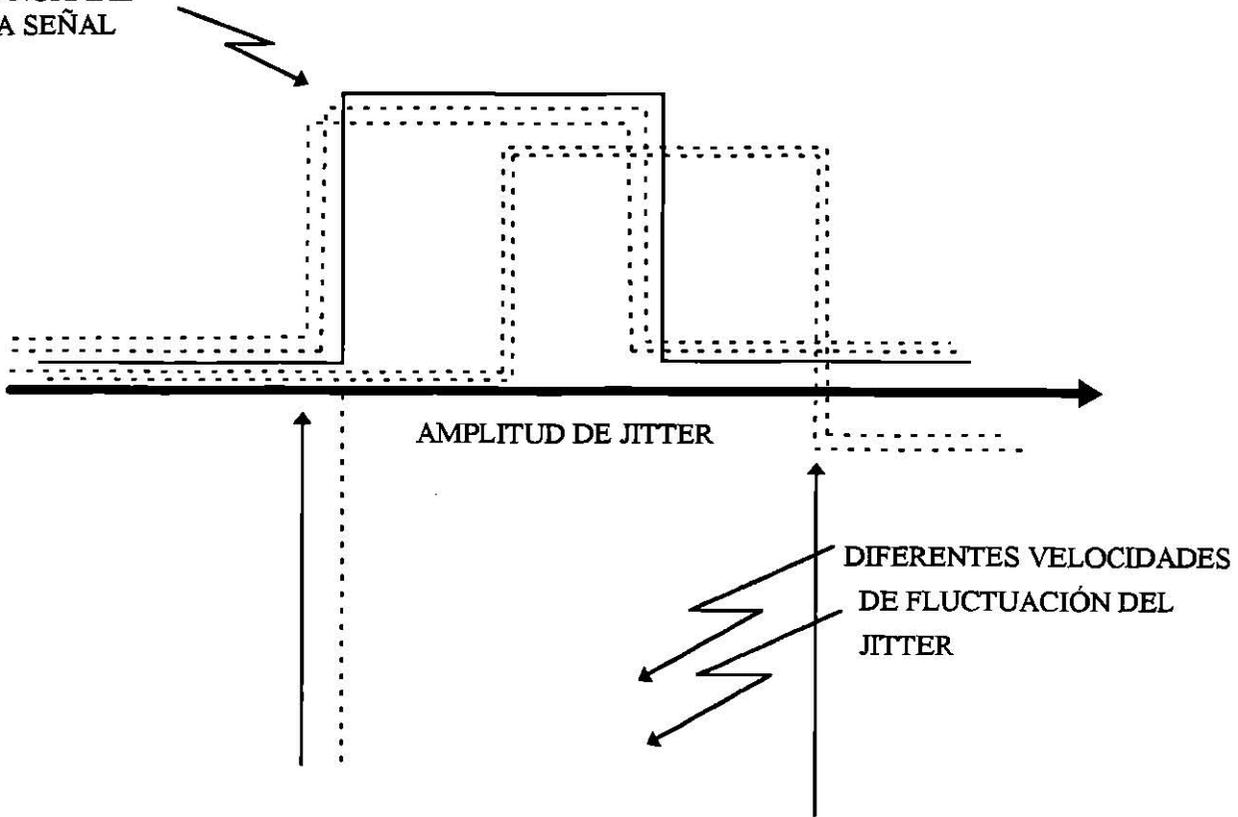
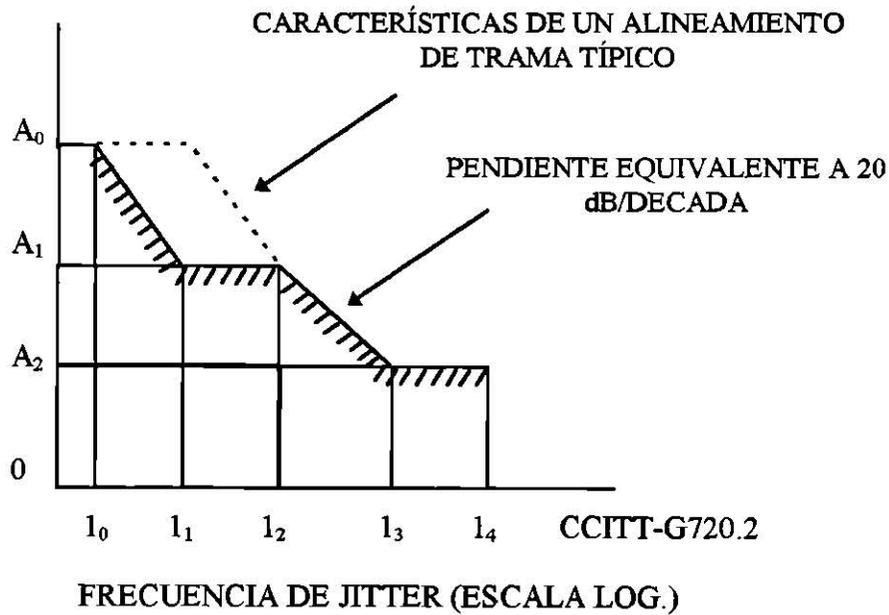


FIGURA 4

RECOMENDACION G.823 PARÁMETROS DE TOLERANCIA DE FLUCTUACIÓN (JITTER)

J Y
I T
T A
R M
E P
L I
P T
I U
O D
A W
A N
P I
C R
O



VALOR DEL PARÁMETRO	PICO A PICO UNIDADES DE INTERVALO			FRECUENCIA					SEÑAL SEUDO ALEATORIA DE PRUEBA
				VELOCIDAD DIGITAL kbit/s					
	A_0	A_1	A_2	f_0	f_1	f_2	f_3	f_4	
64	1.15 (18 mus)	0.25	0.05	1.2	20 Hz	600 Hz	3 kHz	20 kHz	2° - 1 (REC O 152)
2048	36.9 (18 mus)	1.5	0.2	-5 x 10 Hz	20 Hz	24 kHz (93 Hz)	18 kHz (700 Hz)	100 kHz	2° - 1 (REC O 151)
FIGURA 5									

6.- COMPOSICIÓN DE UN ENLACE TELEFÓNICO DIGITAL

Un enlace telefónico puede ser de baja capacidad o de alta capacidad.

En baja capacidad se habla de un enlace de hasta 480 canales telefónicos y en alta capacidad de 1920 canales telefónicos en adelante.

La distribución del equipo Multiplex para lograr un enlace de 1920 c. es como lo muestra la figura No. 6.

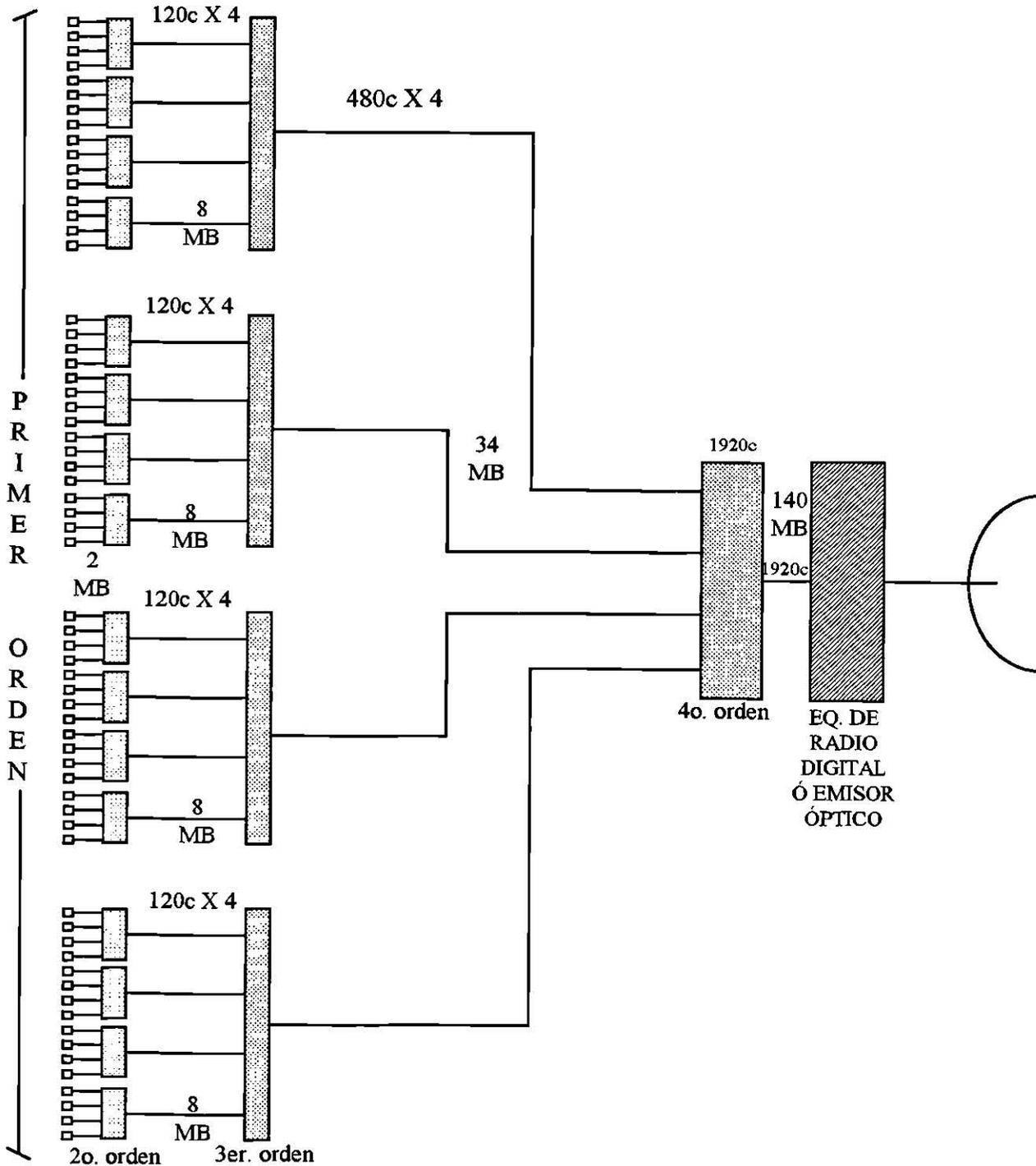


FIGURA. 6.- Configuración de un sistema digital de 1920 canales telefónicos

Primer orden se le llama al manejo de los primeros 30 canales telefónicos a una velocidad de 2 Mb/seg, logrando así 120 canales telefónicos.

El tercer orden es la multiplexión de 4 grupos de 120 canales telefónicos a una velocidad de 8 Mb/seg, logrando así 480 canales telefónicos.

Las capacidades de 120c y 480c. se pueden enlazar entre los multiplexores a sus respectivas velocidades o comunicar en enlaces vía radio digital.

Para lograr la capacidad de cuarto orden se multiplexan cuatro grupos de 480c. a una velocidad de 34 Mb/seg dando como resultado 1920 canales telefónicos.

La capacidad de 1920c se enlaza a 140 Mb/seg a un radio digital o un emisor óptico para transmitirse.

Ahora bien, si multiplexamos cuatro grupos de 1920c a una velocidad de 140 Mb/seg logramos una capacidad mayor a los 7,000 canales telefónicos, con una velocidad de transmisión de 565 Mb/seg. Esta velocidad por ser muy alta solo se transmite por medio de enlaces de fibra óptica.

La figura 7 nos muestra las jerarquías de transmisión europeas y norteamericanas.

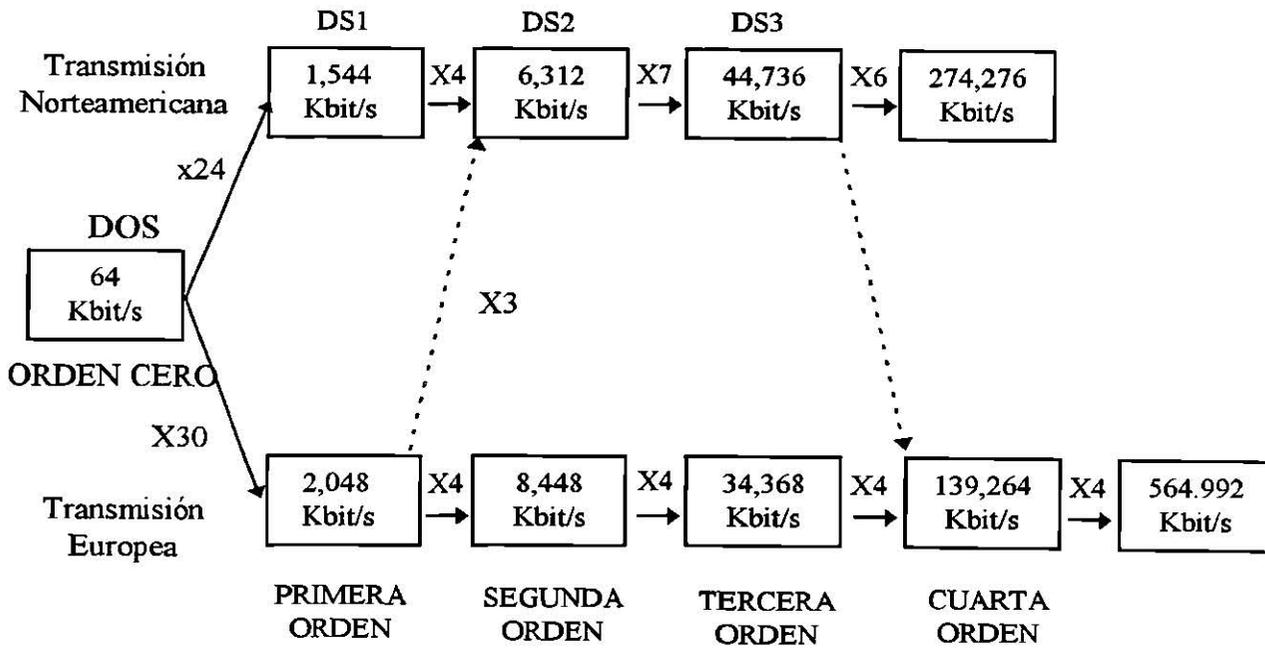


Figura No.7

CAPITULO III
JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA
(SDH)

CONTENIDO

1. HISTORIA DE SDH.
2. DESCRIPCIÓN Y FUNCIÓN DE LA RED SDH.
3. ESTRUCTURAS DE RED SDH.
4. TÉRMINOS SDH.
5. ESTRUCTURA DE SEÑAL SÍNCRONA.
6. PRINCIPIO DE INTERCONEXIÓN EN SDH.
7. SEGMENTOS DE UNA RED SDH.
8. ENLACE ENTRE ENCABEZADO DE SECCIÓN Y VC-4
9. CARACTERÍSTICAS DE LOS APUNTADORES.
10. MULTIPLEXAJE SÍNCRONO POR ENTRELAZADO DE BYTES.
11. JERARQUÍA DE SEÑALES Y TASAS DE TRANSMISIÓN SDH.
12. INTERFACES DE LÍNEA SDH.
13. ESTRUCTURA DE TRAMA STM-1 SDH.
14. UNIDADES TRIBUTARIAS (TU's).
15. CONTENEDOR VIRTUAL CONCATENADO (CONCATENACIÓN).
16. CAPACIDADES, ÁREAS Y FUNCIONES DEL ENCABEZADO.

1.- HISTORIA DE SDH.

En el año de 1984 se planteó entre las grandes empresas de comunicaciones, la problemática de la interconexión de las redes de alta velocidad, aplicando como medio de comunicación el cable de fibra óptica.

Fue hasta 1986 que iniciaron los trabajos de CCITT con el objetivo de producir un estándar internacional para los sistemas de transmisión síncrona que proporcionaría a los operadores de una red flexible y económica.

En noviembre de 1988 se aprobaron los primeros estándares SDH, G.707, G.708 y G. 709. Estos definen la velocidad de transmisión, el formato de señal, estructuras de multiplexaje y mapas de tributarias para la interfaz de nodo de redes (NNI).

Así pues, se define que SDH es un estándar internacional para redes de telecomunicación óptica de alta velocidad.

La tabla 1 nos muestra algunos estándares SDH.

ESTÁNDARES SDH	
•	CCITT
◆	G-707 “Velocidades SDH”
◆	G-708 “Nodo interfaz a la red SDH”
◆	G-709 “Estructura de Multicanalización”
◆	G-781 “Equipo de Multicanalización SDH”
◆	G-957-958 “Sistemas de Línea óptica SDH”
◆	G-SNA-1,2 “Aspectos de la red SDH”
◆	G-SDX-1,3 “Crosconexión digital SDH”
◆	G. 821 “Comportamiento de errores”
◆	G. 774 “Modelo de información de Administración ADH”
◆	M-2100 “Límites de comportamiento para A&M”

TABLA 1

2.- DESCRIPCIÓN Y FUNCIÓN DE LA RED SDH

Los estándares SDH se basan en principios de multiplexaje síncrono directo. Esto significa que las señales tributarias individuales pueden multiplexarse directamente en un rango mas alto de señal SDH sin etapas intermedias de multiplexaje.

La administración de red avanzada y las capacidades de mantenimientos son necesarias para administrar efectivamente la flexibilidad ofrecida por SDH. Aproximadamente un 5% de la estructura de la señal SDH está distribuida para soportar procedimientos y prácticas avanzadas de administración de red.

La señal SDH es capaz de transportar todas las señales tributarias comunes existentes en las redes de telecomunicaciones actuales, además de tener la flexibilidad para acomodar nuevos tipos de señales que se deseen soportar al futuro.

SDH se utiliza en las tres áreas tradicionales de aplicación de telecomunicaciones; larga distancia, red local y red intra-planta.

Al instalar SDH las compañías de comunicaciones ya existentes y las futuras, se beneficiarán pues son muchos los beneficios que se obtienen.

Las ventajas que brinda SDH son:

- Menores costos de elemento de red.
- Mejor administración de red.
- Rápido aprovisionamiento.
- Mejor utilización de red.
- Mejor sobrevivencia de la red.
- Transmisión más sencilla.
- Soporte de futuros servicios.
- Carga.
 - voz, datos, video.

2.1 LA RED BASADA EN SDH

Una red SDH desempeña la misma función básica que la red plesiócrona existente: transporta los datos del cliente de una ubicación a otra. No obstante, a

través del uso de un multiplexaje síncrono, realiza esta tarea más eficientemente que las redes PDH (Jerarquía Digital Plesiócroma).

Los sistemas DXC SDH pueden enrutar un ancho de banda (de canales de 2 Mb/s. por ejemplo) alrededor de una red sin necesidad de multiplexar primero la señal de línea de alta velocidad. Los DXC SDH se controlan mediante un conjunto de mensajes estandarizados. Fig. 1.

LA RED BASADA EN SDH

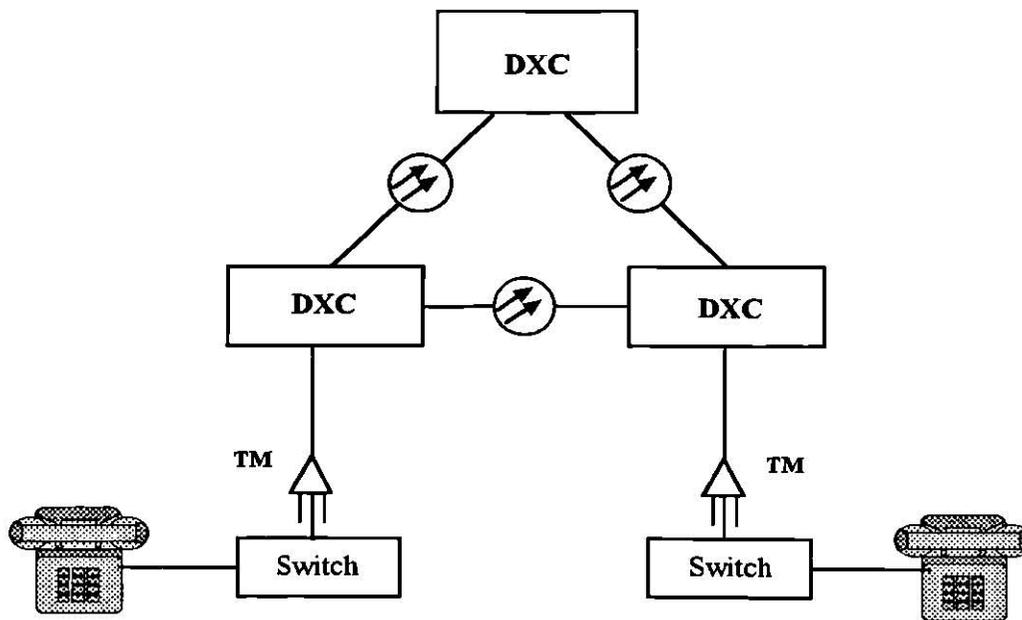


Figura No. 1

Esto hace que los nuevos circuitos se aprovisionen en milisegundos desde los sitios de control de red.

2.2 COMPARACIÓN DE RANGOS EXISTENTES Y SONET/SDH

Para que SDH sea compatible con la tecnología actual debe poder llevar los servicios a clientes existentes 2 Mb/s. 140 Mb/s. Como se puede ver en la Fig. 2 el rango de línea SDH del nivel inferior se ha elegido para adaptarse al servicio del cliente de 140 Mb/s. En la jerarquía de multiplexaje de Estados Unidos, un rango de

52 Mb/s se eligió para adaptarlo a un estándar de 45 Mb/s (T3) para la transmisión del portador de alta capacidad.

Actualmente, los estándares SONET y SDH definen estructuras de señal de hasta 2.4 Gb/s (OC-48/STM-16).

COMPARACION DE RANGOS EXISTENTES Y SONET/SDH

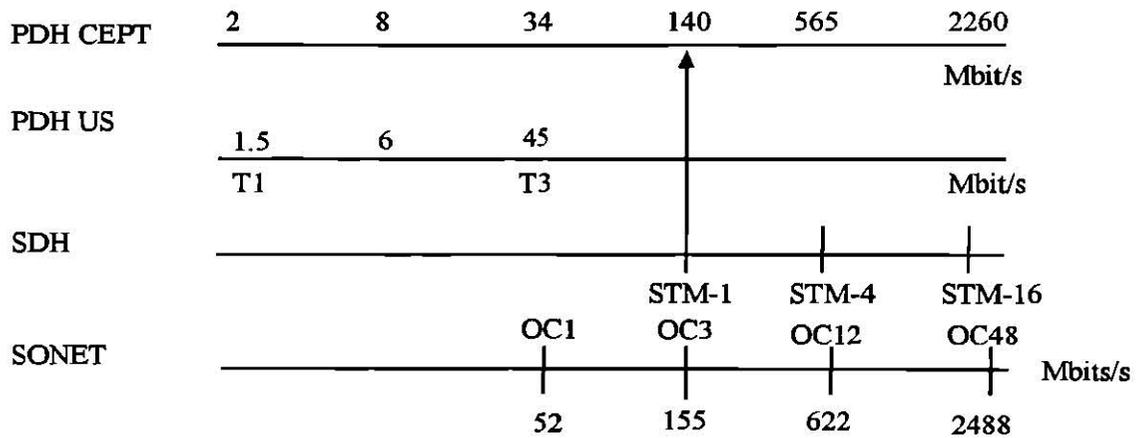


Figura No. 2

2.3 ELEMENTOS BÁSICOS DE LA RED SDH

- a) **Multiplexor Terminal de Línea:** Puede aceptar un número de señales tributarias y multiplexarlas a la portadora óptica apropiada a la velocidad SDH, STM-1, STM-4 ó STM-16. Las tributarias de entrada pueden existir en señales de PDH tales como 2,34 y 140 Mb/s o en señales de menor rango SDH. Los LTM's forman la entrada principal desde la red PDH a SDH.
- b) **Multiplexores de inserción-extracción:** Dentro del ADM es posible añadir canales o extraerlos a través de la señal. Los ADM's generalmente están disponibles en rangos de interfaz de STM-1 y STM-4 y pueden añadir/extraer diferentes señales tributarias 2,34 ó 140 Mb/s.

c) **DXC Síncrono:** Estos dispositivos forman la piedra angular de la nueva jerarquía digital síncrona. Pueden funcionar como conmutadores semi-permanentes para canales de transmisión y pueden conmutar a cualquier nivel desde los 64 Kb/s hasta STM-1. Por lo general tales dispositivos tienen interfaces a STM-1 ó STM-4. El DXC puede reconfigurarse rápidamente bajo control de software, para proporcionar líneas digitales rentadas y otros servicios de ancho de banda variable.

d) **Regenerador:** Para la transmisión SDH de más de 50 Km, se necesitan regeneradores, con espaciado dependiente de la tecnología de transmisión (longitud de onda en operación, recepción, etc.) Estos no son sólo simples regeneradores de señal sino que cuentan con informe de alarmas y monitoreo de desempeño.

2.4 MUX TERMINAL DE LÍNEA

El mux terminal de línea toma un rango de tributarias de entrada, ya sea 2, 34, 140 Mb/s ó STM-1 y lo multiplexa en un portador óptico de alto rango STM-4 ó STM-16 Fig. 3.

MUX TERMINAL DE LÍNEA

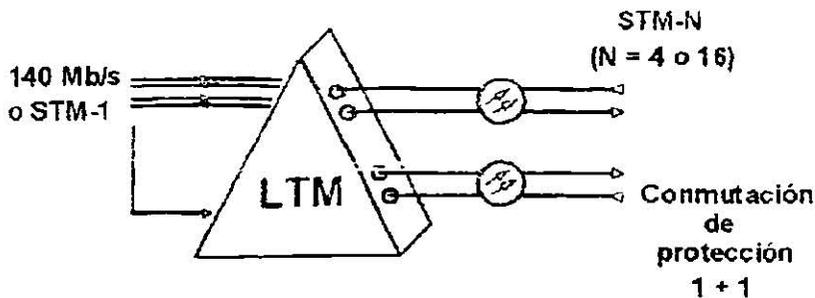


Figura No. 3

Como opción, un multiplexor terminal de línea puede tener una interfaz de transmisión secundaria para la conmutación de protección interna (1+1).

Las opciones adicionales en el equipo de Multiplexaje Terminal de Línea proporcionan acceso a los canales de voz y los Canales de Comunicación de Datos (DCC).

2.5 MUX DE INSERCIÓN-EXTRACCIÓN

El Mux de Inserción-Extracción (ADM) es el bloque de estructura básica del SDH para el acceso local de redes síncronas. Por lo general ofrece interfaces STM-1 (la siguiente generación de ADMs ofrecerá STM-4) y opera de modo “a través de”. Una gran variedad de señales tributarias plesiócronas tales como de 2 Mb/s, pueden añadirse también o extraerse “a través de” esta señal. Esta capacidad es uno de los beneficios clave provistos por los sistemas síncronos ya que los elementos ADM proporcionan una función que antes requería bancos de equipo una cadena mux/demux). Fig. 4.

Mux de Inserción Extracción

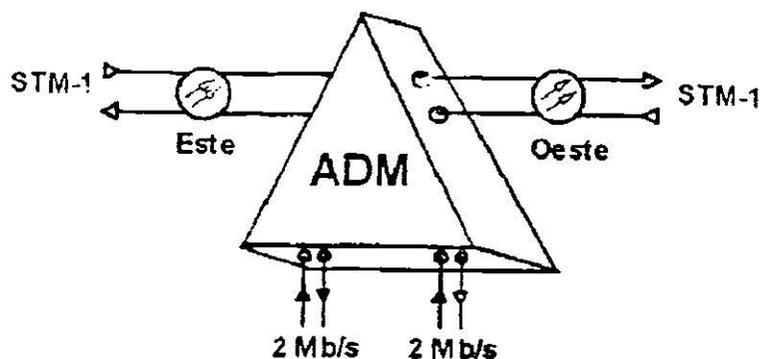


Figura No. 4

2.6 DXC SÍNCRONO

El DXC síncrono funciona como conmutador semi-permanente para los canales de transmisión de ancho de banda 2 Mb/s → 155 Mb/s (STM-1). Bajo control de software, los dispositivos interconectados pueden seleccionar y re-enrutar uno o más canales de orden inferior de la señal de transmisión sin necesidad de demultiplexar. Fig. 5.

Los dispositivos DXC se clasifican en términos de su interfaz de línea y el nivel de conmutación, un DXC 4/4 tiene interfaces a STM-1 (ó 140 Mb/s), y conmutan al nivel STM-1 (140 Mb/s), mientras que un DXC 1/0 tendrá interfaces a 2 Mb/s e interconectará al nivel de canal de 64 kb/s.

El dispositivo DXC 4/3/1 se utiliza para reemplazar las tramas de distribución digital (DDF) que se usan actualmente en centrales digitales. Esto eliminará los problemas de red que resulten de fallas en el cableado y recableado de DDFs.

DXC Síncrono

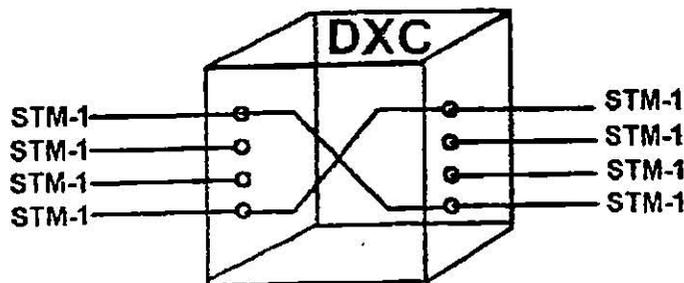


Figura No. 5

3.- ESTRUCTURAS DE RED SDH

La tecnología SDH se despliega en nuevas instalaciones y modifica o actualiza los sistemas existentes cuando alcancen su máxima capacidad. Al nivel más sencillo, los nuevos sistemas de punto-a-punto utilizarán muxes terminales SDH con la capacidad de expandirse a construcciones SDH más complejas en el futuro.

3.1 ESTRUCTURA PUNTO A PUNTO.

Los sistemas de Línea SDH son sucesores naturales de los sistemas de línea de 140 Mb/s y de 565 Mb/s que actualmente se despliegan en redes centrales o medulares. En las nuevas instalaciones, estas capacidades PDH se reemplazan con sistemas STM-4 (622 Mb/s). Cada vez más, los sistemas de línea STM-16 (2.4 Gb/s) serán necesarios para atender los requerimientos cada vez mayores de ancho de banda de las redes centrales. Fig. 6

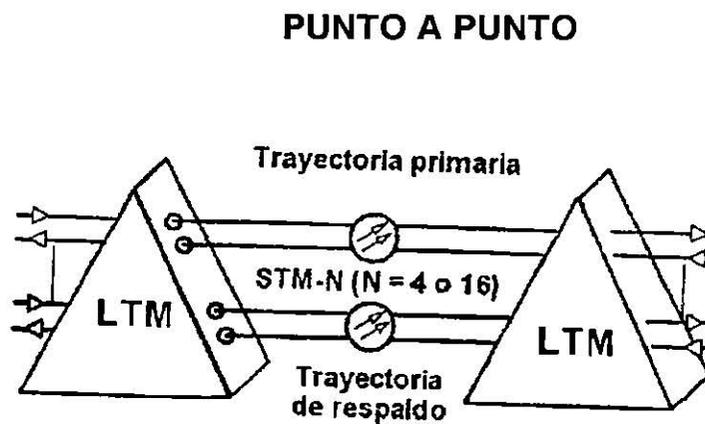


Figura No. 6

3.2 ESTRUCTURA DE ANILLO

Con la configuración de adición-extracción, se pueden implementar fácilmente nuevos conceptos del diseño de red para acceso local, proporcionando más flexibilidad en la distribución de ancho de banda para los diferentes usuarios, así como ofrecer posibilidades para la protección de la red de acceso. Si un nodo ó enlace presenta falla, puede desviarse completamente al reconfigurar las conexiones en el anillo STM-N que enruta el tráfico en la dirección opuesta. Fig. 7.

ANILLO

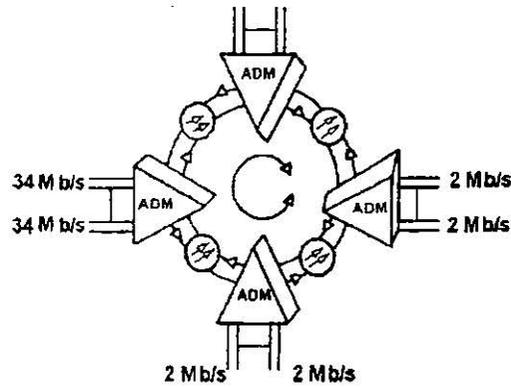


Figura No. 7

3.3 ESTRUCTURA DE MALLA

Conforme se extiende la red SDH, la combinación de mayor rango de interruptores de interconexión digital (DXC) e interconexiones ópticas punto-a-punto formarán el “núcleo” de las redes centrales en el futuro.

Los DXCs de SDH se conectan un una “malla” para proporcionar diversidad de ruta. El arreglo más sencillo es de 3 dispositivos DXC interconectados. Si los enlaces directos desde un DXC a otro fallan, la ruta alternativa por el tercer DXC estará todavía disponible y los cambios al enrutamiento del circuito serán posibles en milisegundos Fig. 8

MALLA

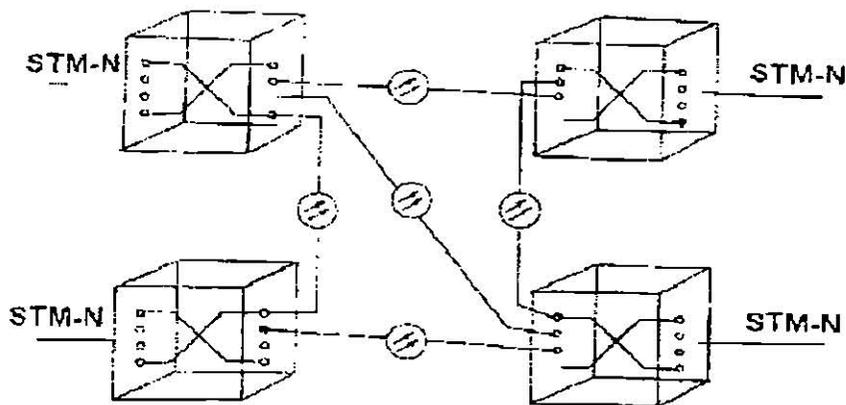


Figura No. 8

3.4 ESTRUCTURA DE MALLA Y ANILLOS

Cuando se añaden anillos de ADMs a la estructura de la “malla” del núcleo de la red, se tiene la mayor flexibilidad de una red de SDH. La diversidad de ruta asegurará la protección y sobrevivencia de la red. El control flexible de software de los elementos de la red acelerarán el aprovisionamiento y administración de ancho de banda en el nuevo servicio. Fig. 9.

MALLA Y ANILLOS LA CONFIGURACIÓN DEFINITIVA

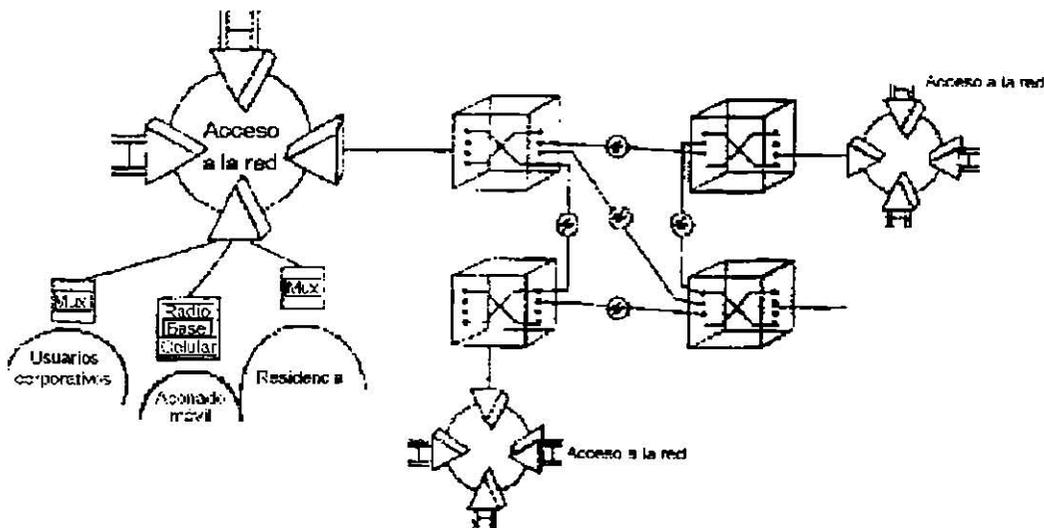


Figura No. 9

En los nodos locales de la MAN (Red de Área Metropolitana) y BISDN (ISDN de banda amplia) del futuro, también tendrán interfaz a estos anillos SDH.

La red de telecomunicaciones se está convirtiendo cada vez más dependiente del software. La confiabilidad de la administración SDH y el software de control serán de primordial importancia. El probar para eliminar las “fallas” del software será esencial para asegurar la integridad de la red.

Tales pruebas serán necesarias cada vez que sea desarrollada una nueva versión de software, potencialmente, muchas veces durante la vida de un elemento de hardware de la red.

4.- TÉRMINOS SDH

SDH, como cualquier otra tecnología nueva, tiene muchas descripciones, abreviaturas y términos nuevos. Esta gráfica enlista las abreviaturas principales de SDH que se relacionan a los conceptos de transmisión SDH.

STM-n	(Synchronous Transport Module “n”). <u>Módulo de Transporte Síncrono “n”</u> . Es la estructura SDH que “transporta” los datos y que aparece en la interfaz de nodo de red. El STM está formado de “tramas” que se llenan de datos.
VC- 4	(Virtual Container level 4). <u>Contenedor Virtual nivel 4</u> . Área definida dentro del STM-n que porta los datos desde los servicios del cliente. Diseñado para llevar 140 Mb/s.
TU	(Tributary Unit signal) <u>Señal de Unidad Tributaria</u> . Un VC-4 puede subdividirse en unidades de tributarias independientes para llevar diferentes servicios de velocidad inferior. Cada TU ocupa un lugar definido dentro del VC-4. Un rango de tamaños TU se definen para llevar eficientemente servicios de velocidad inferior (1.544, 2.048, 6, 34, 45 Mb/s.).

5.- ESTRUCTURA DE SEÑAL SÍNCRONA

En SDH las tramas son un flujo de datos digitales síncronos. Dentro de las “tramas” una sección de “trailers” se define como el Contenedor Virtual nivel 4. Dentro del VC-4 dependiendo de los servicios de datos llevados, se define un arreglo de tramas apilables llamado la trama de la Unidad Tributaria (TU).

5.1 TRAMA DE TRANSPORTE SÍNCRONO.

Una trama sencilla en el flujo de señal serial puede representarse con un mapa bidimensional. Este mapa comprende 9 filas y 270 columnas, que forman celdas. Cada celda representa un solo byte de 8 bits dentro de la señal síncrona. Seis bytes de trama (3 x A1 seguidos de bytes 3 x A2) aparecen en la esquina superior izquierda del mapa. Estos bytes de trama actúan como marcador, permitiendo a cualquier byte en la trama ser fácilmente localizado. Fig. 10.

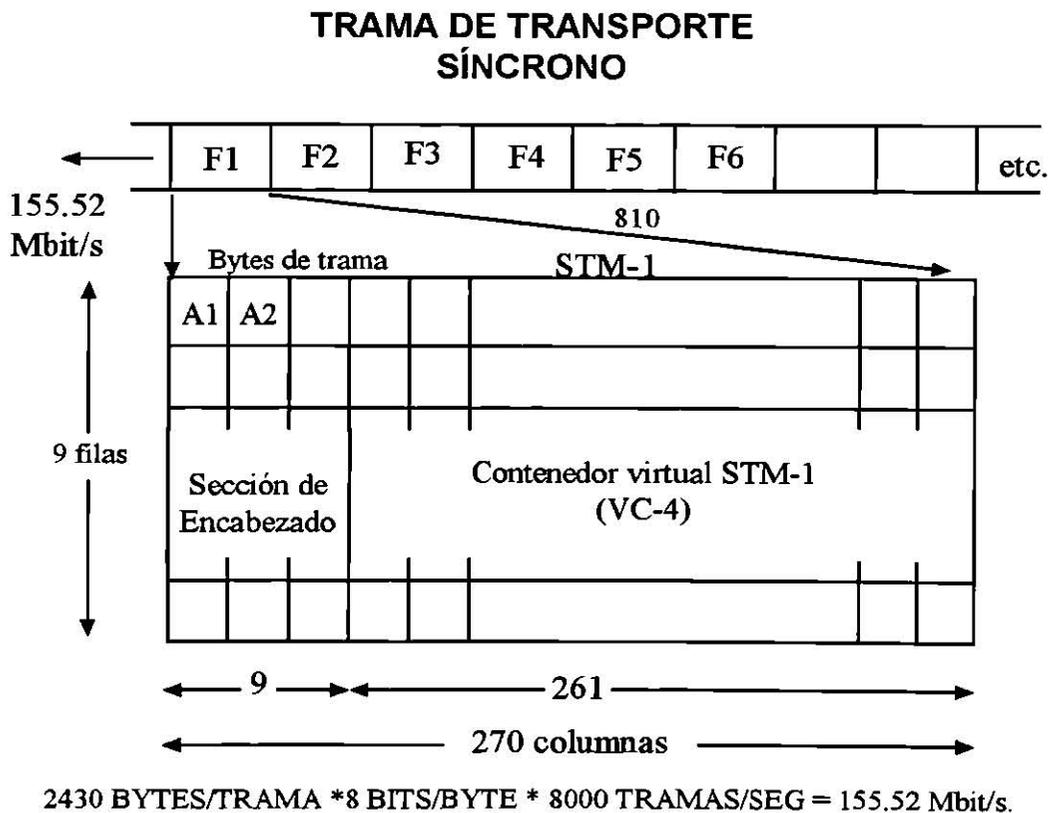


Figura No. 10

Los bits de señal se transmiten en secuencia, comenzando por aquellos en la primer fila. El orden de transmisión es de izquierda a derecha. Después de la transmisión del último byte en la trama (el byte localizado en la fila 9, columna 270), se repite la secuencia completa, comenzando con los 6 bytes de trama de la siguiente trama.

Una trama de transporte síncrono abarca dos partes distintas y rápidamente accesibles dentro de la estructura de la trama: una parte del contenedor virtual y una parte del encabezado de sección.

a) Contenedor virtual (VC)

Las señales tributarias individuales (tales como la señal de 140 Mb/s. por ejemplo) se arreglan dentro del contenedor virtual para la transmisión de extremo a extremo a través de la red SDH. El VC se arma y desarma solo una vez a pesar de que puede transferirse desde un sistema de transporte hasta otro muchas veces en su recorrido a través de la red.

b) Encabezado de Sección (SOH)

Un poco de la capacidad de señal se distribuye en cada trama de transporte para el "Encabezado de Sección". Esto proporciona los servicios (como el monitoreo de alarma, el de error de bit y canales de comunicación de datos) necesarios para soportar y mantener la transportación de un VC entre nodos en una red síncrona. El encabezado de sección pertenece sólo a un sistema de transporte individual y no se transfiere con el VC entre los sistemas de transporte.

c) Aleatorización (Scrambling):

Para asegurar que el reloj siempre pueda ser recuperado de los datos recibidos, todos los bytes en la trama síncrona, excepto aquellos localizados en la primer fila del encabezado de sección, se mezclan aleatoriamente.

6.- PRINCIPIO DE INTERCONEXIÓN EN SDH

Una red SDH puede concebirse como una malla interconectada de nodos procesando señales SDH. La interconexión de cualquier par de nodos en esta red se logra mediante los Sistemas de Transporte SDH individuales. Fig. 11.

PRINCIPIO DE INTERCONEXIÓN EN SDH

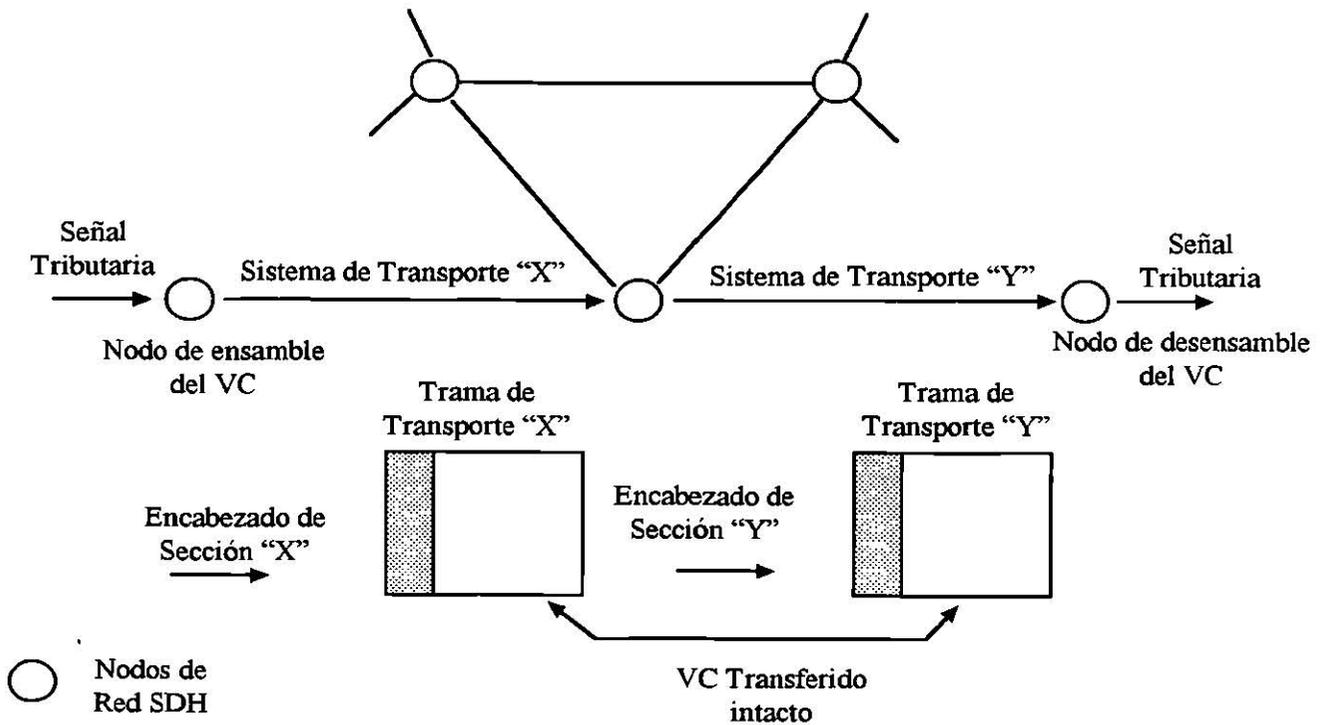


Figura No. 11

El Contenedor Virtual (VC) se utiliza para transportar una señal tributaria a través de la red síncrona. En la mayoría de los casos, ésta señal se ensambla al punto de entrada a la red síncrona y se desensambla en el punto de salida. Dentro de la red síncrona el Contenedor Virtual se pasa intacto entre los sistemas de transporte en su ruta a través de la red.

El encabezado de Sección se crea en el lado de transmisión de cada nodo de red y se termina en el nodo de la capa receptora de las etapas posteriores. De esta manera, el Encabezado de Sección pertenece sólo a un sistema de transporte individual y soporta la transportación del VC a través de ese sistema de transporte. No se transfiere con el VC entre los sistemas de transporte.

7. SEGMENTOS DE UNA RED SDH

Para propósitos de administración y mantenimiento de red, la red SDH puede describirse en términos de cuatro diferentes segmentos de red. Fig. 12.

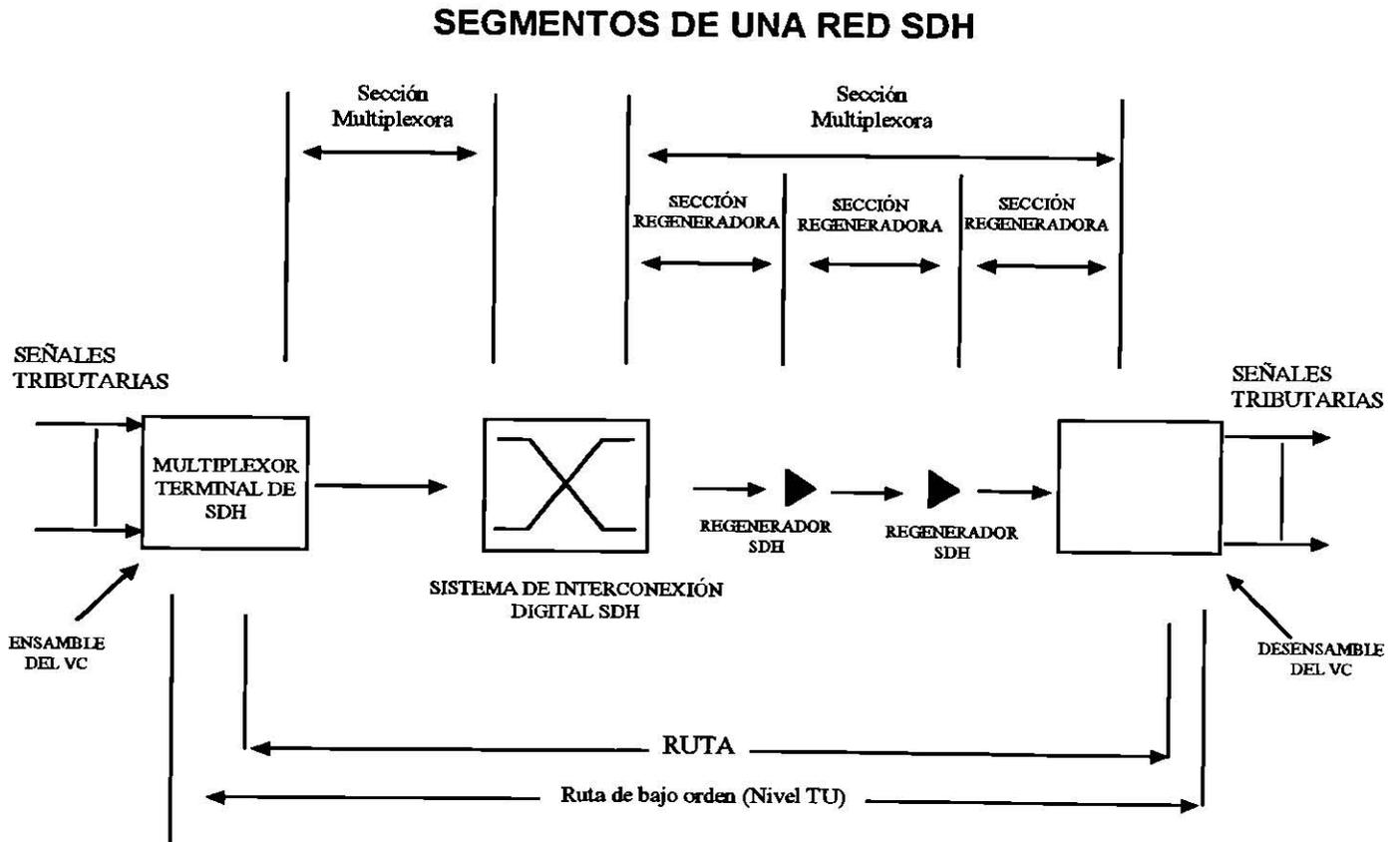


Figura No. 12

1. La Ruta de Bajo Orden que permite al desempeño de la red contar con mantenimiento de extremo a extremo para un servicio de mapeo de TU.
2. La Ruta de Alto Orden que permite al desempeño de la red contar con mantenimiento de extremo a extremo a un nivel VC-4.
3. La Sección del Multiplexor que permite al desempeño de la red contar con mantenimiento entre los nodos de transporte y proporciona la mayoría de los informes de administración de red.

4. El intervalo de la Sección del Regenerador que permite al desempeño de la red contar con mantenimiento entre los regeneradores o entre un regenerador y un Elemento de Red SDH que permita la localización de fallas.

8. ENLACE ENTRE ENCABEZADO DE SECCION Y VC-4

Para cuidar de pequeñas diferencias temporales en la red síncrona, y simplificar el multiplexaje e interconexión de señales, el VC-4 puede flotar dentro de la capacidad de carga proporcionada por las tramas STM-1. Esto significa que el VC-4 puede comenzar en cualquier punto en la capacidad de carga STM-1 y no es muy factible que esté contenido totalmente en una sola trama. Más factible es que el VC-4 comience en una trama y termine en la siguiente.

Cuando un VC-4 se ensambla en la Trama de Transporte, los bytes adicionales, aludidos como el “Apuntador de Unidad de Administración (AU)”, se vuelven disponibles en el Encabezado de Sección. Estos bytes contienen un valor de apuntador que indica el lugar del primer byte (byte 1) del VC-4.

El VC-4 puede flotar libremente dentro del espacio que se ha dispuesto para eso en la trama de transporte a fin de que los ajustes de fase de tiempo puedan realizarse conforme se requieran entre el VC-4 y la trama de transporte. El apuntador AU mantiene accesibilidad del VC-4 al identificar el primer lugar del byte del VC-4.

Fig. 13.

ENLACE ENTRE ENCABEZADO DE SECCIÓN Y VC

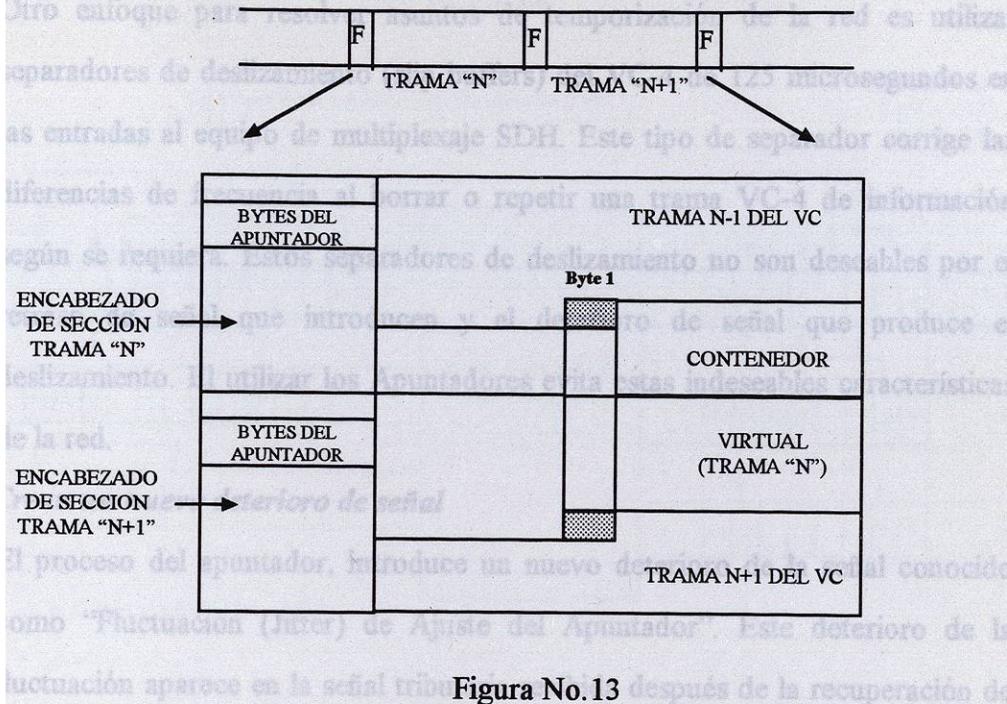


Figura No.13
Figura No.13

9. CARACTERÍSTICAS DE LOS APUNTAADORES

a) *Permiten la operación asíncrona de la red síncrona*

SDH está proyectada ser una red síncrona, esto significa que todos los nodos de red síncrona deben derivar sus señales de regulación de un sólo reloj maestro de la red.

No obstante, SDH está diseñado para manejar la operación asíncrona en la red. Esto es necesario para acomodar las diferencias de temporización que resulten del nodo SDH que esté perdiendo la referencia de regulación de la red y operando en su reloj de reserva. También para acomodar diferencias de temporización en el límite de dos redes SDH.

Para acomodar estas desviaciones de reloj, el VC-4 puede moverse (justificarse), positiva o negativamente tres bytes cada vez, con respecto a la trama de transporte. Esto se logra simplemente recalculando o actualizando el Apuntador AU en cada nodo de red SDH.

b) Disminuyen el retraso en la red Síncrona

Otro enfoque para resolver asuntos de temporización de la red es utilizar separadores de deslizamiento (slip buffers) del VC-4 de 125 microsegundos en las entradas al equipo de multiplexaje SDH. Este tipo de separador corrige las diferencias de frecuencia al borrar o repetir una trama VC-4 de información según se requiera. Estos separadores de deslizamiento no son deseables por el retraso de señal que introducen y el deterioro de señal que produce el deslizamiento. El utilizar los Apuntadores evita estas indeseables características de la red.

c) Crean un nuevo deterioro de señal

El proceso del apuntador, introduce un nuevo deterioro de la señal conocido como “Fluctuación (Jitter) de Ajuste del Apuntador”. Este deterioro de la fluctuación aparece en la señal tributaria recibida después de la recuperación de un VC-4 que ha estado sujeto a cambios del Apuntador. La excesiva fluctuación en la señal tributaria influirá en la operación del equipo de red procesando la señal tributaria inmediatamente en la etapa posterior. Se necesita un gran cuidado en el diseño de la distribución de temporización para la red síncrona.

9.1 SINCRONIZACIÓN DE TRAMAS - APUNTADORES EN ACCIÓN

Antes de que se realice cualquier multiplexaje en el equipo de red SDH, las señales de transporte SDH individuales deben ser primeramente sincronizados con el equipo de red.

En el lado de entrada de un equipo SDH, las señales individuales de transporte SDH pueden estar mal alineadas en la fase de tiempo y en la tasa de bit. Después de la sincronización de trama, las señales individuales de transporte SDH se alinean en la fase de tiempo y en la tasa de bit. Fig. 14.

SINCRONIZACIÓN DE TRAMAS - APUNTADORES EN ACCIÓN

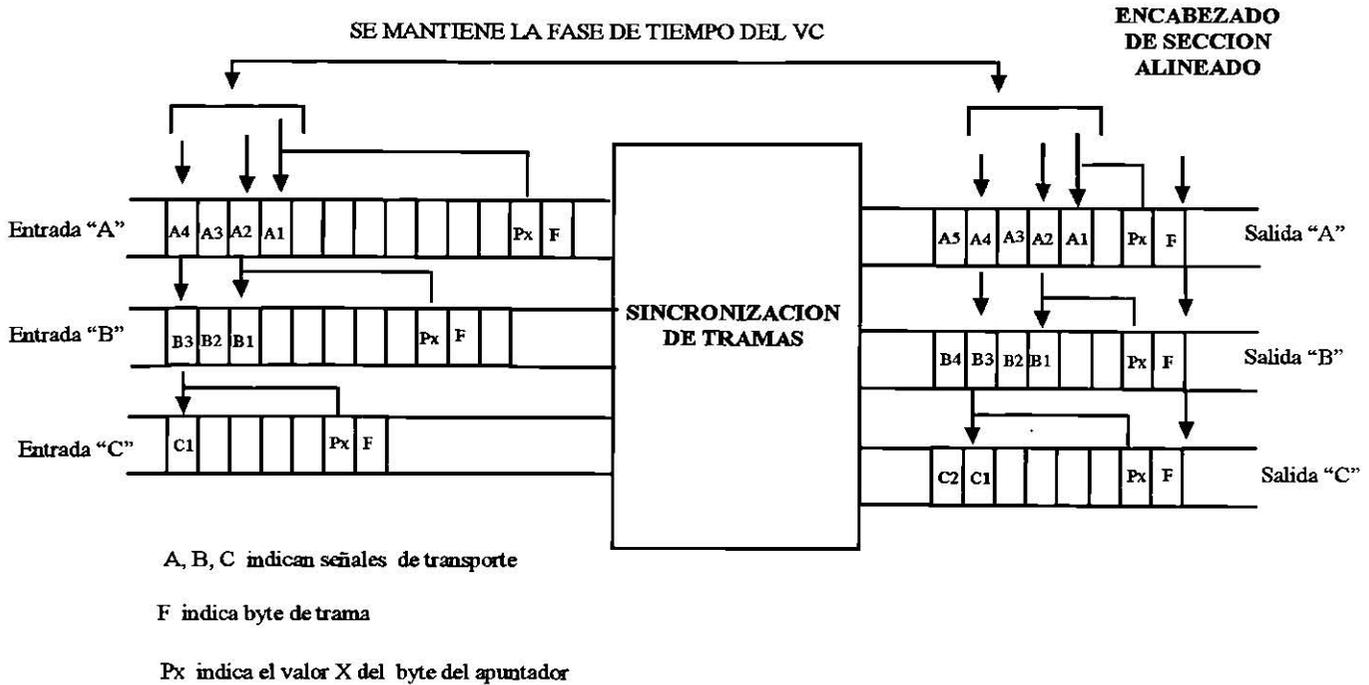


Figura No. 14

En el proceso de sincronización de trama, la parte del Encabezado de Sección y del VC-4 de las señales de transporte se manejan de forma diferente. Los bytes del Encabezado de Sección para cada una de las señales de transporte son sincronizadas en trama.

Los bytes VC-4, por otro lado, mantienen la misma relación de fase tiempo relativa con respecto a cada uno de ellos.

10. MULTIPLEXAJE SÍNCRONO POR ENTRELAZADO DE BYTES

Los grupos de tramas de transporte síncronos pueden empaquetarse para su transportación como señal de transporte síncrona de orden superior. El agrupamiento de orden superior se logra mediante el proceso de multiplexaje de bytes entrelazados, ya que los flujos paralelos de señales de transporte se mezclan de manera fija byte por byte. Estos flujos paralelos de señales de transporte se requieren para tener la misma

estructura de trama y tasa de bit, además de estar sincronizados con la trama unos con otros.

Por ejemplo, 4 señales SDH STM-1 paralelas y sincronizadas en trama pueden ser conjuntamente multiplexadas por entrelazamiento de bytes para formar una señal SDH STM-4 a 622.08 Mb/s (tasa de bit de $4 \times$ STM-1). El multiplexaje de bytes entrelazados se logra al tomar, en turno, un byte de cada tributaria de entrada y colocándola en la señal de salida de mayor velocidad. Fig. 15.

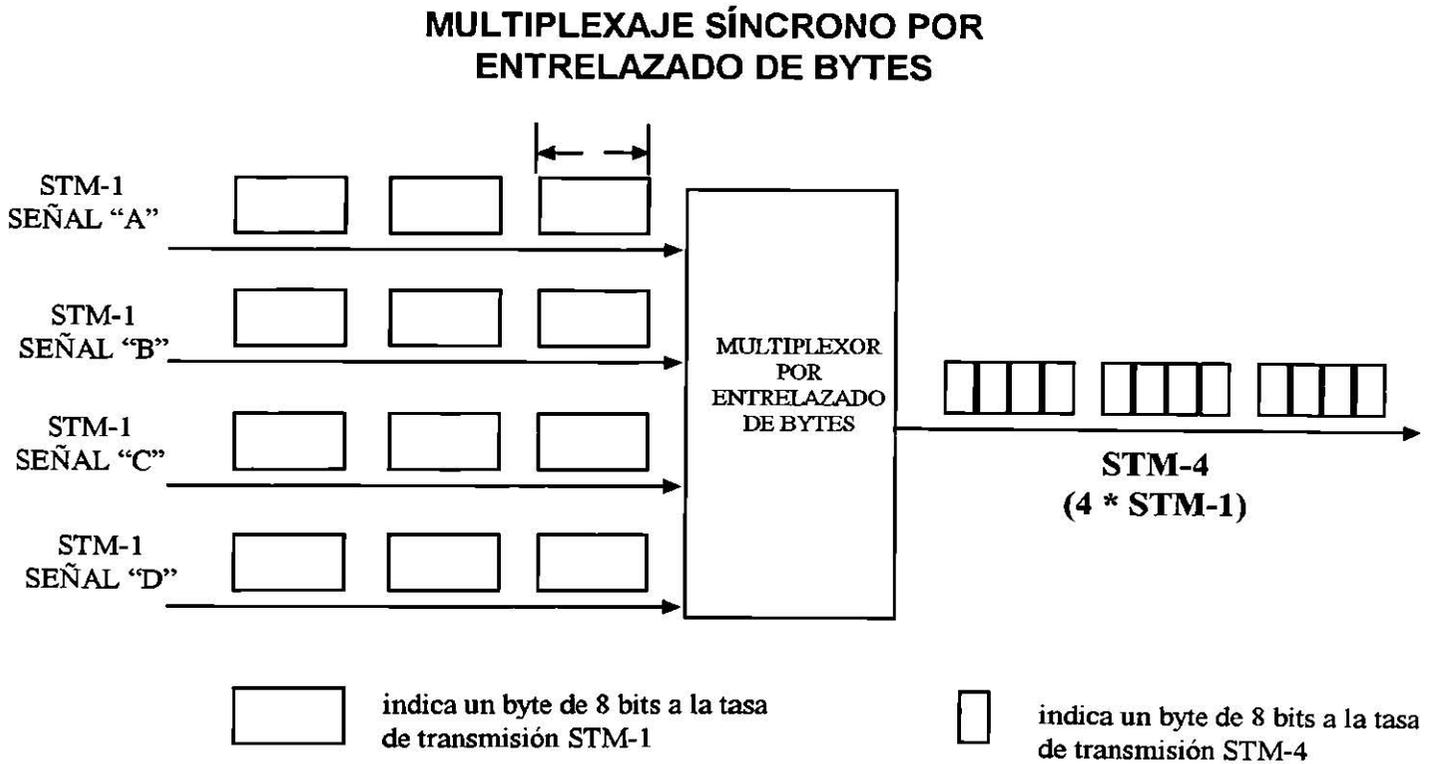


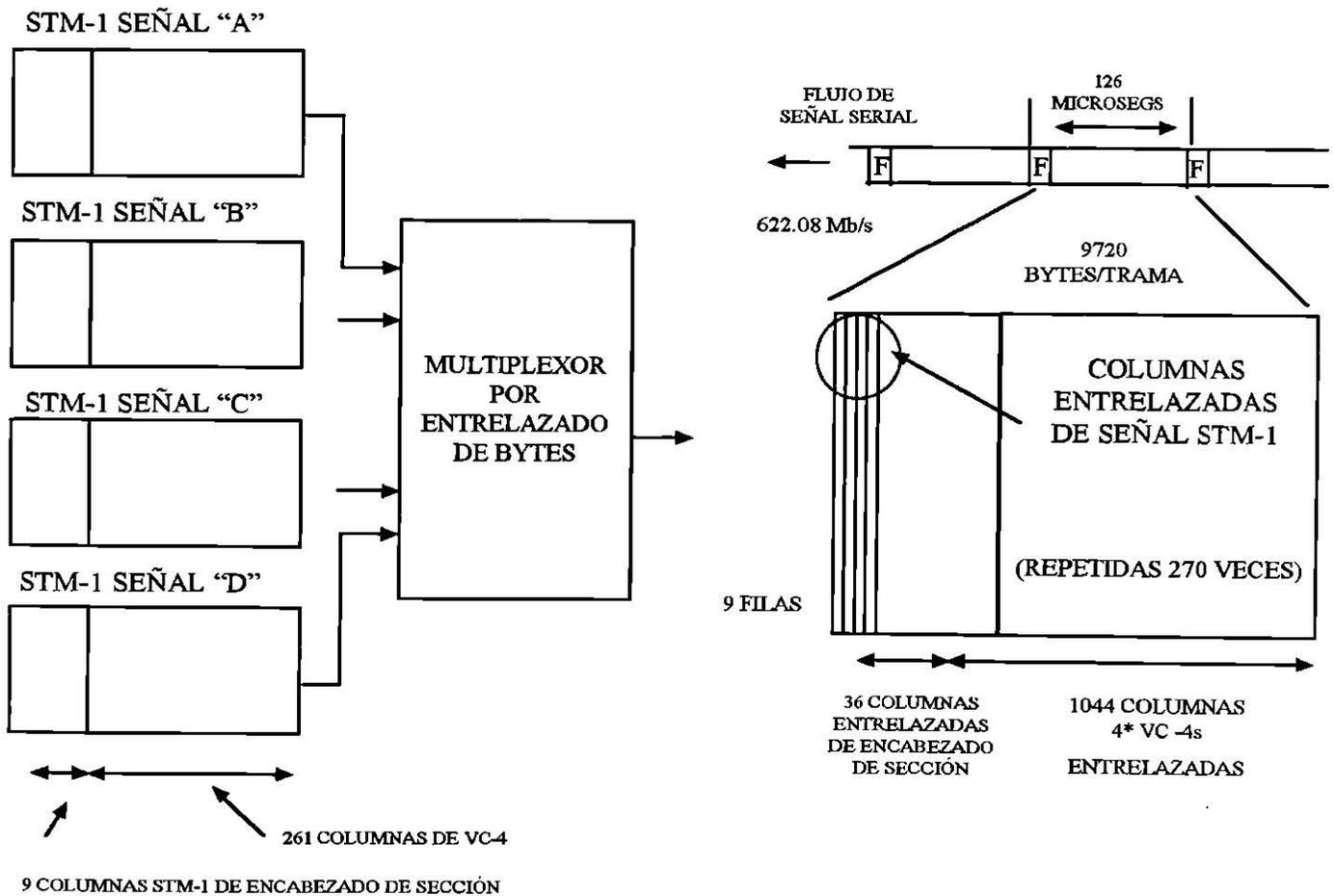
Figura No. 15

10.1 ESTRUCTURA DE TRAMA STM-4 SDH

La señal STM-4 se ensambla al entrelazar bytes de 4 señales paralelas STM-1 y sincronizadas en trama. Por consecuencia, un mapa bidimensional para la trama de señal STM-4 comprende las mismas 9 filas como la señal STM-1 pero tiene 1080 columnas que es 4 veces el número de columnas de la señal STM-1. La capacidad de

señal total de la señal STM-4 es, por tanto, 9720 bytes de 8 bits ó 77,760 bits por trama. Con estas dimensiones de trama y una tasa de repetición de trama de 8000 tramas/seg, el rango de señal para la señal STM-4 es de 622.08 Mb/s. Fig. 16.

ESTRUCTURA DE TRAMA STM-4



$$9720 \text{ BYTES/TRAMA} * 8 \text{ BITS/BYTE} * 8000 \text{ TRAMA/SEG} = 622.08 \text{ Mb/s}$$

Figura No. 16

El mapa bidimensional de la señal STM-4 se ensambla al tomar columnas individuales de cada uno de las cuatro estructuras de señal STM-1 y entrelazar éstas en secuencia repetitiva. Así, comenzando con las primeras columnas de cada STM-1, una columna se toma del STM-1 número 1, seguida de una columna del STM-1

número 2, seguida de una columna del STM-1 número 3, seguida de una columna del STM-1 número 4.

Esta secuencia se repite entonces 270 veces hasta que las columnas se ensamblan.

Las primeras 36 columnas de la trama STM-4 están ocupadas por el Encabezado de Sección. Las 1044 columnas restantes están ocupadas por cuatro señales VC-4 asociadas con las cuatro señales STM-1 individuales.

11. JERARQUÍA DE SEÑALES Y TASAS DE TRANSMISIÓN SDH

La señal SDH de menor nivel se llama Módulo de Transporte Síncrono nivel 1 (STM) que tiene un rango de señal de 155.52 Mb/s.

Las señales de mayor nivel, obtenidas mediante multiplexaje por entrelazado de bytes de señales de nivel inferior se denotan por STM-N donde N es un número entero. La tasa de línea de una señal STM-N de nivel mayor es N veces 155.52 Mb/s.

Los actuales estándares de SDH sólo permiten que el valor de N sea 1, 4 ó 16. Otros valores puede incluirse en futuras versiones de los estándares. Un valor máximo de 255 se permite bajo el estándar actual. Tab. 2.

JERARQUÍA DE SEÑALES Y TASAS DE TRANSMISIÓN SDH

MODULO DE TRANSPORTE SÍNCRONO	TASA DE TRANSMISIÓN Mbit/s
STM-1	155.52*
STM-4	622.08
STM-16	2488.32

*Interfaces eléctrica y óptica

TABLA 2

12. INTERFACES DE LÍNEA SDH

Las interfaces físicas ópticas y eléctricas están definidas por SDH.

Interfaces ópticas:

Las especificaciones se definen en cada rango para 3 situaciones de aplicaciones diferentes:

1. Interfaces ópticas dentro de la central (indicadas como I-n, donde n= nivel de jerarquía STM). Cubre las aplicaciones que, requieren transmisión hasta aproximadamente 2 Kms. con fibra monomodo. Los transmisores ópticos I-n pueden ser Diodos de Emisión de Luz LEDs o láseres de Modo Multi-Longitudinal de baja potencia (MLM) a una longitud de onda de 1310 nm.
2. Interfaces ópticas de corto alcance (indicadas como S-n 1 ó 2, donde n= nivel STM; 1= longitud de onda de 1310 nm en fibra G.652.2 = longitud de onda de 1550 nm en fibra G.652). Cubre aplicaciones de hasta aproximadamente 15 kms, con fibra monomodo. Los transmisores láser de Modo Uni-Longitudinal (SLM) o Modo Multi-Longitudinal (MLM) se utilizan en longitudes de onda de 1310 o 1550 nm.
3. Las interfaces ópticas de largo alcance (indicadas como L-n. 1, 2 ó 3, donde n = nivel de STM; 1 = longitud de onda de 1310 nm en fibra G.652; 2 = longitud de onda de 1550 nm en fibra G.652 ó G. 654; 3 = longitud de onda de 1550 nm en fibra G. 653). Cubre aplicaciones de hasta aproximadamente 40 Kms., con fibra monomodo. Los transmisores de láser de alta potencia (500 uW ó -3 dBm) de Modo Uni-Longitudinal (SLM) o de Modo Multi-Longitudinal (MLM) se usan en longitudes de onda de 1310 ó de 1550 nm.

Interfaces Eléctricas:

Para las aplicaciones dentro de la central se define una interfaz eléctrica en el nivel STM-1. Las características de esta interfaz eléctrica codificada CMI, se definen en CCITT Rec G. 703.

13. ESTRUCTURA DE TRAMA STM-1 SDH

La trama SDH STM-1 se describe como el nivel base de las capacidades de transporte SDH. Abarca un encabezado de sección y un contenedor virtual (VC-4). Las señales tributarias individuales se ensamblan dentro del VC-4 para ser transportadas a través de la red SDH.

13.1 CONTENEDOR VIRTUAL STM-1 (VC-4)

El VC STM-1 abarca dos partes: la parte de capacidad de carga, conocida como un Contenedor, y la parte del Encabezado de Ruta.

a) Contenedor:

El área del Contenedor de cada VC-4 tiene el propósito de soportar la transportación de señales tributarias específicas. El contenedor VC-4 (indicado como C-4) abarca 2340 bytes, estructurados como 260 columnas de 9 bytes. Estos bytes proporcionan una capacidad de transporte de 149.76 Mb/s con una tasa de repetición de trama de 8000 Hz. Esta capacidad se ha diseñado específicamente para acomodar la transportación de una señal tributaria de 140 Mb/s.

b) Encabezado de Ruta:

También se distribuye un área de cada VC-4 para el Encabezado de Ruta de Orden Superior. Esta capacidad de señal proporciona los servicios (tales como monitoreo de alarma y de desempeño) que se necesitan para soportar y mantener la transportación del VC-4 entre localidades extremas (conocidas como Terminaciones de Ruta de Alto Orden). Las terminaciones de ruta son los lugares donde el VC-4 se ensambla o desensambla.

13.2 PROCESO DE ENSAMBLE DEL VC-4

El proceso de ensamblar la señal tributaria en un VC se designa como “mapeo”.

La esencia del proceso de mapeo es sincronizar la señal tributaria con la capacidad de carga proporcionada para transporte. Esto se logra al añadir bits adicionales de “relleno” al flujo de la señal como parte del proceso de mapeo.

Por ejemplo, una señal tributaria de 140 Mb/s necesita para ser sincronizada con una capacidad de carga de 149.76 Mb/s proporcionada por el C-4.

El añadir el Encabezado de Ruta completa el ensamble del VC-4 y aumenta la velocidad de bit de la señal compuesta a 150.34 Mb/s. Fig. 17.

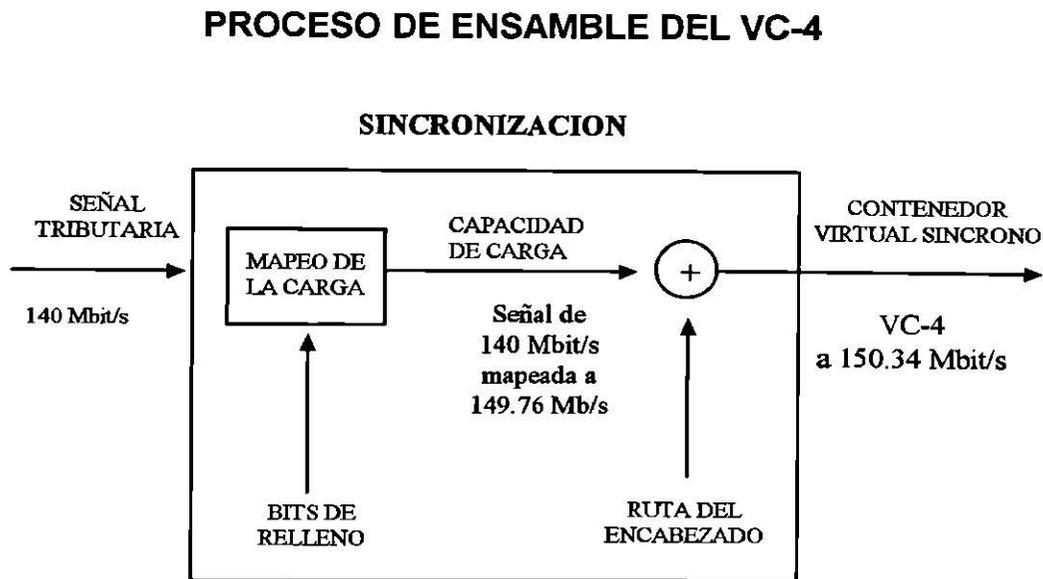


Figura No. 17

13.3 PROCESO DE DESENSAMBLE DEL VC-4

En el punto de salida de la red síncrona, la señal tributaria debe recuperarse del Contenedor Virtual. Este proceso se denomina “demapeo”.

El proceso de demapeo es desincronizar la señal tributaria desde la señal compuesta del Contenedor Virtual. Esta señal tributaria recuperada entonces debe extraerse, tan cerca como sea posible, en su forma original.

Así que, por ejemplo un VC-4 que lleva una señal de mapeo de 140 Mb/s llega al lugar de desensamble con un rango de señal de 150.34 Mb/s.

El desmontar el Encabezado de Ruta y los bits de relleno desde el VC-4 da como resultado una señal discontinua que representan la señal transportada de 140 Mb/s. Estas discontinuidades de tiempo se reducen mediante un Phase-Locked-Loop (PLL) desincronizante para producir una señal tributaria continua de 140 Mb/s.

PROCESO DE DESENSAMBLE DEL VC-4

DESINCRONIZACION

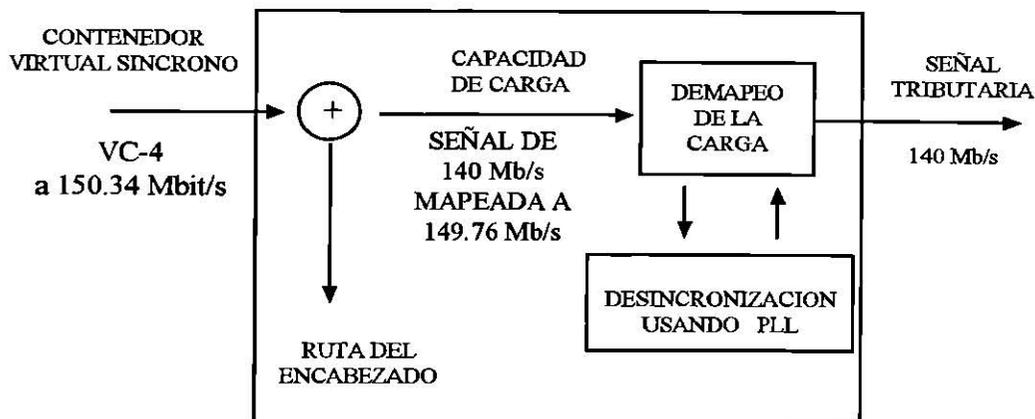


Figura No. 18

14. UNIDADES TRIBUTARIAS (TUs)

El VC-4 STM-1 con capacidad de canal de 149.76 Mb/s se ha diseñado específicamente para proporcionar transporte a una señal tributaria de 140 Mb/s. El transporte para señales tributarias de menor rango como 2 Mb/s se proporciona mediante una estructura de trama de Unidad Tributaria (TU). Las TUs tienen el

propósito específico de soportar el transporte y conmutación de la capacidad de carga que es menos que la proporcionada por el VC-4. Por el diseño, la estructura de trama TU encaja muy bien en el VC-4 para facilitar el multiplexaje de TU. Una cantidad fija de TUs completas pueden ensamblarse dentro de un área contenedor C-4 de un VC-4.

14.1 DIFERENTES TAMAÑOS DE TRAMAS DE UNIDADES TRIBUTARIAS

SDH proporciona un rango de diferentes tamaños de TU. Fig. 19.

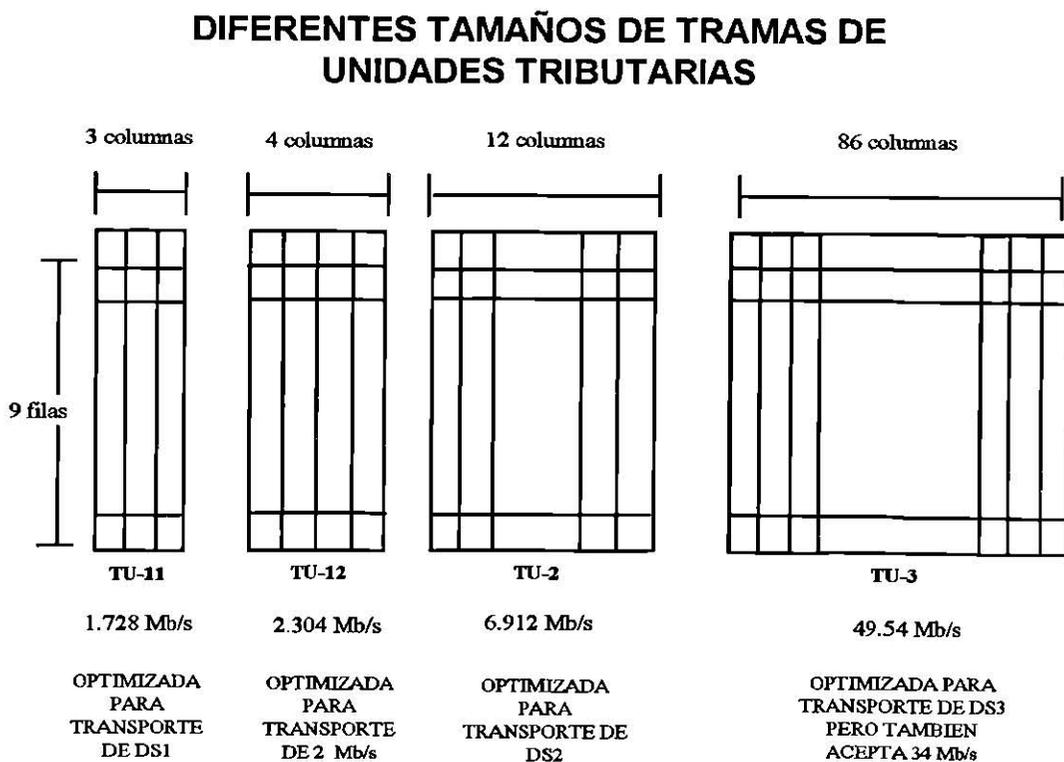


Figura 19

- a) **TU-11:** Cada trama TU-11 consiste de 27 bytes, estructurados en 3 columnas de 9 bytes. A una tasa de trama de 8000 Hz, estos bytes proporcionan una capacidad de transporte de 1.728 Mb/s y acomodarán el mapeo de una señal DS1 de 1.544 Mb/s. Pueden multiplexarse 84 TU-11s en el VC-4 STM-1.

- b) **TU-12:** Cada trama TU-12 consiste de 36 bytes, estructurados en 4 columnas de 9 bytes. A una tasa de trama de 8000 Hz, estos bytes proporcionarán una capacidad de transporte de 2.304 Mb/s y acomodarán el mapeo de una señal CEPT de 2.048 Mb/s. Se pueden multiplexar 63 TU-12s en el VC-4 STM-1.
- c) **TU-2:** Cada trama TU-2 consiste de 108 bytes, estructurados en 12 columnas de 9 bytes. A una tasa de trama de 8000 Hz, estos bytes proporcionan una capacidad de transporte de 6.912Mb/s y acomodarán el mapeo de una señal DS2 Norteamericana. Pueden multiplexarse 21 TU-2s en el VC-4 STM-1.
- d) **TU-3:** Cada trama TU-3 consiste de 774 bytes, estructurados en 86 columnas de 9 bytes. A una tasa de trama de 8000 Hz, estos bytes proporcionan una capacidad de transporte de 49.54 Mb/s y acomodarán el mapeo de una señal CEPT de 34 Mb/s o una señal DS3 Norteamericana. Pueden multiplexarse 3 TU-3s en el VC-4 STM-1.

14.2 TU-12 EMPAQUETADOS EN VC-4

El TU-12 es un tamaño particularmente importante de Unidad Tributaria. Esto es porque está diseñado para acomodar una señal tributaria de 2 Mb/s, la señal tributaria CEPT más común en las redes existentes.

La estructura de 4 columnas y 9 filas de la TU-12 encaja muy bien en la estructura de 9 filas del VC-4. Pueden empaquetarse 63 TU-12s en las 260 columnas de la capacidad de carga (el contenedor C-4). Esto deja 8 columnas de reserva en la capacidad de carga. Estas columnas de reserva son el resultado del proceso de multiplexaje en etapas intermedias de "TU-12 a VC-4" y son ocupadas con bytes de relleno fijos que permiten que la estructura de señal de VC-4 STM-1 sea mantenida.

Fig. 20.

TU-12 EMPAQUETADOS EN VC-4

FLUJO SERIAL DE
SEÑAL STM-1

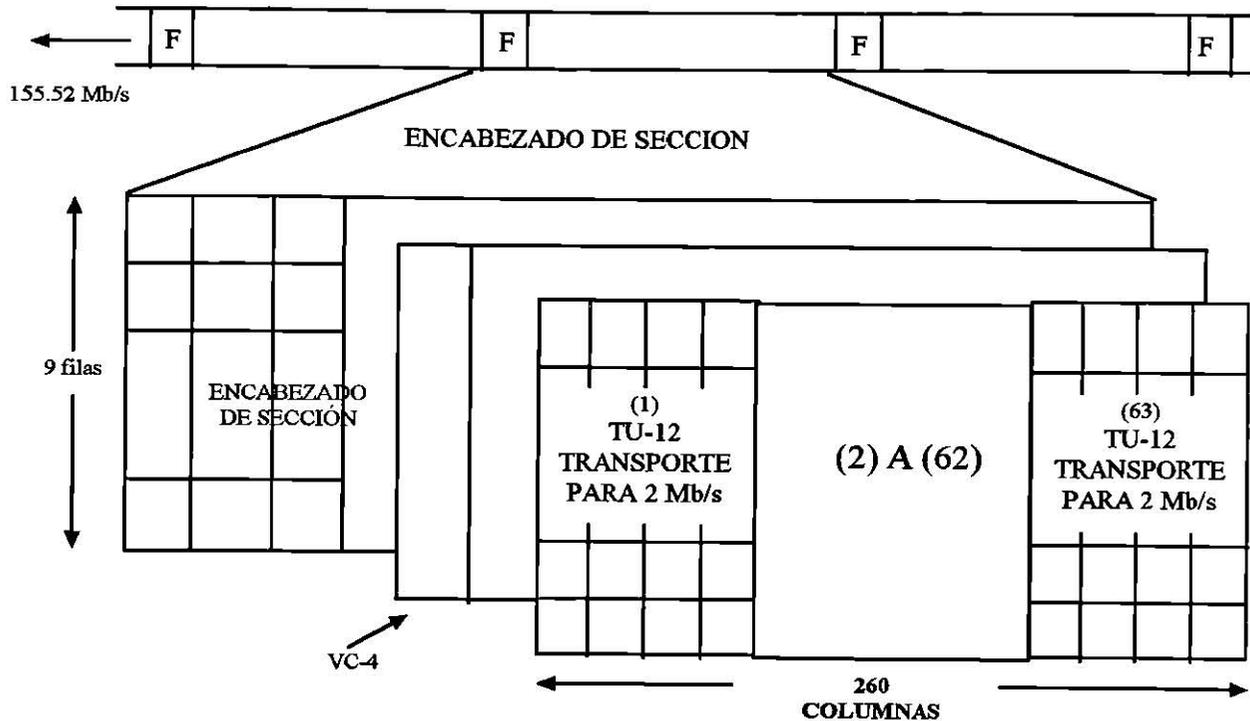


Figura No. 20

14.3 MULTIPLEXAJE DE UNIDADES TRIBUTARIAS

El VC-4 puede estar formado de la unión de varios tamaños de tributarias, las cuales se multiplexan dando como resultado las siguientes combinaciones:

- 21 Tributarias de 2 Mbit/s (TU-12) y 2 de 34 Mbit/s (TU-3).
- 42 Tributarias de 2 Mbit/s (TU-12) y 1 de 34 Mbit/s (TU-3).
- 63 Tributarias de 2 Mbit/s (TU-12).
- 03 Tributarias de 34 Mbit/s (TU-3)

14.4 MODOS DE OPERACIÓN DE LA TU

Hay dos modos de operación para la estructura TU.

El modo Flotante se ha diseñado para disminuir el retraso de la red y proporcionar interconexión eficiente de señales de transporte en el nivel TU. Cada VC

TU tiene su propio apuntador, que resuelve los problemas de la sincronización de tiempo asociados con las TUs individuales. El modo flotante soporta efectivamente las capacidades de red SDH en el nivel TU.

El Modo de Cierre (bloqueado) se ha diseñado para disminuir la complejidad de interfaz y soportar el transporte en masa de punto-a-punto de señales de 2 Mb/s para aplicaciones de conmutación digital. Los apuntadores de TU no se necesitan en este modo y, por lo tanto, no se proporcionan. En este modo no es posible enrutar un VC de TU seleccionado mediante la red SDH sin el indeseable retraso de red, y costo extra. El modo de cierre no es bueno para las aplicaciones de red.

15. CONTENEDOR VIRTUAL CONCATENADO (CONCATENACIÓN)

Las señales de servicio al cliente más avanzadas como la ATM de 622.08 Mb/s, requieren una mayor capacidad de transporte que los 149.76 Mb/s proporcionados por el VC-4 STM-1. Esto se logra en SDH mediante un contenedor virtual “concatenado” de mayor rango.

Una señal de transporte STM-4 se ensambla normalmente mediante un multiplexaje de intercalación de bytes de cuatro señales de transporte STM-1. Este proceso de multiplexaje resulta en el área VC siendo ocupada por cuatro VC-4 individuales. Cada VC-4 consistente de un Encabezado de Ruta y un “contenedor” capaz de llevar señales tributarias mapeadas hasta un rango de 149.76 Mb/s.

En el caso de un STM-4 concatenado (indicado como STM-4c), el área del contenedor virtual se llena completamente de un solo VC-4-4c. Este VC-4-4c consiste de un Encabezado de Ruta y un solo contenedor capaz de llevar una señal tributaria operando en rangos de hasta aproximadamente 600 Mb/s.

Una vez ensamblado, un VC-4-4c (o cualquier otra estructura VC concatenada) es multiplexada, conmutada y transportada a través de la red como una sola entidad.

16. CAPACIDADES, ÁREAS Y FUNCIONES DEL ENCABEZADO

La trama de transporte síncrono SDH lleva dos clases de datos: *las señales tributarias más las señales de red que dan soporte, nombradas como Encabezado Integrado*. Las señales de integradas del Encabezado proporcionan las funciones necesarias por la red, para transportar eficientemente la señal de la tributaria a través de la red SDH.

El Encabezado Integrado se divide en tres categorías:

- Encabezado de Ruta de alto y bajo orden.
- Encabezado de Sección del Multiplexor.
- Encabezado de Sección del Regenerador.

16.1 ÁREAS DEL ENCABEZADO STM-1

El Encabezado de Ruta de Alto Orden (HO POH) está contenido dentro de la parte del contenedor virtual de la trama STM-1. En el caso de un VC-4, el HO POH ocupa todos los 9 bytes de la primera columna. El Encabezado de Ruta da los servicios necesarios para soportar y mantener la transportación del contenedor virtual entre los lugares de término de ruta donde el VC-4 se ensambla y desensambla.

Tanto el Encabezado de Sección del Multiplexor (MSOH) como el Encabezado de Sección del Regenerador (RSOH) residen dentro del área de Encabezado de Sección (SOH) de la trama STM. El RSOH ocupa las filas 1 a 3 del SOH mientras que el MSOH ocupa las filas del 5 al 9. Fig. 21.

ÁREAS DEL ENCABEZADO STM-1

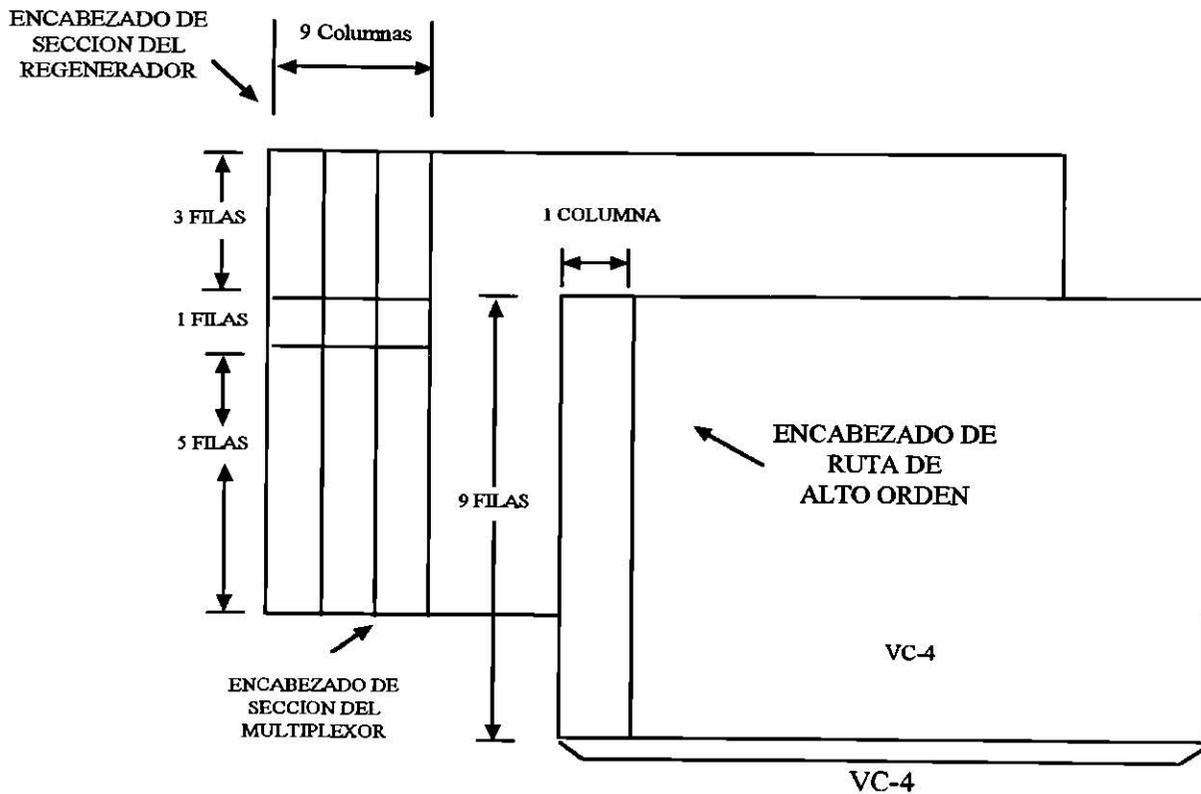


Figura No. 21

El MSOH y el RSOH proporcionan los servicios necesarios para soportar y mantener la transportación de los VCs entre nodos adyacentes en la red SDH.

16.2 FUNCIONES DEL ENCABEZADO DE RUTA DE ALTO ORDEN (VC-4)

a) *Comprobación de paridad.*

Una verificación de paridad de intercalación de bits de 8 bits de ancho se calcula sobre todos los bits del VC-4 previo. El valor calculado se coloca en el Encabezado de Ruta de la siguiente trama.

b) *Información de alarmas y desempeño.*

La información de la alarma y del desempeño se incluye como parte del Encabezado de Ruta.

c) Estructura del Vc.

La estructura del VC-4 se proporciona mediante una “Etiqueta de Señal” de Ruta. Esta es un valor de código de 8 bits que especifica la estructura del VC-4

d) Mensaje de repetición de 64 bytes.

Una franja fija de longitud (64 bytes) se transmite repetidamente en un byte por trama VC-4. La franja de bytes puede contener cualquier mensaje alfanumérico que se asocie con la Ruta.

La continuidad de conexión a la fuente de la señal de Ruta puede verificarse, por tanto, en cualquier terminal receptora a lo largo de la ruta sencillamente monito-reando esta franja de mensaje.

e) Indicación de Multitramas para TU

Se proporciona un indicador de multitrama generalizado para las cargas. Actualmente este servicio lo utilizan las cargas estructuradas de TU.

f) Canal de comunicaciones del usuario

Una canal de Usuario se proporciona para las comunicaciones del operador de red propietario entre el Equipo Terminal de Ruta.

16.3 DEFINICIÓN DE “SECCIÓN DEL MULTIPLEXOR” DE UNA RED SDH

Un intervalo de Sección del Multiplexor de Red SDH comprende el medio de transmisión, junto con el equipo relacionado, que proporciona los medios de la información de transporte entre dos elementos de red consecutivos. Uno de los elementos de red origina el Encabezado de Multiplexor (MSOH) y el otro termina este Encabezado.

La protección cubre la funcionalidad de SDH desde el punto en que el MSOH se inserta en el flujo de señal al punto donde éste termina. Así, la transportación de información a través del intervalo de la Sección de Multiplexor de red puede

mantenerse al conmutar a los servicios de reserva (ó “protección”) proporcionados en caso de falla. Fig. 22.

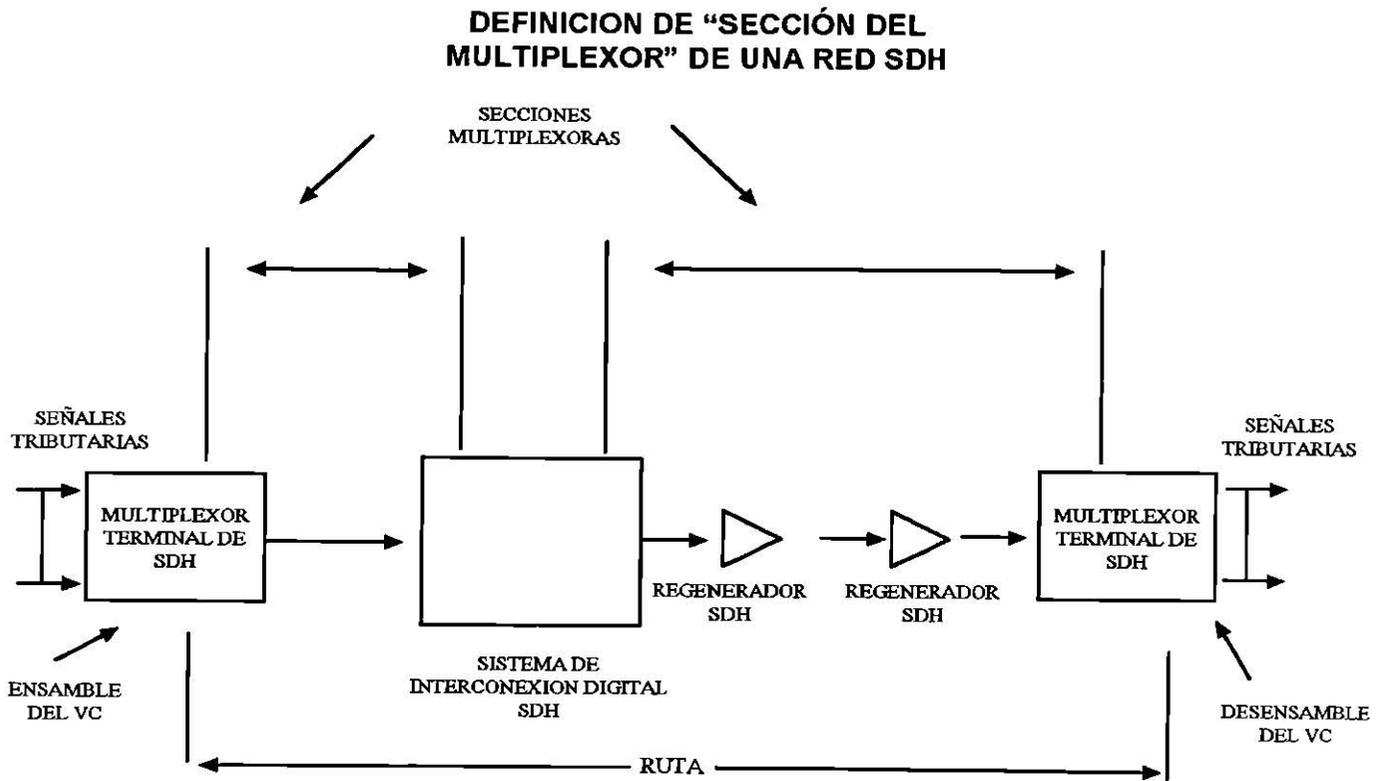


Figura No. 22

16.4 FUNCIONES DEL ENCABEZADO DE LA SECCIÓN DE MULTIPLEXOR (MSOH)

a) Apuntadores

Los bytes del Apuntador AU (de Unidad de Administración) que proporcionan el enlace entre el Encabezado de Sección y el Contenedor Virtual STM-1 se procesan como parte de las funciones del MSOH. Se proporcionan Apuntadores AU por separado para cada VC-3/VC-4 en una trama STM-N. Así el MSOH proporciona el soporte necesario para las capacidades de red de SDH.

b) Conmutación de la protección automática.

Las secuencias de protocolo que controlan la Protección de sección del Multiplexor (MSP) están señaladas como parte de las funciones del MSOH. Estas proporcionan mayor soporte para las capacidades de red SDH.

c) Comprobación de paridad e información de alarmas.

La información de verificación de alarma y paridad se incluye como parte del MSOH.

d) Canal de Comunicaciones de Datos.

Un canal de Comunicaciones de Datos de 576 Kb/s (DCC) permite intercambiar información de mantenimiento y administración de red basada en mensajes entre el equipo terminal de Sección de Multiplexor.

Por ejemplo, los cuadros de enrutamiento de un sistema de interconexión digital podrían actualizarse al enviar los datos apropiados en el DCC desde una computadora de administración de red.

e) Canal de Comunicación de Voz.

Se proporciona un canal de voz express para comunicaciones de voz entre el equipo terminal de Sección de Multiplexor.

16.5 DEFINICIÓN DE “SECCIÓN DEL REGENERADOR” DE UNA RED SDH

Un intervalo de la “Sección del Regenerador” de red SDH comprende el medio de transmisión y equipo relacionado entre un elemento de red y un regenerador o dos regeneradores. El equipo relacionado incluye una interfaz óptica y un equipo de procesamiento SDH que origina o concluye el Encabezado de Sección de Regenerador (RSOH). Fig. 23.

DEFINICION DE "SECCIÓN DEL REGENERADOR" DE UNA RED SDH

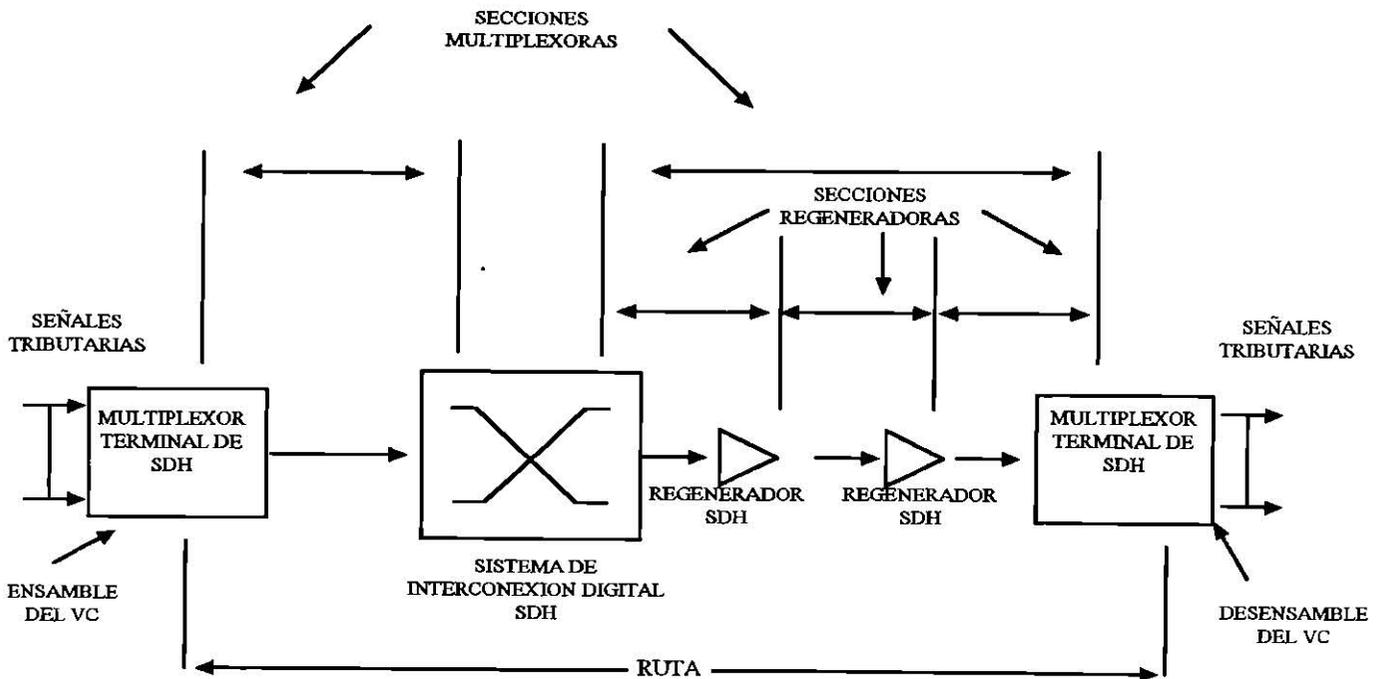


Figura No. 23

16.6 FUNCIONES DEL ENCABEZADO DE SECCIÓN DEL REGENERADOR (RSOH)

a) Patrón de alineamiento de trama.

Se proporciona un patrón de alineamiento de trama. Se asignan seis bytes al patrón de trama en una trama de STM-1. Se asignan N veces 6 bytes al patrón de una trama STM-N.

b) Identificación de STM-1.

Cada STM-1 dentro de un STM-N se identifica por separado mediante un número binario correspondiente a su orden de aparición en la trama STM-N de bytes entrelazados.

c) Comprobación de paridad.

Una verificación de paridad de 8 bits de ancho y de bytes entrelazados se calcula STM-N. El valor calculado se coloca en el RSOH de la siguiente trama STM-N.

d) Canal de Comunicación de Datos.

Se proporciona un Canal de Comunicaciones de Datos de 192 Kb/s (DCC). Este DCC tiene como propósito el intercambio de la información de administración y mantenimiento de la red basada en mensajes al equipo de terminación de Sección de Regenerador, tales como regeneradores y otros elementos de red SDH.

e) Comunicación de voz (Ordewire).

Se proporciona un canal de voz adicional para las comunicaciones de voz entre el equipo de terminación de sección del Regenerador. Se intenta que este canal se utilice como canal de voz local reservado para la comunicación de voz entre regeneradores, hubs, y lugares terminales remotos.

f) Canal de usuario.

La capacidad de señal se proporciona para un Canal de Usuario adicional para las comunicaciones del operador de red. La información transmitida en este canal de comunicaciones de datos puede pasarse sin modificar a través de un regenerador. Alternativamente, el regenerador puede sobreponer la información recibida.

CAPITULO IV
EQUIPOS Y TOPOLOGÍA SDH

CONTENIDO

1. EQUIPOS SDH
2. APLICACIONES DE EQUIPOS SDH
3. SDH MEDICIONES Y PRUEBAS
4. APLICACIONES DE SISTEMAS DE FIBRA ÓPTICA SDH
5. INTERFACES ÓPTICAS SDH
6. APLICACIONES DEL SISTEMA DE CROSCONEXIÓN
7. ARQUITECTURAS DE PROTECCIÓN SDH
8. MODO DE TRANSFERENCIA ASINCRONA (ATM)

1.- EQUIPOS SDH

Hay tres tipos de equipos SDH

- a) Nodo de transporte
- b) Nodo de red.
- c) Nodo de acceso.

Las características de cada uno de estos equipos son las siguientes:

a). Nodo de Transporte.

Este tipo de equipo tiene capacidad para manejar velocidades de transmisión de hasta 2.488 Gb/s, con una administración de señal flexible de ancho de banda y carga de información.

Tiene una arquitectura de red de anillo o por diversidad la cual crea una supervivencia de la red, además de contener una interfaz de administración de red unificada y simple.

b). Nodo de Red.

Este equipo tiene interfase con la red inteligente, además de tener una integración de funciones de transporte de señal.

Se utiliza en centrales locales y provee de nuevos servicios de acceso al usuario.

c). Nodo de Acceso.

Este equipo nos facilita la integración de SDH en la red local, además de la integración y consolidación de servicios.

Aumenta la confiabilidad de los accesos, además de proveer compatibilidad multiproveedor en operación y mantenimiento.

Reduce los costos de operación y mantenimiento.

2.- APLICACIONES DE EQUIPOS SDH

Los equipos SDH tienen diversas aplicaciones en las redes SDH, a continuación se muestran algunas de estas aplicaciones.

a). Nodo de Red como Nodo de Concentración.

La Figura 1 nos muestra al nodo de red utilizado como nodo de concentración de señales, teniendo como acceso de señal multiplex de acceso y distribuyendo señales a los puntos que es requerida, manejando hasta 2.488 Mb/s.

Esta aplicación se utiliza en centrales locales de telefonía.

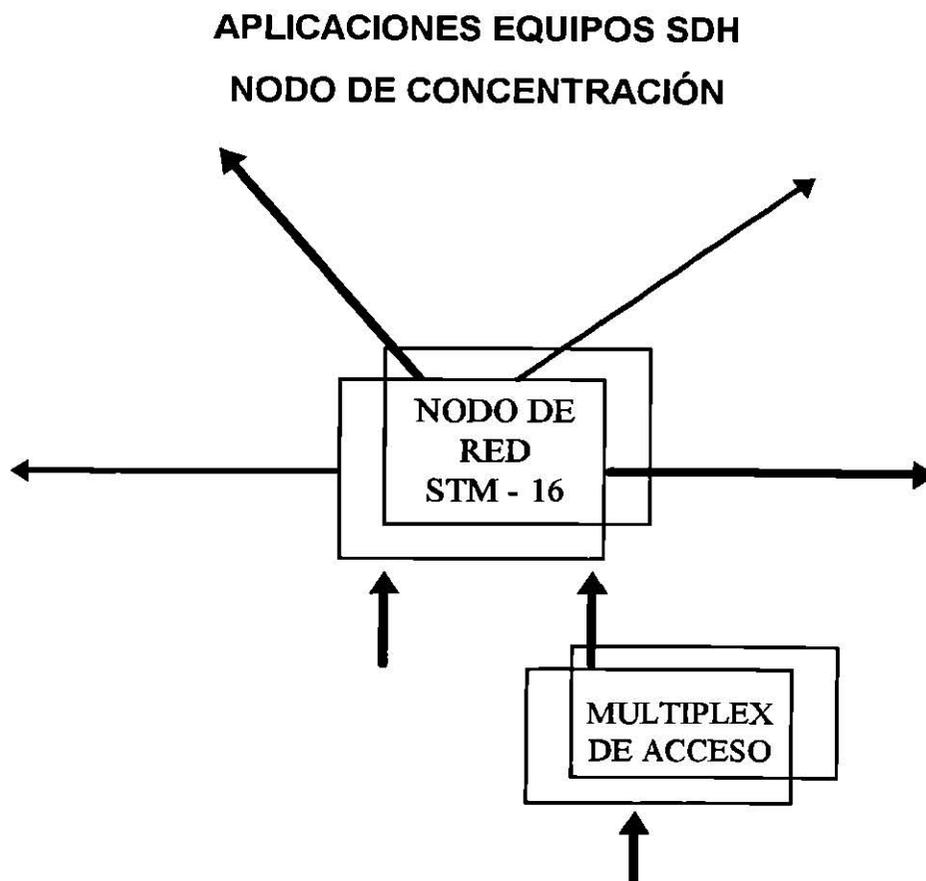


Figura 1

b). Nodo de Red como Inserción y Extracción de Canales.

La Figura 2 muestra dos nodos de red interconectados con un multiplex Drop-Insert y recibiendo señal de un multiplex de acceso, logrando así la inserción y extracción de canales, manejando velocidades de información de hasta 2.488 Mb/s.

Esta aplicación se utiliza en centrales locales y larga distancia telefónica.

APLICACIONES EQUIPOS SDH INSERCIÓN Y EXTRACCIÓN DE CANALES

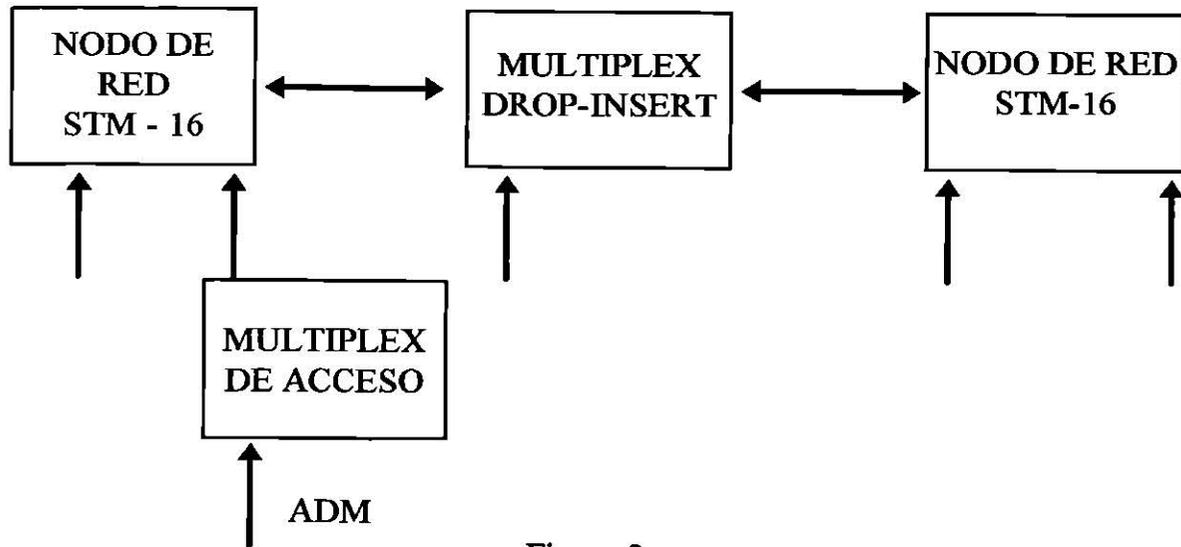


Figura 2

c). Nodo de Red como Protección de Diversidad.

Dos nodos de red pueden estar interconectados entre ellos y entre un repetidor y un multiplex Drop-Insert, teniendo como entrada de señal en un nodo de red un multiplex de acceso como se muestra en la Figura 3.

Esta protección de diversidad opera normalmente enviando la información en un sentido. Al haber algún problema en el envío de información en este sentido normal (nodo de red - repetidor- mux - drop-insert) se conmuta el paso de información al otro sentido (nodo de red - nodo de red - mux - drop-insert), logrando así, no tener un corte total de la señal.

Restaurando la falla el sentido de información vuelve al sentido normal.

Esta aplicación se utiliza en C.L. y L.D.

APLICACIONES EQUIPOS SDH PROTECCIÓN DE DIVERSIDAD

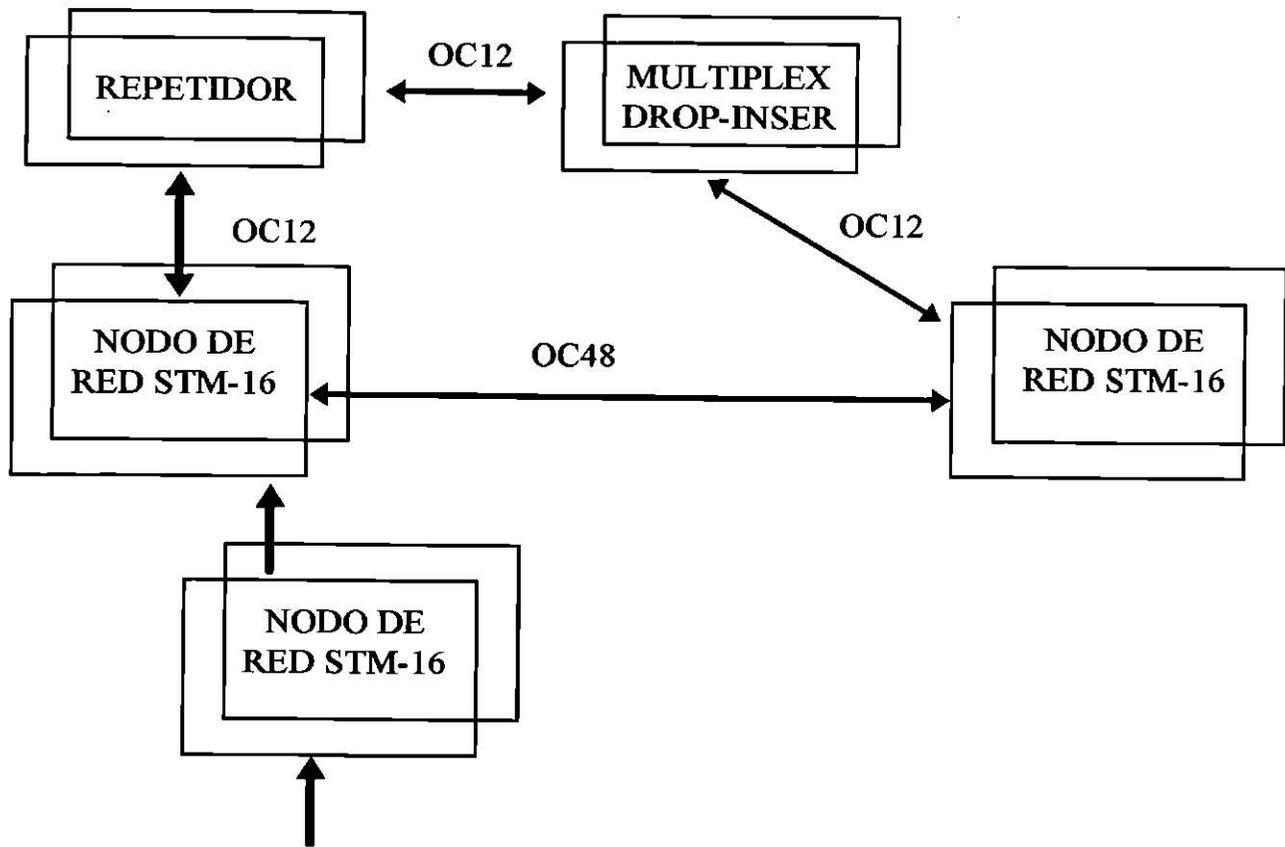


Figura 3

d). Anillos de Confiabilidad.

Otra aplicación de estos equipos es como anillos de confiabilidad, pues se interconectan los nodos de red con un nodo de transporte y con un nodo de administración de red como se muestra en la Figura 4.

La señal es enviada por la ruta normal, del nodo de red al nodo de transporte, y del nodo de transporte al mux drop-insert. El nodo de administración de red controla y administra las rutas a seguir, por ejemplo si se presentara una falla en la ruta normal (problema con el equipo de comunicación normal, corte de la fibra óptica, tasa de error alta, etc.) el nodo de administración conmuta el flujo de la señal a la ruta de protección (respaldo) y busca alternativas del envío de la señal a su punto de destino.

Esta aplicación se utiliza en C.L. y L.D.

**APLICACIONES EQUIPOS SDH
ANILLOS DE CONFIABILIDAD**

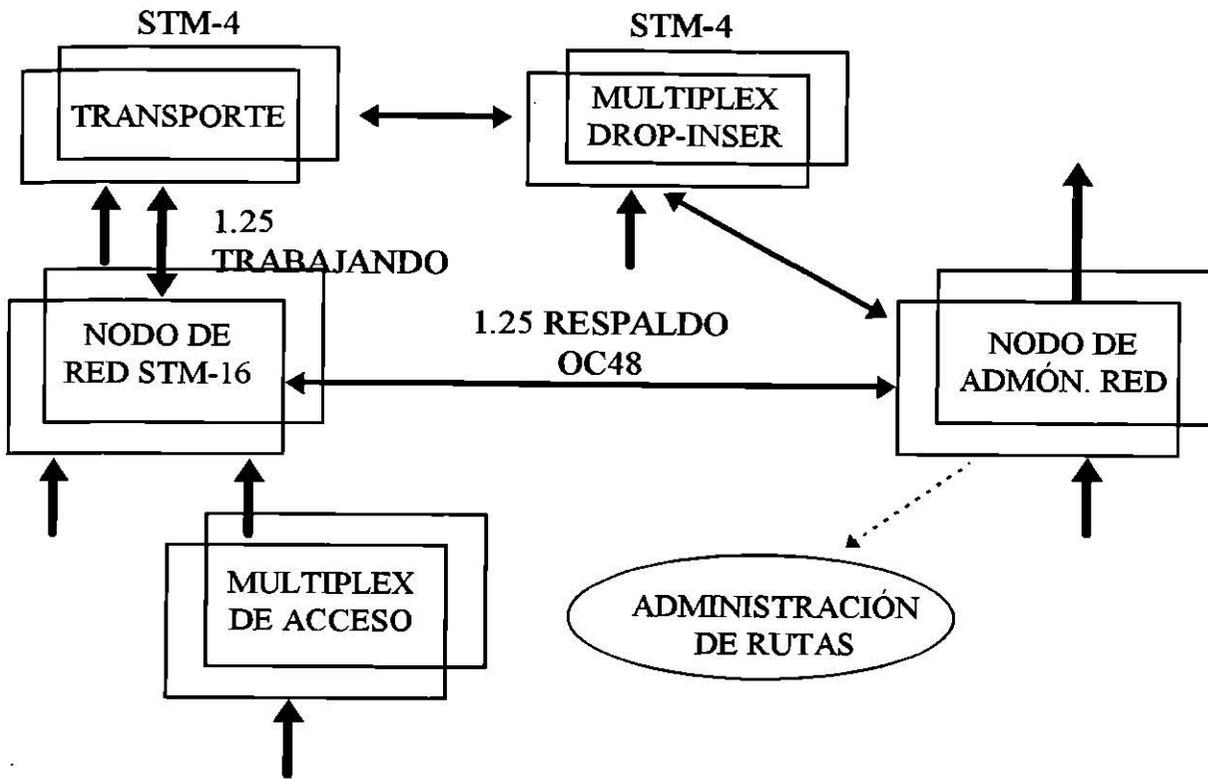


Figura 4

3. SDH MEDICIONES Y PRUEBAS.

1). Al equipo SDH se le realizan las siguientes mediciones de laboratorio:

- a) Influencia de la justificación y el relleno
- b) Medición de error.
- c) Simulación de señales STM-1
- d) Verificación del apuntador y jitter de mapeo.

2). La prueba de Campo:

- a) Sincronía de la red.

3). Pruebas de Producción:

- a) Confiabilidad y Compatibilidad
- b) Jitter de Mapeo.
- c) Jitter de Apuntador

4). Mediciones en Instalación y Servicio.

- a) Crosconnect y Add-Drop.
- b) Análisis rápido de estructura.
- c) Ber.
- d) Localización de fallas.
- e) Generación confiable de alarmas.

La tabla 1 nos muestra algunos valores preliminares de CCITT para sistemas plesiocronos y sistemas síncronos.

G823 PARA SISTEMAS PLESIOCRONOS						
TASA BIT KBIT/S	F1 A F4		FRECUENCIA DE CORTE DE FILTRO (KHZ)			
	UIPP	F3 A F4 UIPP	F1	F2	F3	F4
2048	1.5	0.2	0.02	2.4	18	100
8448	1.5	0.2	0.02	0.4	3	400
34368	1.5	0.15	0.1	1	10	800
139264	1.5	0.075	0.2	0.5	10	3500

G783 PARA SISTEMAS SINCRONOS						
FILTRO DE MAPEO						
TASA BIT KBIT/S	F1 A F4		FRECUENCIA DE CORTE DE FILTRO (KHZ)			
	UIPP	F3 A F4 UIPP	F1	F2	F3	
2048	.25*	0.075	0.02	18	100	
34368	.3*	0.075	0.1	10	800	
139264	.35*	0.075	0.2	10	3500	

JITTER DE MAPEO Y APUNTADOR						
TASA BIT KBIT/S	F1 A F4		FRECUENCIA DE CORTE DE FILTRO (KHZ)			
	UIPP	F3 A F4 UIPP	F1	F2	F3	
2048	0.4	0.075	0.02	18	100	
34368	0.4	0.075	0.1	10	800	
139264	0.4	0.075	0.2	10	3500	

* VALORES DE UNA RECOMENDACIÓN NACIONAL DE CROSCONEXIÓN.
UIPP = JITTER MÁXIMO PICO A PICO.

TABLA No. 1

4. APLICACIONES DE SISTEMAS DE FIBRA ÓPTICA SDH.

Las aplicaciones de sistemas de fibra óptica son muy variadas y van desde una red pequeña hasta una red de larga distancia

La tabla 2 nos muestra algunas aplicaciones.

APLICACIONES DE SISTEMAS FIBRA ÓPTICA TOPOLOGÍA Y EQUIPOS		
APLICACIÓN	EQUIPOS	TOPOLOGÍA
LAN	CONCENTRADORES REPETIDORES TARJETAS WS	ESTRELLA A ANILLO
MAN Y WAN	CONCENTRADORES ENRUTADORES MULTICANALIZADORES	ANILLO ESTRELLA A BUS
TRONCALERAS	MULTICANALIZADORES DACs	P-P, ANILLO BUS
PLANTA EXT.	TODOS	P-P, ANILLO TPON, BPON

TABLA No. 2

5. INTERFACES ÓPTICAS SDH

Las interfaces ópticas SDH se clasifican en tres categorías y por fuente óptica.

Por categorías:

- a) Intraoficina (2 Km.)
- b) Troncalera (15 Km.)
- c) Larga distancia (40, 60 Km.)

PARÁMETROS ESPECIFICADOS PARA INTERFACES ÓPTICAS STM-4

	UNID	VALORES						
SEÑAL DIGITAL BIT RATE	kb/s	STM-4 DE ACUERDO CON LAS RECOM G-707 Y G-958 622-080						
CÓDIGO		I 4	S 4 1	S 4 2	L 4 1	L 4 2	L 4 3	
LONGITUD DE ONDA	nm	a) 1261-1360	a) 1293- 1334	1480-1580	1300-1125/ 1280- 1335 1296-1330	1480- 1580	1531-1566 1508-1510	
TRANSMISOR DE PUNTOS FUENTE TIPO CARACT. ESPECTR. MAX. ANCHO ESP. RMS. MAX. ANCHO DE (20 dB) MIN.FACT. DE SUPRESIÓN UNIMODAL POTENCIA MEDIA ACOPLADA MÁXIMO MÍNIMO RADIO DE EXTINCIÓN	nm nm dB dBm dBm dB	MLM 145 8 15 8.2	LED 85 4/25 8 15 8.2	MLM 4/25 8 15 8.2	SLM 2.5 1 80 8 15 8.2	MLM 20/17 1 80 12 8 10	SLM 1 80 12 8 10	SLM 1 80 12 8 10
TRAYECTORIA ÓPTICA S.R. RANGO DE ATENUACIÓN DISPERSIÓN MÁXIMA PRESUPUESTO DE CABLE REFLECTANCIA MÍNIMA	dB ps/mm dB dB	18	0-7 1.1	0-12 0-12 46/24 NA NA	0-12 NA 24 27	10-24 92/109 20 25	10-24 NA 8 24 25	10-24 NA 20 25
RECEPTOR EN R SENSITIVIDAD SOBRECARGA PENALIZACIÓN DE LA TRAYECTORIA REFLECTANCIA DEL RECEPTOR EN R	dBm dBm dB dB	-28 -8 1 NA	-28 -8 1 NA	-28 -8 1 NA	-28 -8 1 27	-28 -28 1 14	-28 -28 1 27	-28 -28 1 14

TABLA No. 4

PARÁMETROS ESPECIFICADOS PARA INTERFACES ÓPTICAS STM-16

	UNID	VALORES					
SEÑAL DIGITAL BIT RATE	kb/s	STM-16 DE ACUERDO CON LAS RECOM G-707 Y G-958 2 488 320					
CÓDIGO		I 1 6	S 1 6 1	S 1 6 2	L 1 6 1	L 1 6 2	L 1 6 3
LONGITUD DE ONDA	nm	a) 1266-1360	a) 1260-1360	1430-1580	1280-1335	1500-1580	1500-1580
TRANSMISOR DE PUNTOS FUENTE TIPO CARACT. ESPECTR. MAX. ANCHO ESP. RMS. MAX. ANCHO DE (20 dB) MIN.FACT. DE SUPRESIÓN UNIMODAL POTENCIA MEDIA ACOPLADA MÁXIMO MÍNIMO RADIO DE EXTINCIÓN	nm nm dB dBm dBm dB	MLM 4	SLM 1 80	SLM <1 80	SLM 1 80	SLM <1 80	SLM <1 80
TRAYECTORIA ÓPTICA S.R. RANGO DE ATENUACIÓN DISPERSIÓN MÁXIMA PRESUPUESTO DE CABLE REFLECTANCIA MÍNIMA	dB ps/mm dB dB	0-7 12 24 27	0-12 NA 24 27	0-12 b) 24 27	10-20 NA 24 27	10-20 24 27	10-20 24 27
RECEPTOR EN R SENSITIVIDAD SOBRECARGA PENALIZACIÓN DE LA TRAYECTORIA REFLECTANCIA DEL RECEPTOR EN R	dBm dBm dB dB	-18 -8 1 27	-18 0 1 27	-18 0 1 27	-26 -10 1 27	-26 -9 2 27	-26 -10 1 27

TABLA No. 5

6. APLICACIONES DEL SISTEMA DE CROSCONEXIÓN.

1). *Aplicación en la red local.*

La aplicación del sistema de crosconexión en la red troncalera es en los enlaces de cobre de PCM, sustituyéndolos por enlaces de fibra óptica.

Esta sustitución se realiza debido a que el enlace de cobre es de punto a punto de baja velocidad y al enlace de fibra óptica es un anillo de alta velocidad como se muestra en la figura 5.

ARQUITECTURA EN ANILLO RED TRONCALERA ÓPTICA

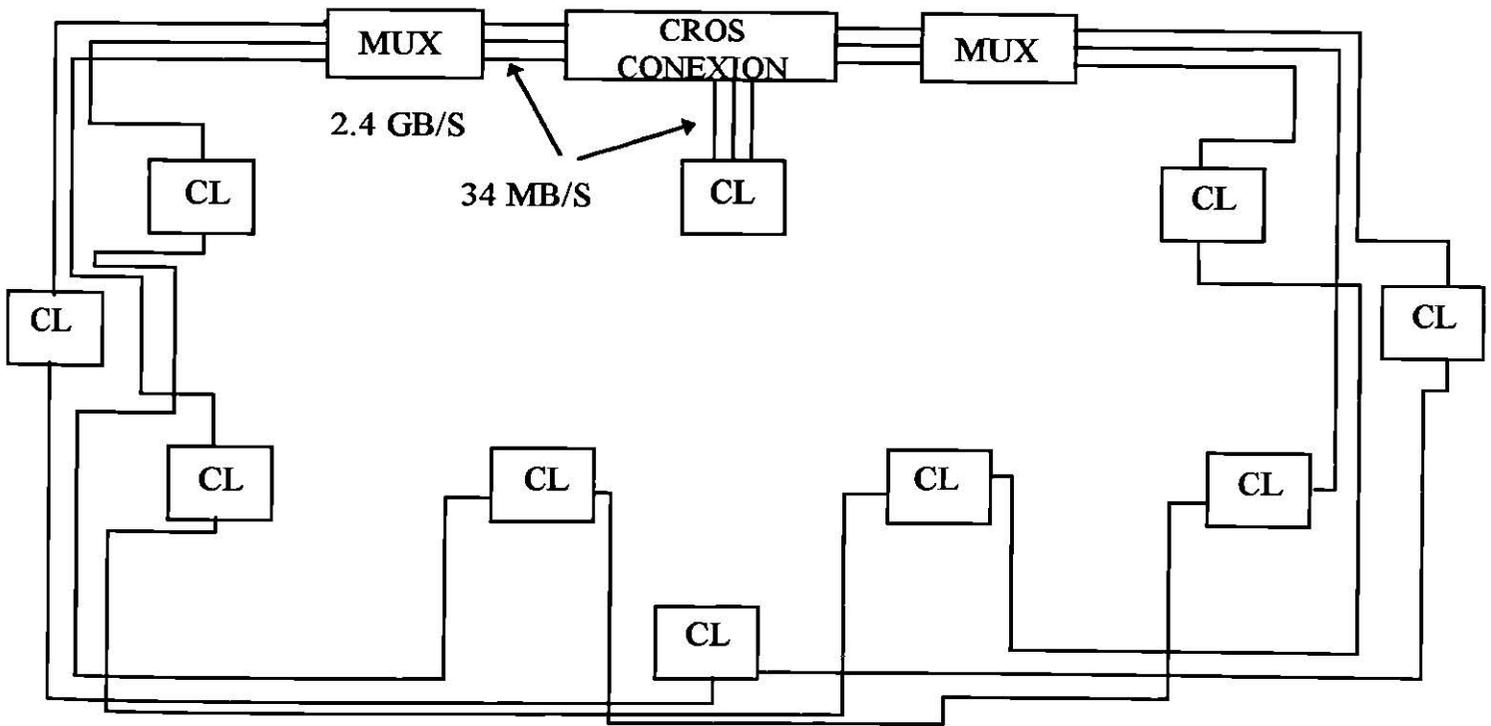


Figura 5

7. ARQUITECTURAS DE PROTECCIÓN SDH

1). *Arquitectura APS (switch de protección automática)*

A continuación se describe su función Figura 6.

- Se utilizan los bytes K1 y K2

- El byte K1 solicita un canal para la acción de conmutar.
- El byte K2 configura el canal puenteado en la línea de protección.
- Los bytes K1 y K2 viajan sobre la línea de protección.
- La reconfiguración desde el inicio de los mensajes K1 y K2 debe durar máximo 50 mseg.

PROTOCOLO APS EN SDH

- LOS BYTES K1 Y K2 VIAJAN SOBRE LA LÍNEA DE PROTECCIÓN
- LA RECONFIGURACIÓN DESDE EL INICIO DE LOS MENSAJES K1 Y K2 DEBE DURAR MÁXIMO 50 mseg.

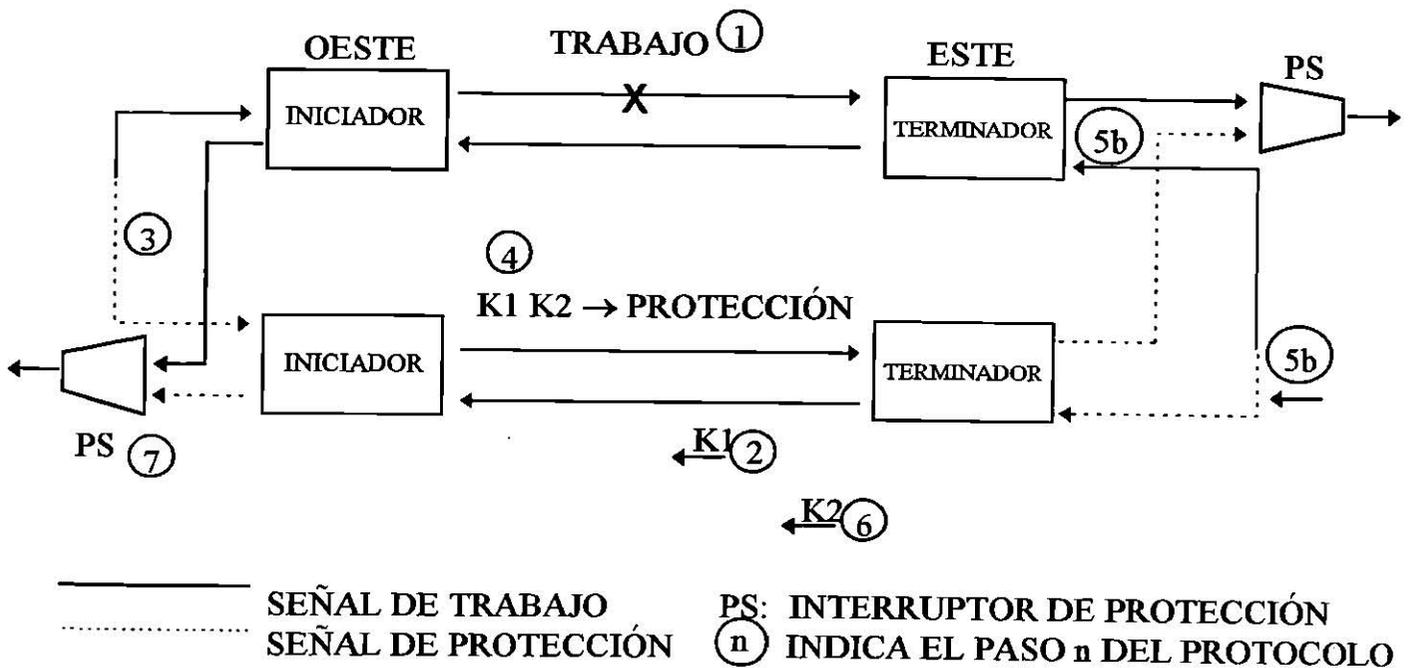


Figura 6

2). Arquitectura Dual Homing

En redes basadas en F.O. la caída de una localidad de concentración (HUB) puede aislar un área y/o el paso hacia otra. Si bien no es común esta falla, cuando ocurre puede ser de grandes consecuencias. Dual Homing significa la comunicación hacia otro HUB.

En esta arquitectura de protección se especifica un HUB local y se considera un HUB de protección. La capacidad de una central especial se divide entre el HUB local y el HUB de protección y se asegura que el 50% de la capacidad continúe aún si falla un HUB, Figura 7.

Si es necesario, además del Dual Homing se puede pensar en APS y DCS.

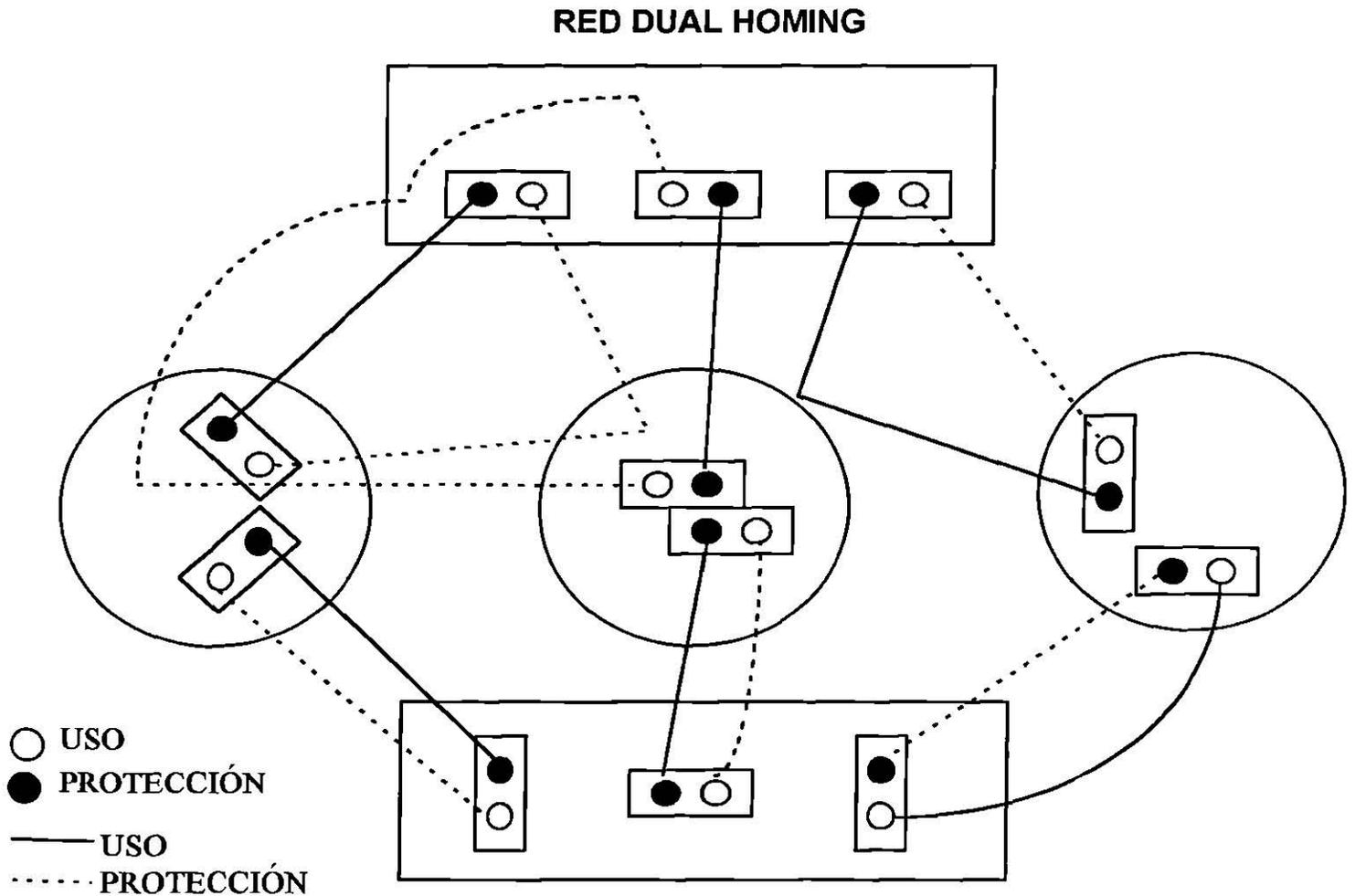


Figura 7

3). Anillo autorestableable simple unidireccional (USHR)

En esta arquitectura el tráfico de señal va en una sola dirección, si es 1+1 se envía la señal tanto por el anillo normal como por el de protección. El nodo receptor selecciona la mejor de las dos señales idénticas recibidas, Figura 8.

ESQUEMAS DE PROTECCIÓN

SDH

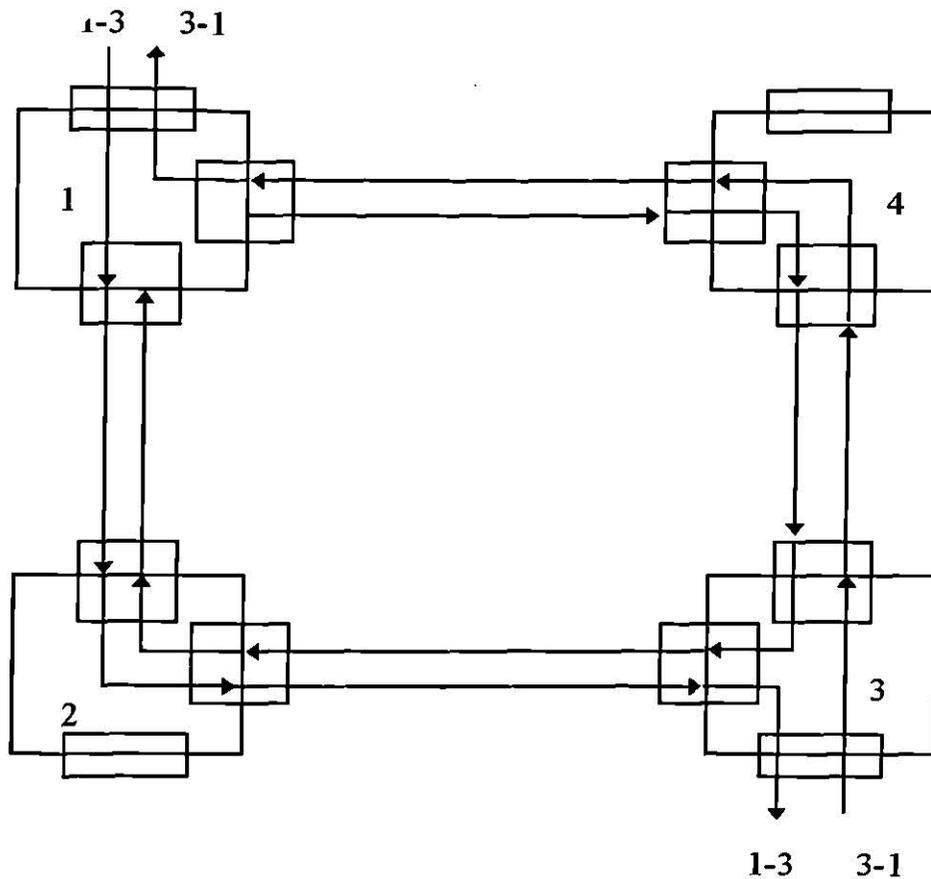


Figura 8

7.1 TÉCNICAS DE PROTECCIÓN DE ANILLOS AUTORESTAURABLES.

Hay dos técnicas de protección para estos anillos, éstas son:

a). Protección de línea

- Al nivel de línea, utilizando los bytes K1 y K2.
- Al interrumpirse el anillo se requiere control local y remoto para su recuperación.

b). Protección de enlace (trayectoria PATH).

- Al nivel de enlace (PATH AIS).
- Restablece el enlace entre tributarias y es independiente del enlace.

El tiempo de protección en una red PDH puede tener entre 200 a 300 mseg. En una red SDH utilizando el "line overhead" y considerando hasta 16 nodos ADM en un anillo, el tiempo para conmutar a la protección sería: $(16-2) \text{ nodos} \times 3 \text{ tramas} \times 125 \text{ mseg} = 5.25 \text{ mseg}$.

7.2 INTERCONEXIÓN DE ANILLOS SDH

La interconexión es sencilla con un ADM (multiplexor ADD-Drop) o con un DCS (sistema de crosconexión digital), o simplemente una interconexión doble con un DCS. Figura 9.

EJEMPLO DE INTERCONEXIÓN ENTRE SHR'S

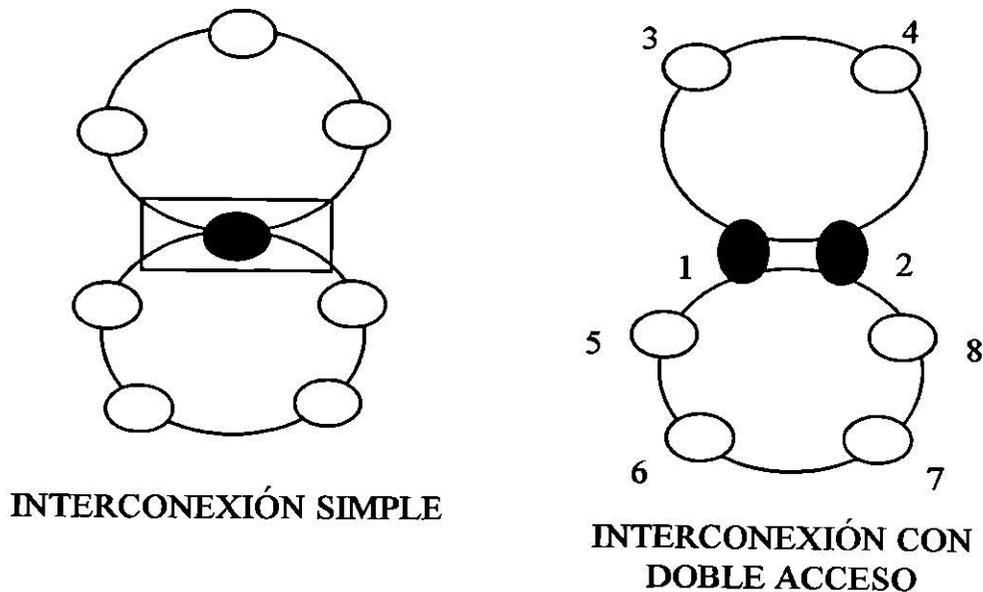


Figura 9

La red tiene mayor sobrevivencia al utilizar DCS pues la capacidad disponible (no en trabajo) se utiliza más eficientemente pero requiere un control más complejo (es más lógica).

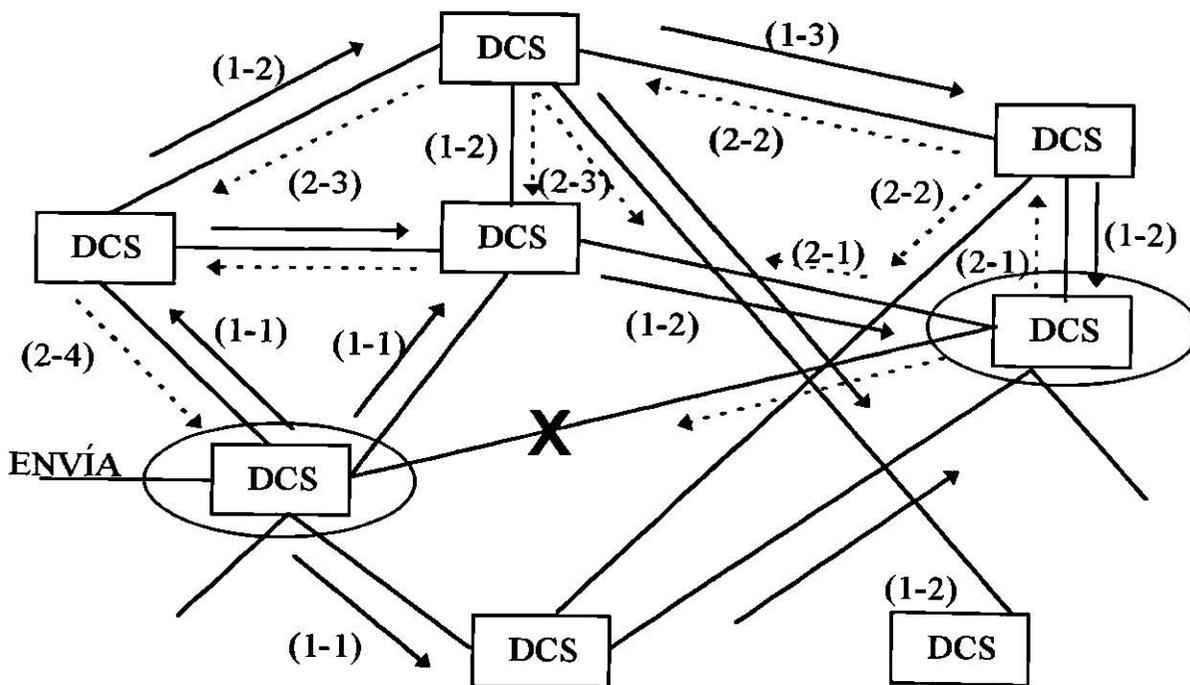
Los anillos ADM son diseñados por secciones y utilizan líneas de transmisión para protección (más física).

Los beneficios que brinda el DCS son los siguientes:

- ⇒ Reducción de costos de operación
- ⇒ Aumento de ingresos.
- ⇒ Mejor utilización del ancho de banda disponible.
- ⇒ Mejora de la sobrevivencia de la red.

La figura 10 nos muestra el ejemplo de una red distribuida basada en DCS.

EJEMPLO CON UNA RED DISTRIBUIDA



- MENSAJES DE DIAGNÓSTICO Y CREACIÓN DE TRAYECTORIA DE PROTECCIÓN
- MENSAJES DE CONFIRMACIÓN
- (a-b) a = 1 MENSAJES DE SOLICITUD DE TRAYECTORIA
- 2 MENSAJES DE CONFIRMACIÓN DE TRAYECTORIA
- b = EL PASO b (ESIMO) EN EL PROCESO DE BÚSQUEDA DE TRAYECTORIA

Figura 10

8. MODO DE TRANSFERENCIA ASÍNCRONA (ATM)

- Es una técnica de conmutación de paquetes de alta velocidad que utiliza paquetes de longitud fija denominados “células”.
- Combina las ventajas de:
 - ⇒ Conmutación de circuitos: alto rendimiento, bajo retardo y transparencia a la información.
 - ⇒ Conmutación de paquetes: eficiente uso del ancho de banda.
- Proporciona ancho de banda sobre demanda para cumplir los requerimientos de cualquier aplicación de usuario.
- Soporta una arquitectura “multiservicio” que permite a muchos usuarios compartir en forma simultánea la red, en un amplio rango de servicios actuales y futuros.
- Fue seleccionado como la técnica de multiplexaje y de conmutación para B-ISDN.
- Los estándares de ATM han sido aceptados por grupos internacionales de estandarización (ANSI, CCITT).

8.1 PRINCIPALES RECOMENDACIONES DEL CCITT PARA ATM Y B-ISDN.

- I.121 Aspectos de banda ancha de ISDN.
- I.150 Características funcionales de ATM B-ISDN.
- I.211 Aspectos de servicio de B-ISDN.
- I.321 Modelo de referencia de protocolos B-ISDN y sus aplicaciones.
- I.361 Especificación del nivel ATM B-ISDN.
- I.362 Descripción funcional del nivel AAL de ATM B-ISDN.
- I.413 Interfaz usuario de red (UNI) B-ISDN.

8.2 DESARROLLO CRONOLÓGICO DE ATM

- 1985 Inicio de trabajos para evolucionar ISDN (de banda angosta) a una red de banda ancha (B-ISDN) basada en fibra óptica.
- 1988 Es publicada la recomendación inicial del CCITT sobre B-ISDN (I.121).
- 1989 Se acuerda el tamaño de la célula en 53 octetos.
- 1990 Surge el primer estándar CCITT para ATM.
- 1991 Se crea el Forum ATM.
- 1992 El CCITT acordó 16 recomendaciones relacionadas con RDSI de banda ancha (B-ISDN) y con ATM.
- 1993 Aparecen los primeros servicios públicos de B-ISDN para transporte de datos.

8.3 VENTAJAS QUE PROPORCIONA UNA RED BASADA EN ATM

Una sola red es utilizada con interfaces estandarizadas para soportar diferentes servicios, ya sean actuales o futuros (voz, datos, video, multimedia, etc.).

- *Ganancia en rendimiento para tráfico de datos tipo ráfaga (como el de redes locales).*

El tráfico de datos utiliza el canal entero durante el instante que está activo.

- *Eficiencia del uso del ancho de banda.*

El tráfico no útil es removido (silencios en voz y “banderas” en datos por ejemplo).

- *Disponibilidad del servicio.*

El tráfico es enrutado completamente en caso de falla del enlace.

- *Calidad del servicio adaptable.*

El ancho de banda y el retardo pueden ser asignados de acuerdo a requerimiento de la aplicación.

8.4 CARACTERÍSTICAS DE ATM.

- Tecnología orientada a conexión, todas las células pertenecen a una conexión preestablecida.

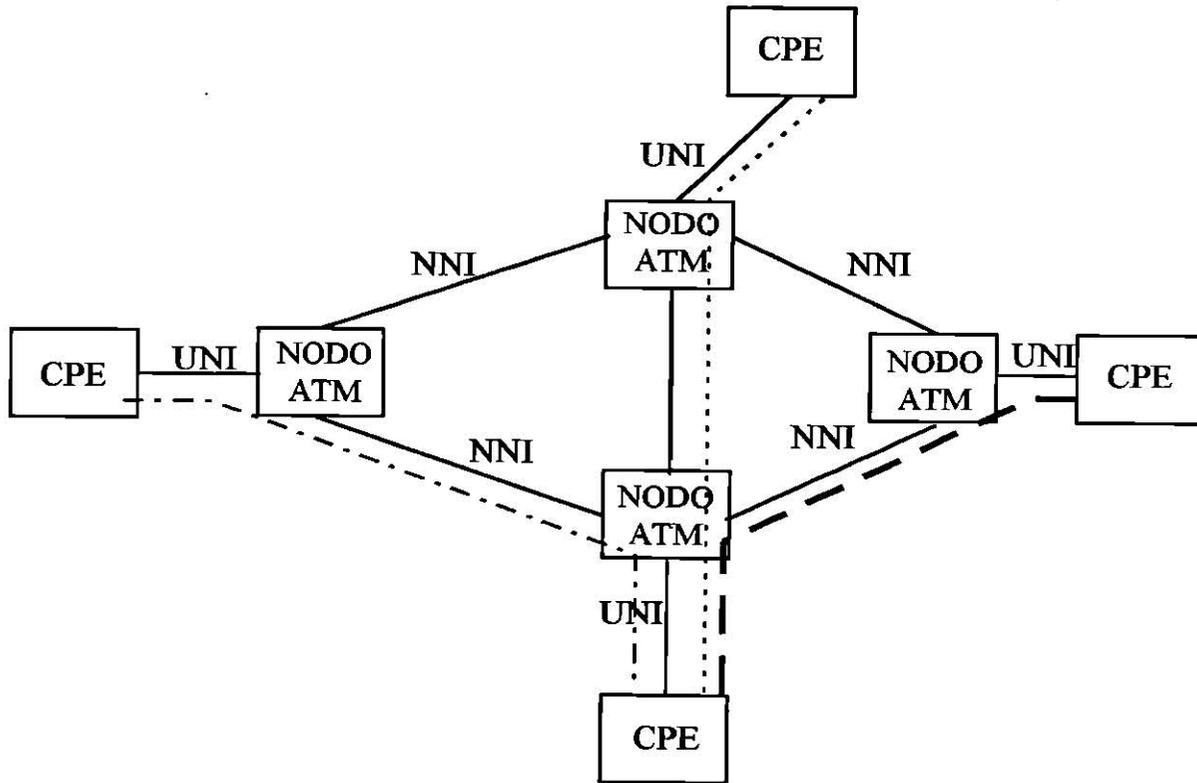
- La integridad de la secuencia es preservada a través de cada cada conmutador ATM para simplificar la reconstrucción del tráfico original en el destino.
- La selección del tamaño corto de la celda (53 octetos) reduce significativamente el “retardo extremo-a-extremo” y la “variación en retardo” (jitter).
- Velocidades de acceso en puerto desde 50 MBPS hasta 150 y 600 MBPS.

8.5 DEFINICIÓN DEL TAMAÑO DE LA CÉLULA

Los aspectos que se tomaron en cuenta para la definición del tamaño de la célula fueron:

- Eficiencia en la transmisión: determinada por la relación entre el tamaño del campo del encabezado y el tamaño del campo de información.
- Retardo: principalmente el retardo generado por el tiempo que la célula permanece en la red, impacta a servicios sensibles a este tipo de retardo (CBR).
- Complejidad en la implementación: este parámetro impacta directamente en la velocidad de procesamiento y tamaño de memoria de los procesadores de red.

DIAGRAMA BÁSICO DE UNA RED ATM



CPE - EQUIPO ATM USUARIO
NODO ATM - NODO DE CONMUTACIÓN ATM
- - - - - CONEXIÓN VIRTUAL 1
- - - - - CONEXIÓN VIRTUAL 2
· · · · · CONEXIÓN VIRTUAL 3
UNI - INTERFAZ DE USUARIO DE RED
NNI - INTERFAZ DE NODO DE RED

CAPITULO V

CARACTERIZACIÓN DE ENLACES DE FIBRA ÓPTICA MEDIANTE REFLECTOMETRÍA ÓPTICA EN EL DOMINIO DEL TIEMPO (OTDR)

CONTENIDO

- 1. DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL OTDR.**
- 2. TECNOLOGÍA PARA OTDR'S DE ALTO RENDIMIENTO**
- 3. MEDICIONES EN SISTEMAS DE CABLE ÓPTICO**

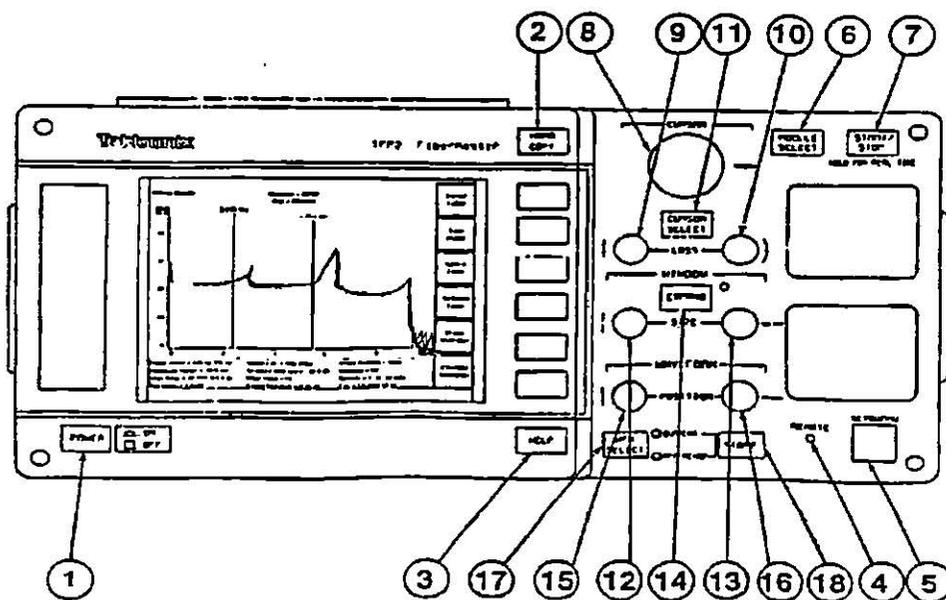
1.- DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL OTDR

INTRODUCCIÓN

El equipo utilizado para efectuar pruebas de atenuación en Fibras Ópticas se conoce como OTDR por las siglas que en inglés significan Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo. El modelo utilizado por IMTSA es el TPF-2 de Tektronix y en el presente resumen se hará mención únicamente a la operación de este aparato. Cuando en adelante se mencione la palabra FiberMaster se deberá entender como el programa que ejecuta el OTDR durante su operación. Los comentarios y observaciones únicamente intentan resolver algunas de las dudas que pudieran ocurrir al iniciarse en el manejo de este equipo. El fabricante por su parte ha incluido con cada aparato, un manual de referencia mucho más completo y el cual deberá ser consultado para abundar más en algún tema en particular.

1.1 EL PANEL FRONTAL

La parte frontal cuenta con un panel de botones que permiten manejar el OTDR desde su exterior.



EQUIPO OTDR - MOD. TPF-2 TEKTRONIX

1. POWER: Presionando este botón se enciende el OTDR e inicia la rutina de inicialización y el programa FiberMaster. Presionándolo de nuevo se apaga el equipo.

2. HARD COPY: Cuando se oprime este botón el contenido actual de la pantalla se imprime a través de la impresora seleccionada en el menú de definición de parámetros (CHANGE SETTINGS).

3. HELP: Al oprimir este botón se muestra en la pantalla información acerca de la operación que se esté ejecutando en el FiberMaster. Presionándolo otra vez la pantalla vuelve a la operación en que estaba.

4. REMOTE: Este se usa como función especial y cuando el OTDR está en operación a control remoto.

5. KEYBOARD: Se conecta aquí un teclado exterior y opcional compatible con IBM-AT.

6. MODULE SELECT: Con este botón se selecciona la fuente láser a usar. Se puede optar por ahora entre una longitud de onda de 1330 ó 1550 nm. Cada vez que se presiona el botón se va alternando entre una y otra.

Ciertos parámetros son específicos al láser, por ejemplo, el índice de refracción y el coeficiente de retrodispersión son característicos de la longitud de onda. Cuando se cambia el láser, éstos últimos se ajustan al valor usado con esta longitud de onda la última vez.

7. START/STOP: Cuando se presiona este botón inicia una nueva adquisición de datos para la construcción de una gráfica en la memoria actual (MEMORY CURRENT). Dicha adquisición se realiza conforme a los parámetros definidos e indicados bajo la pantalla. La adquisición termina cuando el número de muestras y promediados se completa. Si una adquisición está en progreso, presionándolo de nuevo se detiene.

Si la gráfica se expande hasta mostrar solo 100 puntos (presionando el botón de EXPAND y girando las perillas de tamaño horizontal SIZE), presionando el botón de START/STOP inicia una adquisición en el modo de alta densidad.

8. CURSOR: Girando la perilla de CURSOR se mueve la distancia activa del cursor a través de la pantalla hasta algún punto donde se quiera una medida. Un

cursor de distancia se muestra en los modos de SPLICE LOSS y EVENT RETURN LOSS, y dos en los modos PREVIEW TWO POINTS y LINK RETURN LOSS. La distancia medida desde el frente del OTDR se indica junto a cada cursor. Cuando se muestran los cursores de distancia, el botón CURSOR SELECT permite elegir cuál es el que está activo.

En el sistema de menús, usando la perilla de CURSOR se seleccionan los valores de los parámetros y caracteres alfanuméricos.

9. LOSS vertical: Esta perilla es activa en los modos de TWO POINTS, SPLICE LOSS, LINK RETURN LOSS y EVENT RETURN LOSS. Permite ajustar manualmente la posición hacia arriba o hacia abajo del cursor activo, para el cálculo de pérdidas.

10. LOSS: de inclinación: Esta perilla es igualmente activa en los mismos modos que la anterior y permite rotar manualmente el cursor de pérdidas activo.

11. CURSOR SELECT: Presionándolo se selecciona el cursor activo en pantalla. Este aparece siempre con una intensidad mayor para diferenciarlo del inactivo.

12. SIZE vertical: Con su ayuda se expande o contrae la ventana en forma vertical.

13. SIZE horizontal: Sirve para ampliar o contraer la ventana en forma horizontal.

14. EXPAND: Presionando este botón se cambia del modo normal de la pantalla al modo expandido. El tamaño de la imagen mostrada en el modo expandido se define de acuerdo con el tamaño de la ventana de expansión (recuadro sombreado), el cual se ajusta usando las perillas de SIZE explicadas antes. El indicador próximo al botón de EXPAND se ilumina cuando la pantalla está en el modo expandido.

15. POSITION vertical: Girando la perilla del lado izquierdo se mueve la forma de onda activa hacia arriba o hacia abajo de la pantalla.

16. POSITION horizontal: Girando la perilla del lado derecho se mueve la forma de onda activa hacia la izquierda o derecha de la pantalla.

17. WFM SELECT: Presionando este botón se selecciona cuál de las dos formas de onda se va a mostrar en pantalla. Las dos gráficas o formas de onda son: la adquisición que reside en la memoria actual (CURRENT) y la forma de onda de “referencia” que reside en la memoria de referencia (REFERENCE).

Cuando el equipo está en Doble Trazo, ambas gráficas se muestran a la vez. La gráfica activa (CURRENT) se ilumina más que la otra y, puede moverse y utilizarse para hacer mediciones. Si no está activo el modo de doble trazo, solo aparece la gráfica activa (CURRENT). El indicador próximo al botón WFM SELECT muestra cual de las formas de onda se está manejando.

18. STORE: Al presionar éste botón se almacena la forma de onda activa (CURRENT) en lugar de la que hubiera como referencia (REFERENCE), además se guardan también ahí los parámetros, fecha, etc. con que fue tomada. El contenido de lo que hubiere en la memoria de referencia se pierde.

1.2 EL ENCENDIDO

El equipo debe ser manejado con mucho cuidado y precaución pues, como se sabe, este tiene un alto costo. Cerciórese antes que nada que la ubicación y posición del aparato es segura y exenta de riesgo de que el equipo sea golpeado o sufra alguna caída.

La alimentación puede ser hasta de 220 VAC ó de 12 VDC, la cual se selecciona usando un cable distinto y conectándolo en la parte posterior del aparato.

El botón de encendido se encuentra en la parte del frente y bajo la pantalla. Al oprimirlo se inicia interiormente una rutina automática que prepara al equipo para poderse utilizar. La forma de saber que el equipo está listo para utilizarse es cuando aparece la pantalla final de esta rutina:

TEKTRONIX		11:32:26 0/10/1992	System R4 05C Display GI 18A Date 8/05/92	
<h1>FIBERMASTER</h1>		Copyright 1990, 1991, 1992 Tektronix Inc. All Rights reserved		
Please select a module and a pulsewidth and connect a fiber. Press START/STOP to begin an acquisition				
Optics Modules		The internal printer is installed		
(U1) 1310SM (V3.03) (U2) 1550SM (V3.03) (L1) 050MM (V3.04) (L2) 1300 MM (V3.04)		There is a floppy disk drive installed		
Instrument Settings		Mass Storage		
Pulse width - 20 ns (2 m) Maximum Range - 4.0 km Max Avgs - 1,024 (9.7 s) Ref. Index - 1.4776 Slope Calc - Two Point Scattler Coefficient - 62.3 d g		Dual Trace - Off Event Thresholds - 0.20 d g Event Marking - Auto Marking - NA Module - 850 MM (L1) Source - Empty		Change Settings

Figura No. 2 FiberMaster Start-Up Screen

1.3 LAS CONEXIONES

El equipo tiene en su parte frontal un conector para fibra óptica que será utilizado para enlazar el láser interno con la fibra bajo prueba. Con la ayuda de un puente de algunos metros de fibra óptica con una recubierta especial que la hace flexible (conocido como "pig tail"). La conexión debe ser cuidadosa y no sin antes limpiar los conectores y/o fibra óptica con alcohol isopropílico y tela libre de goma o aquellos materiales recomendados para esto.

El diagrama de conexiones de fibra óptica se muestra en la Figura No. 3:

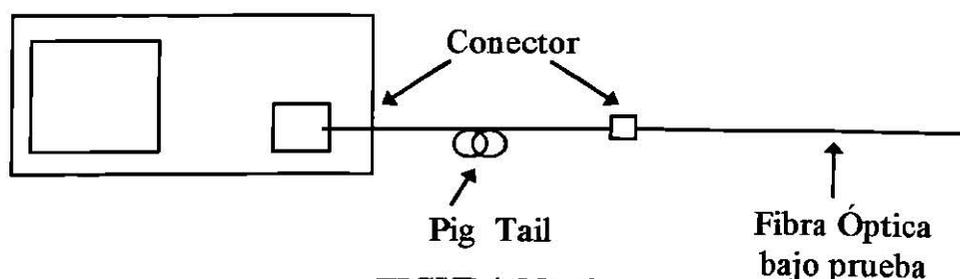


FIGURA No. 3

1.4 LA PANTALLA

En términos generales y durante la operación del equipo, la pantalla se distribuye en ciertas áreas, de las cuales a continuación se dan algunos detalles en la Figura No. 4:

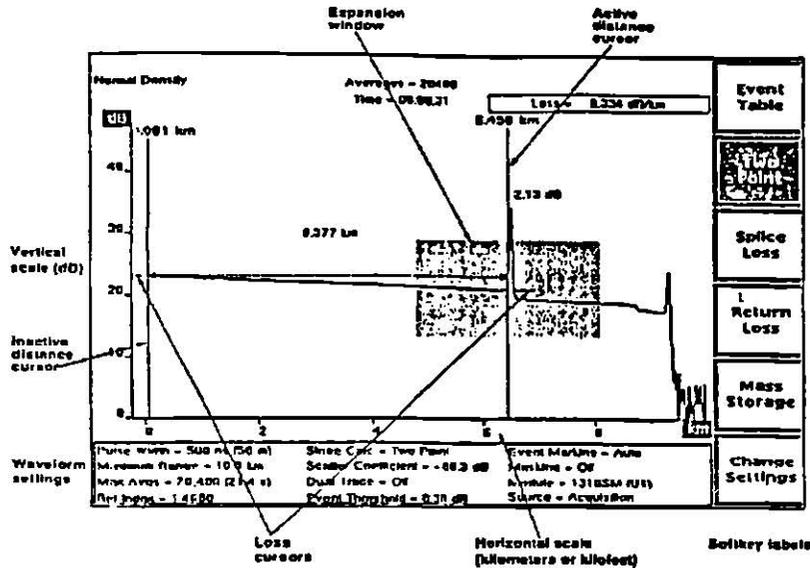


Figura No. 4 Datos y Valores en Pantalla

1. La parte de abajo de la pantalla permite observar los parámetros definidos con que se realiza (ó) la prueba. (ver punto 6).
2. Cinco recuadros colocados verticalmente del lado derecho dan oportunidad de tener acceso a opciones del programa, las cuales se indican con mensajes en su interior. La forma de optar por alguna de ellas es mediante los botones negros a su lado derecho.
3. El área principal de las adquisiciones es decir, donde se muestra la gráfica obtenida, se encuentra al centro. De hecho es la que ocupa mayor espacio y tiene en el eje vertical, divisiones en dB; y en el eje horizontal indica los Km ó mts. de la gráfica mostrada.
4. Un recuadro sombreado que se ubica en el cruce de la curva y el cursor, indica la parte que será expandida. (se manipula con ayuda de los botones "EXPAND", y mencionados en el punto 2).

5. En algunas rutinas del programa aparecen cinco cuadros horizontalmente en la parte superior que, titulados así, dan opción a algunas rutinas del programa por medio de la tecla negra ubicada horizontalmente a su derecha.

1.5 DEFINICIÓN DE PARÁMETROS (CHANGE SETTINGS)

Después de que ha aparecido la pantalla de inicio al programa FiberMaster (mostrada en el punto 2), pueden variarse los parámetros definidos previamente por programa para la inicialización del equipo. Se accesa a los menús y rutinas para hacer cambios oprimiendo la tecla que indica CHANGE SETTINGS.

Los cambios a dichos parámetros se controlan por un conjunto de menús que aparecen en pantalla, sus funciones básicas son las siguientes:

- WAVEFORM SETTINGS: El menú de parámetros de la forma de onda aparece en forma de pequeñas pantallas verticales sobrepuestas a la imagen e indican las opciones y valores posibles por seleccionar. El FiberMaster utiliza estos valores definidos para la adquisición de datos y mediciones. Se incluyen por ejemplo: el rango máximo, ancho de pulso, número de promediados, etc.
- OPERATOR SETTINGS: Se cambian aquí los datos de la fibra, notas, el nombre del operador, etc.
- SYSTEM SETTINGS: En este menú se tiene acceso a cambiar o definir características de los dispositivos de entrada/salida como son: las interfaces RS232 y GPIB, la impresión, intensidad de la pantalla, etc.
- USER DEFAULT: Este menú permite cambiar los parámetros que el fabricante ha instalado para el arranque del equipo.
- REMOTE: Se utiliza para funciones especiales más avanzadas.

1.5.1 WAVEFORM SETTINGS

Después de presionar CHANGE SETTINGS se entra a la configuración de menús y la opción de parámetros de la forma de onda se muestra en pantalla. Con

ayuda de las teclas colocadas en forma vertical junto a la pantalla y la de cursor se pueden hacer los siguientes cambios:

- ***Next Menu*** - Oprimiéndola se cambia a otro de los menús principales y se indica sombreándolo en la parte superior de la pantalla.
- ***Next Param*** - Con esta opción se puede cambiar el parámetro a modificar notando que en la parte inferior de la pantalla se sombrea aquel parámetro que está siendo modificado. En pantalla con un recuadro sobrepuesto se dan las opciones a elegir y un renglón más oscuro indica el de su valor actual. Cuando se oprime se da por entendido el valor sombreado.
- ***Prev Param*** - Se regresa al parámetro anterior.
- ***Exit*** - Se regresa a la pantalla de adquisición considerando como válidos aquellos datos seleccionados.

Los parámetros definidos por “default” en fábrica son:

Power On Defaults

FiberMaster's factory-set power-on settings are as follows:

<input type="checkbox"/> Display mode*	Overview
<input type="checkbox"/> Measurement mode*	Preview
<input type="checkbox"/> Wavelength	Top laser in bottom module
<input type="checkbox"/> Expansion window size*	20% of screen width (limited by waveform length) and 50% of screen height
<input type="checkbox"/> Pulse width*	850 MM = 2 m; 1300 MM = 50 m; 1310 SM = 200 M; 1550 SM = 200 m.
<input type="checkbox"/> Maximum range*	850 MM = 4 km; 1300 MM = 10 km; 1310 SM = 50 km; 1550 SM = 50 km
<input type="checkbox"/> Maximum no. of averages	1024
<input type="checkbox"/> Retractive index	850 MM = 1.4776; 1300 MM = 1.4719; 1310 SM = 1.4680; 1550 SM = 1.4680
<input type="checkbox"/> Slope calculation*	Two point
<input type="checkbox"/> Scattering coefficient	850 MM (62.5 μm core diameter) = - 62.3; 1300 MM (62.5 μm core diameter) = - 69.7) 1310 SM = - 80.3; 1550 SM = - 82.3
<input type="checkbox"/> Dual trace*	Off
<input type="checkbox"/> Event threshold	0.20 dB
<input type="checkbox"/> Event marking	Auto
<input type="checkbox"/> Masking type	Off
<input type="checkbox"/> Fiber ID*	Blank
<input type="checkbox"/> Operator*	Blank
<input type="checkbox"/> Fiber notes*	Blank
<input type="checkbox"/> Display Intensity	Medium
<input type="checkbox"/> Display color	Color
<input type="checkbox"/> Sound	On
<input type="checkbox"/> Date format	M/D/Y
<input type="checkbox"/> Units	Metric
<input type="checkbox"/> Keyboard translation	USA
<input type="checkbox"/> Hardcopy device	Internal If printer option installed, if not, RS232 Epson
<input type="checkbox"/> GPIB status*	Online
<input type="checkbox"/> GPIB address ¹	7
<input type="checkbox"/> RS232 baud rate	9600 bits per second
<input type="checkbox"/> RS232 parity	None
<input type="checkbox"/> RS232 stop bits	1
<input type="checkbox"/> RS232 data bits	8
<input type="checkbox"/> RS232 flow control	XON/XOFF

* The settings marked with an asterisk are always reset to the initial factory-set values at power on. For example, every time you turn on the instrument, it enters preview mode. User-selected power-on defaults can be defined for the remaining settings (except GPIB address) via the User Defaults menu, described later in this chapter. Until you specify a user-defined default, the factory default is used as the power-on default.

¹ The GPIB address is factory set to 7. The power-on default is always the value last used.

1.6 ADQUISICIÓN DE DATOS (LA PRUEBA)

La adquisición de datos de una fibra óptica conectada al equipo inicia en el momento en que se oprime el botón de START/STOP ubicado en la esquina superior derecha, un led indicador parpadea junto al conector del láser lo cual indica que se está llevando a cabo la prueba y éste está operando.

Cuando el botón de START/STOP se oprime, el OTDR realiza la prueba con los parámetros indicados en la parte inferior de la pantalla.

La adquisición de datos se indica además con: el movimiento de un asterisco en la esquina inferior de la gráfica, un reloj de péndulo y un pequeño triángulo. Cuando estos han desaparecido y el led se ha apagado, la gráfica debe mostrar la curva de pérdidas en el enlace de fibra óptica bajo prueba.

Si durante el proceso de adquisición se oprime de nuevo el botón de START/STOP la operación se suspende.

A continuación se mencionan las opciones más usadas para observar con detenimiento la gráfica:

1.6.1 EXPANDIR PARTE DE LA PANTALLA (EXPAND)

Como ya se mencionó antes en el punto 5 y 2, existe un arreglo de dos perillas y un botón que dan oportunidad de expandir el recuadro sombreado sobre la pantalla.

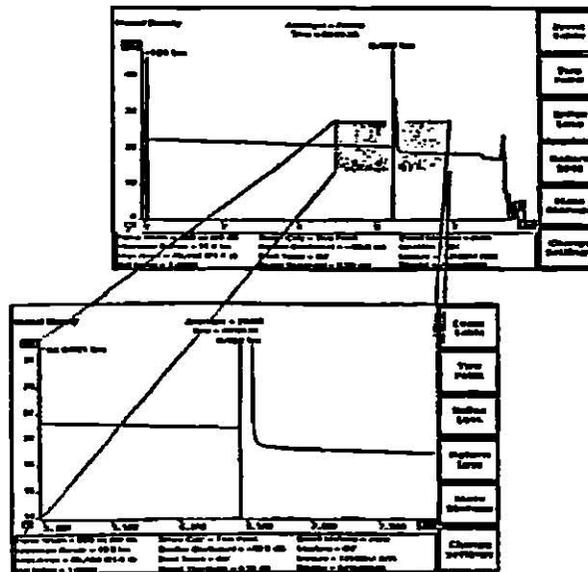


Figura No. 5 Expansión de Pantalla - Vista Total (arriba) - Vista Expandida (Recuadro)

Procedimiento:

- a) Con ayuda del cursor ubicar el recuadro sombreado sobre el área que se desea ampliar.
- b) Moviendo las perillas de \leftrightarrow y \updownarrow puede adecuarse exactamente el tamaño del área por expandir.
- c) Al oprimir el botón "EXPAND" la pantalla es ocupada ahora por una ampliación del área seleccionada.

Cuando en la pantalla se hace uso del modo expandido el led colocado junto al botón de "EXPAND" se enciende además, puede observarse que el recuadro sombreado ha desaparecido.

Las perillas marcadas con \leftrightarrow y \updownarrow van a permitir ampliar tal vez un poco más esta parte de la gráfica.

Para dejar esta opción y volver a ver la gráfica original basta con oprimir de nuevo el botón "EXPAND".

1.6.2 PÉRDIDAS ENTRE DOS PUNTOS (TWO POINT)

Se entra al modo de dos Puntos presionando la tecla del TWO POINT y, después que ésta se ilumina. Este método permite evaluar las pérdidas de un enlace de F.O., siempre considerando la distancia entre 2 cursores.

Con ayuda de los dos cursores de distancia (líneas verticales) estos se pueden colocar en dos puntos cualesquiera y se podrá observa que una línea punteada horizontal evalúa la distancia entre ellos, además de que las pérdidas aparecen en dB junto al cursor activo.

Las pérdidas por unidad de distancia entre los dos cursores se calculan y aparecen en el recuadro superior derecho de la pantalla.

Si se desea salir del modo TWO POINT, oprima la tecla por 2 segundos y/o hasta que se apague su ventana sobre la pantalla.

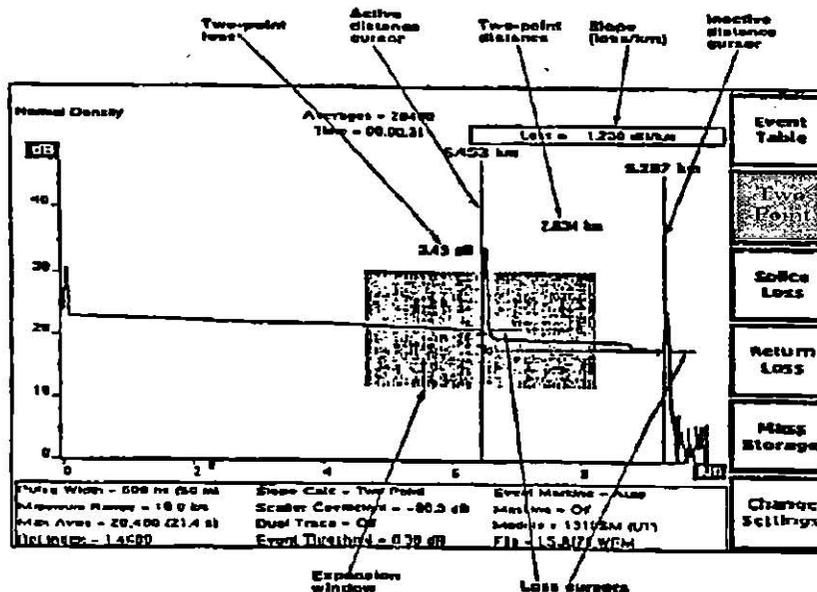


Figura No. 6 Modo de Dos Puntos - (Cálculo de los dos puntos)

1.6.3 PÉRDIDAS DE EMPALME (SPlice LOSS)

Se tiene acceso a éste modo de medición presionando la tecla de SPLICE LOSS. Con éste método se pueden medir las pérdidas de un evento en particular sobre la fibra óptica como son el conector ó el empalme.

Durante éste método hay solamente un solo cursor de distancia (vertical) y dos cursores de pérdidas (horizontales) colocados uno a cada lado del cursor de distancia.

Cuando se mueve el cursor de distancia con ayuda de la perilla de CURSOR, se realiza el cálculo automático de las pérdidas del empalme cercano con respecto a la nueva posición del cursor. Las pérdidas (ó ganancia) del evento se muestran a la izquierda del cursor.

En el modo Automático, los cursores de pérdidas aparecen como una aproximación lineal de la pendiente de la curva. Si se desea (aunque no se recomienda al principio) la inclinación y posición vertical de dichos cursores puede variarse de forma manual con ayuda de las perillas marcadas LOSS (IZQUIERDA Y DERECHA).

Se puede salir del modo SPLICE LOSS con volver a presionar el botón por dos segundos ó hasta ver que se apaga su ventana sobre la pantalla.

1.6.4 TABLA DE EVENTOS (EVENT TABLE)

Si así se ha definido entre los parámetros de inicio para la opción **EVENT MARKING** como **AUTO**, el equipo evaluará y marcará automáticamente con un pequeño triángulo bajo la gráfica, aquellos eventos que rebasen el valor definido como **EVENT THRESHOLD** (ambos parámetros se indican bajo la pantalla).

En memoria existe una parte reservada para almacenar una tabla con información importante acerca de los “eventos”. Se puede acceder a ella oprimiendo la tecla superior que indica el recuadro **EVENT TABLE**, al hacer esto el menú de opciones vertical cambia y aparece en pantalla la Tabla de Eventos.

Con un renglón sombreado se indica sobre la lista algún evento en particular, la perilla de **CURSOR** puede servir para cambiar su posición.

Entre las opciones que ofrece éste nuevo menú vertical están:

- **EVENT NOTES** - Permite almacenar información alfanumérica acerca de algún (os) evento (s) en particular.
- **NEXT PAGE** - Ir a la siguiente página de eventos, en caso de que el total no cupiera en una página.
- **PREV PAGE** - Ir a la página anterior.
- **EXIT TO EVENT** - Si el renglón sombreado se encuentra encima de algún evento que sea de nuestro interés, se puede oprimir ésta opción y la gráfica mostrará el cursor colocado exactamente sobre el evento en cuestión.
- **EXIT** - Al igual que en otros casos, permite salir del menú de **EVENT TABLE** y regresar al menú principal.

1.7 IMPRIMIR

Una copia en papel de lo que muestra la pantalla se puede obtener si se oprime la tecla de **HARD COPY**.

La impresora puede ser interna o externa de acuerdo con la programación y conexiones. Para más detalles al respecto consultar el manual del fabricante.

1.8 ALMACENAMIENTO EN DISCO (MASS STORAGE)

Esta opción del menú principal permite guardar y/o cargar formas de onda hacia ó, desde un “floppy” ó disco removible de 3 1/2”. Entrando a ésta opción del programa aparecen en pantalla 4 menús colocados horizontalmente en la parte superior, que ofrecen las siguientes opciones:

- **LOAD FROM DISK** - Cargar una curva desde el disco.
- **SAVE TO DISK** - Salvar o guardar una curva en disco.
- **FORMAT** - Preparar un disco nuevo para escribir sobre él.
- **DELETE** - Borrar archivos en disco.

1.8.1 LOAD FROM DISK

Al sombrearse esta opción en la parte superior, en el lado derecho de la pantalla puede oprimirse la opción **LOAD**. Esto hará que el OTDR lea la curva grabada en el disco y, que en ese momento se encuentra sombreada sobre la pantalla.

Puede optarse por leer desde el disco bajo dos alternativas:

- **CURR MEMORY**- Al oprimir ésta tecla, la curva va a ocupar la memoria dedicada a la gráfica actual.
- **REF MEMORY** - Al oprimir esta opción la curva se almacenará en la memoria llamada de referencia.
- **EXIT** - Esta tecla permite salir del menú de **MASS STORAGE**.

1.8.2 SAVE TO DISK

Teniendo una forma de onda en la memoria **ACTUAL** ó de **REFERENCIA** del OTDR puede grabarse en disco usando ésta opción. Se tiene acceso a **SAVE TO DISK** después de entrar al menú de **MASS STORAGE** y cambiando con la tecla de **NEXT MENU** hasta sombrear el menú superior de **SAVE TO DISK**.

Debe introducirse el nombre que se le dará al archivo con ayuda de la perilla de **CURSOR** y las teclas de **NEXT CHAR** (próximo carácter) y **DELETE CHAR** (borrar carácter).

Existen 4 formas de guardar gráficos en el disco:

- **CURR WFM & SETTINGS** - Graba la forma de onda actual y sus parámetros.
- **REF WFM & SETTINGS** - Graba la forma de onda de referencia y sus parámetros.
- **CURR SETTINGS** - Graba sólo los parámetros actuales del equipo.
- **CANCEL** - Regresa al menú principal de SAVE sin grabar ningún dato.

2. TECNOLOGÍA PARA OTDR'S DE ALTO RENDIMIENTO

- **Lasers pulsados de alta potencia.**
(50 - 100 milliwatt).
- **Detectores de bajo ruido.**
($< 1 \text{ pA/Hz}$).
- **Switches para alta resolución.**
(DZ < 15 metros).
- **Amplificadores de gran ancho de banda y bajo ruido.**
($< 1 \text{ pA/Hz}$).
- **Microprocesadores rápidos.**
(MC68000 + Display Processor).
- **Software del sistema operativo.**
(diseñado específicamente para el OTDR).
- **Software de análisis.**

2.1 CARACTERÍSTICAS DE UN BUEN SOFTWARE DE ANÁLISIS PARA EL OTDR

- **Capaz de distinguir entre ruido y eventos**
- **Mediciones exactas de pérdida de retorno, localización y pérdida por evento.**
- **Rápido y repetible.**
- **Reporta pérdida en la fibra y distancia entre eventos.**
- **Reporta pérdida total entre dos eventos cualquiera (link loss).**
- **Marca de eventos en la forma de onda.**
- **Proporciona tabla de eventos.**

2.2 FUNDAMENTOS DE LOS OTDR'S

a) Tipos de OTDR

- Coherente.
- Sensitivos a la polarización.
- Solo reflectivos.
- Detección directa.
 - ⇒ utiliza lasers semiconductores.
 - ⇒ promedia la señal.
 - ⇒ utiliza detector APD.

b) Configuraciones

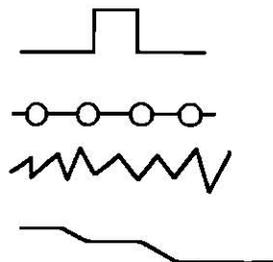
- Monolítico, todas las funciones.
- Rack-mount.
- Control remoto.
- Lap-top.
- Mini OTDR.
- Localizador de fallas.

c) Prueba de componentes

- Fin de la fibra.
- Conectores.
- Conexión por fusión (fusion splices).
- Conexión mecánica (mechanical splices).
- Pérdida en la fibra.

d) Exactitud en la medición

- Resolución (ancho de pulso).
- Espaciamiento de las muestras.
- Relación señal a ruido
- Exactitud en la marca de eventos.



FACTORES QUE AFECTAN LA EXACTITUD EN LA MEDICIÓN DE DISTANCIA

Especificación de la exactitud en distancia:

“ $\pm 0. xxx \% \pm$ espaciamiento de muestras \pm error por índice de refracción”

Factor	Descripción	Comentarios
$\pm 0. xxxxx \%$	error debido a inexactitud en el reloj	Se multiplica por la distancia total Nota: $\pm 0.001 \% = 1 \times 10^{-5}$
\pm espaciamiento de muestras	incertidumbre en la posición de los datos	
error por índice de refracción		siempre es el mayor error

Ejemplo: (1) error debido a inexactitud en el reloj = $\pm 0.001 \%$
 (2) espaciamiento de muestras = 0.5 meter,
 (3) error por índice de refracción = 0.1%
 (4) distancia total = 50 km

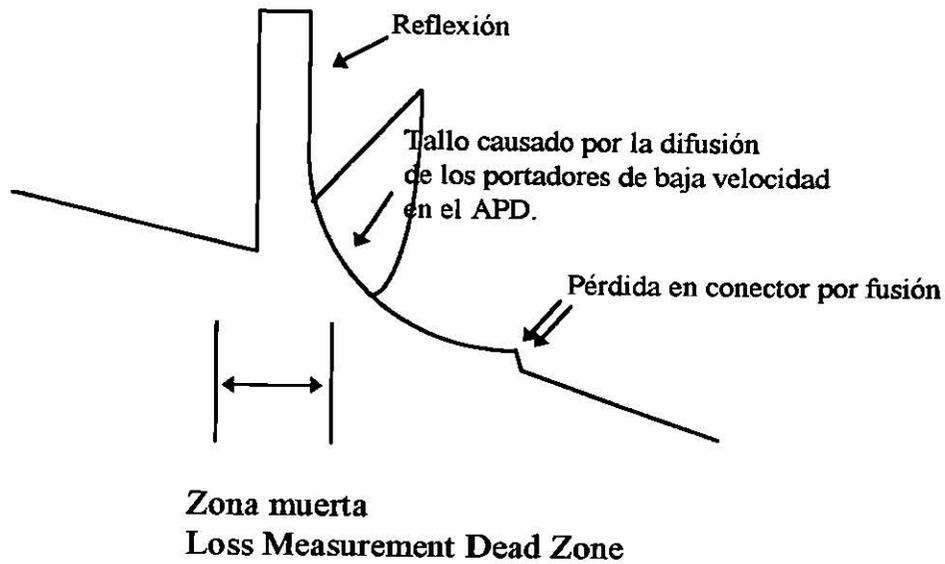
$$Dx = \pm[(0.00001 \times 50,000 \text{ m}) + (0.5 \text{ m}) + (0.001 \times 50,000 \text{ m})]$$

$$= \pm[0.5 \text{ m} + 0.5 \text{ m} + 50 \text{ m}] = \pm 51 \text{ m}$$

2.3 CARACTERÍSTICAS DEL OTDR

- Evento de zona muerta.
- Medición de pérdida en zona muerta.
- Pérdida de retorno.
- Rango Dinámico.
- Linealidad.

CARACTERÍSTICAS DEL OTDR - LOSS MEASUREMENT DEAD ZONE -



2.4 Pérdida de retorno

Return Loss = $10 * \log_{10}$	$\frac{\text{POTENCIA REFLEJADA}}{\text{POTENCIA INCIDENTE}}$
--------------------------------	---

- Razones para prevenir grandes pérdidas de retorno:
 - * Reflexiones pueden producir interferencia con el láser.
 - * Reflexiones pueden producir ecos.
 - * Interferencia con el láser y los ecos pueden producir una tasa mayor de errores en la transmisión.

ANCHO DE BANDA, RUIDO, RESOLUCIÓN Y RANGO DINÁMICO

Ancho de Banda	Alto	Medio	Bajo
Ruido			
Forma de pulso (resolución)			
Rango Dinámico	bajo	medio	alto

3.- MEDICIONES EN SISTEMAS DE CABLE ÓPTICO

El Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo (OTDR) es una herramienta sumamente versátil para mediciones de sistemas ópticos. El OTDR es capaz de medir y detectar eventos sobre la fibra tales como conectores, empalmes y discontinuidades. Las mediciones más comunes en los sistemas ópticos incluyen:

- a) La pérdida causada por la fibra.
- b) Comprobación de la calidad del panel de distribución.
- c) Medición de la calidad de la fibra y del panel de distribución.
- d) Mediciones sobre un evento en particular (conectores o empalmes).
- e) Medición de la pérdida total del sistema incluyendo los puntos terminales.

Los OTDR tales como el **TFP2 Fiber Master2** o el **Mini-OTDR TFS3031 FiberMini** cuentan con dichas funciones con la apropiada configuración y correcta medición.

Este instrumento realiza la medición de las pérdidas de un sistema mediante la comparación de niveles de retrodifusión. La retrodifusión es la cantidad de luz reflejada por la fibra, la cual será representada en la pantalla del instrumento como una línea recta de pendiente negativa. La pérdida del sistema es la diferencia vertical de un evento (conector, empalme) o el cambio vertical total cuando se realizan mediciones sobre tramos de fibra. Ver Fig.1.

Se utilizarán la siguiente simbología para representar diferentes segmentos del sistema:

Fibra bajo Prueba	
Conector	
Cable de Puenteo	
OTDR	

Nota: El **TFP2A FiberMaster** cuenta con una sección interna de fibra que permite al usuario medir las pérdidas desde el conector del panel frontal. El símbolo OTDR muestra un pequeño cable de puenteo unido al conector del panel frontal.

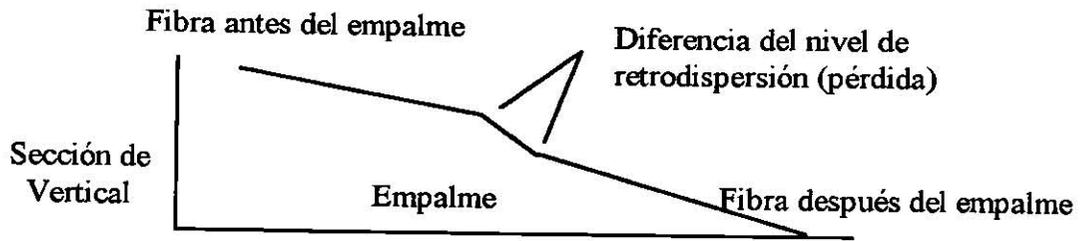


Fig. 1 Forma de Onda en el OTDR

3.1 PÉRDIDA DE LA FIBRA

La medición de pérdida de la fibra, se realiza a lo largo de un segmento de la fibra excluyendo los conectores terminales. Las unidades generalmente están dadas en dB/Kilómetro o dB/Kilopie.

Existen 2 métodos para medir la pérdida de la fibra. Ambos utilizan el modo de medición de **Dos Puntos**

Método 1: Pérdida por Distancia

- Presione la tecla Two Point.
- Coloque el primer cursor después de la primera conexión del sistema.
- Coloque el segundo cursor a la izquierda de la reflexión final, según muestra la Fig. 2.

La pérdida por distancia (db/km) de la fibra es desplegada en la esquina superior derecha de la pantalla del instrumento. Esta es la Pérdida/Distancia utilizada para verificar la calidad del cable y para el cálculo de pérdidas sobre cualquier otro segmento del cable.

A continuación se presenta una sección de la Tabla de Eventos del TFP2A FiberMaster, la cual muestra automáticamente la pérdida de la fibra medida.

Evt Rtn Loss (dB)	Fiber Loss (dB/km)	Two Pt Distance (km)
38.4	-	-
42.5	0.204	4.436

Ejemplo de Tabla de Eventos para la Pérdida de la Fibra.

Método 2: Pérdida Específica del Cable

Este método mide con gran precisión la pérdida sobre una sección específica de la fibra excluyendo la pérdida de los conectores terminales. Se utiliza principalmente en la evaluación de la fibra instalada.

- Presione la tecla **Two Point**.
- Coloque el primer cursor antes de la conexión al sistema como se muestra en la Fig. 3.
- Coloque el segundo cursor antes de la reflexión final del sistema.

Nota: Use la tecla **Expand** para lograr mayor precisión al momento de colocar el cursor. Ver Fig. 4.

- Ajuste manualmente el cursor de pérdida (desplace el cursor horizontal con el control manual de pérdida) sobre el primer cursor para quedar alineado con la línea de retrodifusión del sistema de fibra. Esto medirá toda la fibra exceptuando el conector de entrada.

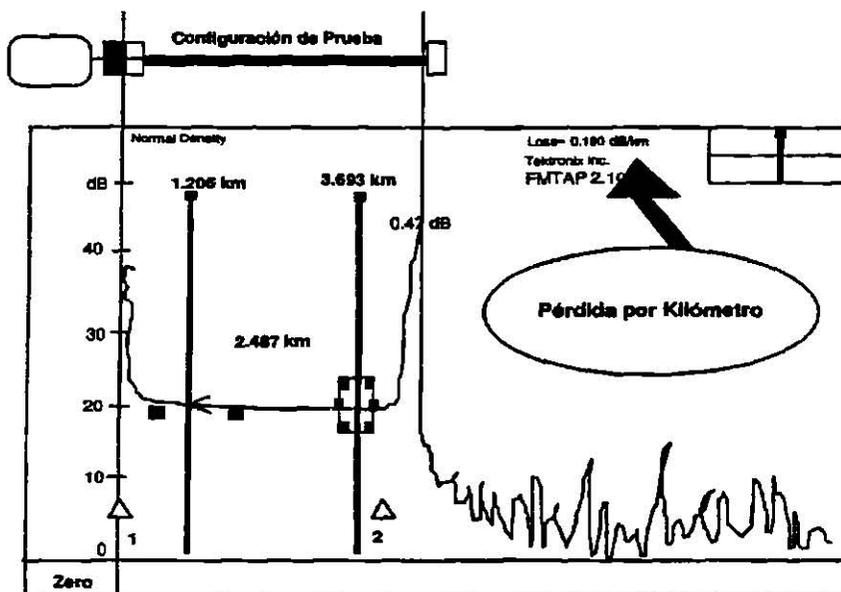


Fig. 2. Pérdida de la Fibra

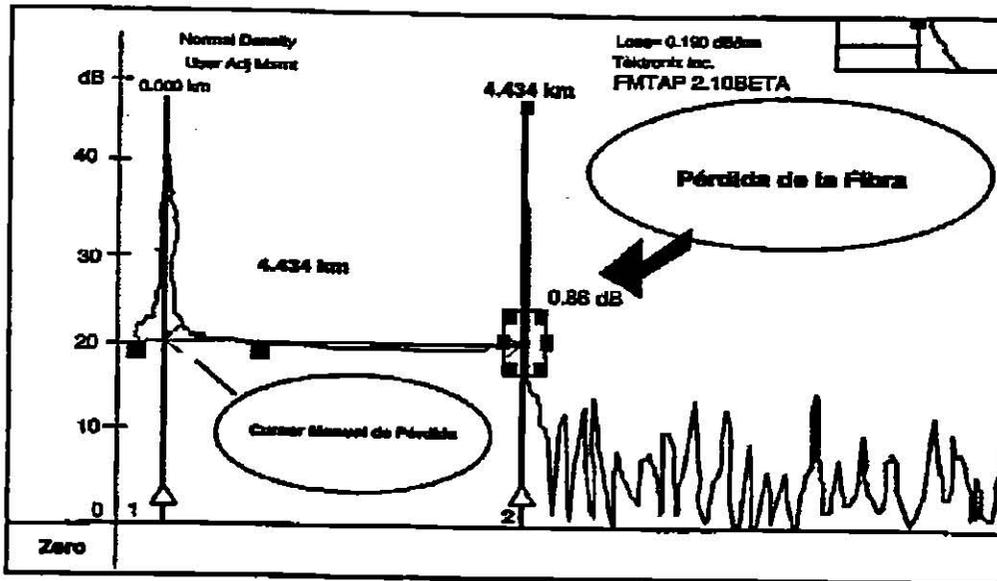


Figura No. 3 Pérdida de la Fibra

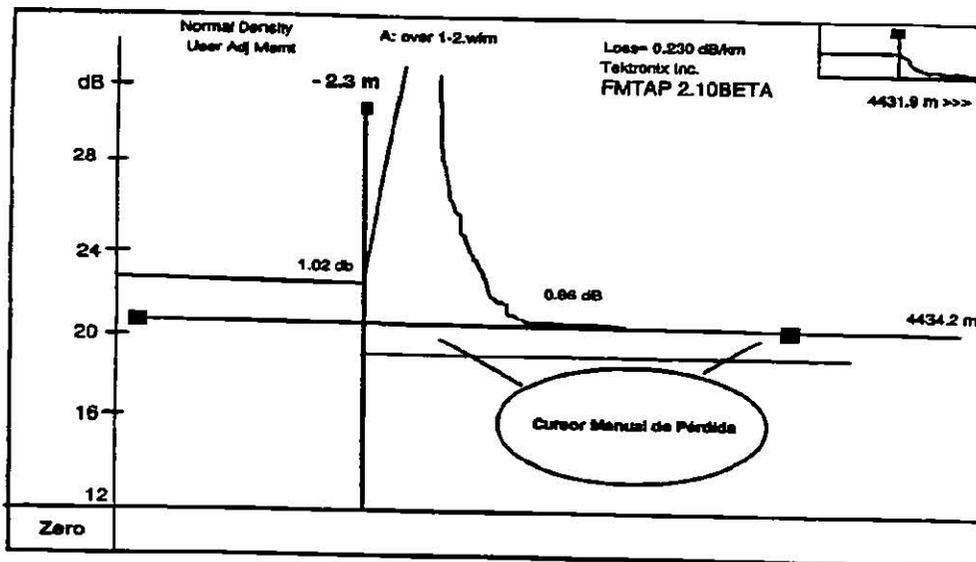


Figura No. 4 Amplificación de la Posición del Cursor de Pérdida

3.2 CALIDAD DEL CONECTOR DEL PANEL DE DISTRIBUCIÓN

Esta medición verifica la pérdida por retorno (reflectancia) propia del conector de entrada del sistema Ver Fig. 5.

La pérdida del conector está en función de las dos fibras unidas.

- Establezca el ancho de pulso lo suficientemente pequeño para lograr medir un conector del resto de ellos (verifique las especificaciones de pérdida por zona muerta del OTDR). El cable de puenteo deberá tener la suficiente longitud para diferenciar el conector del panel frontal del OTDR y la conexión del sistema.
- Realice la prueba con una ancho de pulso pequeño.
- Presione la tecla **Splice Loss**.
- Desplace el cursor hacia el extremo izquierdo de la reflexión del conector. La lectura de la pérdida del conector se encontrará junto al cursor.
- Para medir la pérdida por retorno, presione la tecla **Return Loss** y posteriormente la tecla **Event Return Loss**.

Para facilitar las mediciones automáticas, utilice la Tabla de Eventos incluida en el FiberMaster.

Distance (km)	Splice Loss (km)	Evt Rtn Loss (dB)
0.000	2.38	38.4
4.436	2.97	42.4
4.622	9.44	38.4

Ejemplo de Tabla de Eventos con Pérdida de Conector.

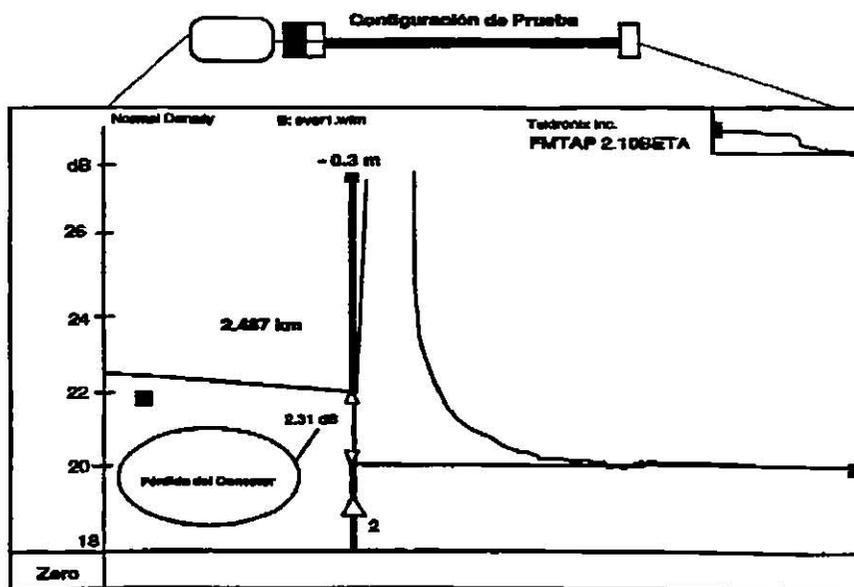


Figura No. 5 Pérdida del Conector

3.3 CALIDAD DEL PANEL DE DISTRIBUCIÓN Y DE LA FIBRA

Esta medición verifica la conexión del panel de distribución y la calidad del sistema. Esta prueba junto con la medición de potencia del sistema, son las más comunes para evaluar la calidad del sistema.

Aunque sea posible medir la mayoría de los parámetros del sistema, el OTDR no es un sistema completo de prueba. La pérdida del conector en el extremo lejano no es medido. Recuerde que un OTDR requiere la existencia de la línea de retrodifusión a ambos lados de un conector para medir la pérdida.

Los siguientes párrafos indicarán cómo realizar una medición que incluya el conector del extremo lejano.

- Presione la tecla **Two Point**.
- Coloque el primer cursor justo antes de la conexión al sistema, como se muestra en la Fig. 6.
- Coloque el segundo cursor justo antes de la reflexión al final del sistema.

Las lecturas para la medición entre dos puntos corresponden a la pérdida del sistema, excluyendo la conexión terminal. La distancia entre los 2 cursores corresponde a la longitud del sistema.

Una manera sencilla para documentar la medición es utilizar la Tabla de Eventos en el programa “software” FMTAP, el cual automáticamente colocará los cursores y realizará todas las mediciones del conector y la pérdida del sistema por Ud.

Two Pt Distance (km)	Two Pt Loss (dB)	Lnk Loss from #1 (db)
-	-	-
4.436	3.28	3.29

Ejemplo de Tabla de Eventos con Pérdida de Enlace

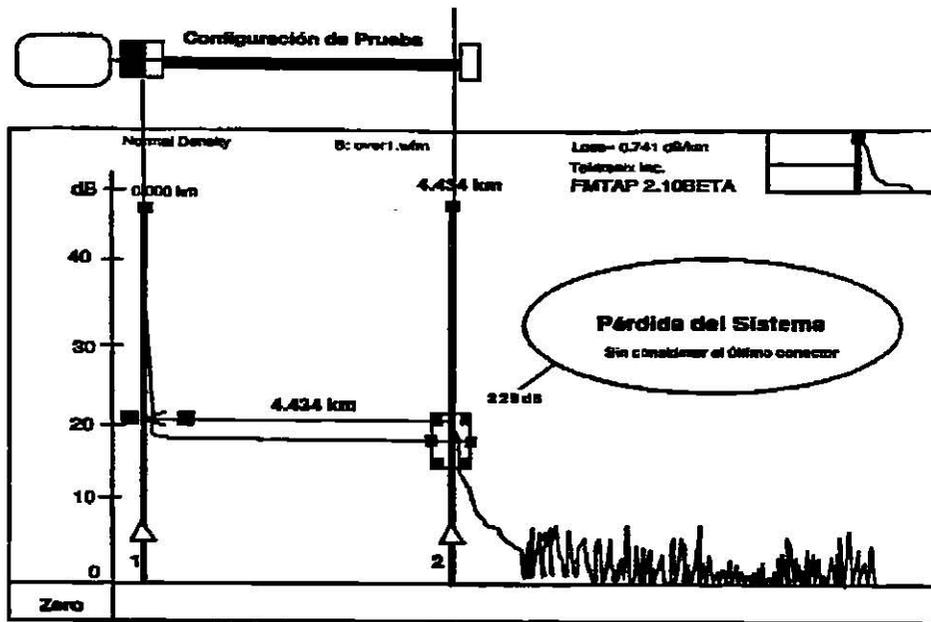


Figura No. 6 Pérdida del Panel y de la Fibra

3.4 MEDICIÓN DEL SISTEMA

Esta medición es la misma que la medición de **Calidad del Panel de Distribución y de la Fibra**, con la adición de que es capaz de medir el conector terminal. Existen 2 métodos para incluir en la medición la pérdida del conector terminal.

Método 1: Incluir la medición del conector terminal. Ver Fig. 7

- Conecte el **TFP2A** a uno de los extremos del sistema (extremo A).
- Lleve a cabo la prueba 1, la medición de pérdida del empalme del conector A.
- Configure el OTDR para medir el otro extremo del sistema.
- Realice una medición como la descrita en la sección de **Calidad del Panel de Distribución y de la fibra**. Esta medición, Prueba 2 involucra el sistema completo, exceptuando el conector A.
- Incluya la medición del conector A, tomada en la Prueba 1, a la documentación de la Prueba 2.

Si usted cuenta con el programa FMTAP, esta medición puede ser incluida extrayendo la Tabla de Eventos a un archivo y editándolo utilizando un procesador de palabras.

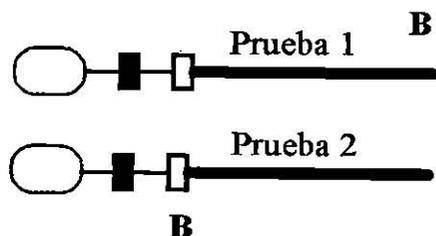


Figura 7 Configuración para prueba de 2 extremos

Evt #	Distance (km)	Splice Loss (dB)	Evt Rtn Loss (dB)	Fiber Loss (dB/km)	Two Pt Distance (km)	Two Pt Loss (dB)	Lnk Loss from # 1 (dB)
1	0.000	2.38	38.4	-	-	-	-
2	4.436	10.98	42.5	0.204	4.436	3.29	3.29

Tabla de Eventos del Extremo A

Evt #	Distance (km)	Splice Loss (dB)	Evt Rtn Loss (dB)	Fiber Loss (dB/km)	Two Pt Distance (km)	Two Pt Loss (dB)	Lnk Loss from # 1 (dB)
1	0.000	2.97	42.5	-	-	-	-
2	4.436	10.30	42.9	0.204	4.436	3.88	3.88

Tabla de Eventos del Extremo B

Método 2: Medición del sistema con Un Punto.

Podemos incluir la pérdida del conector terminal agregando una línea de retrodifusión posterior a dicho punto.

Simplemente agregue un cable de puenteo en el extremo lejano. Asegúrese que el cable de puenteo sea lo suficientemente largo para que la pendiente de pérdida sea visible después del conector terminal.

- ◇ Configure el OTDR tal como lo hizo para Calidad del Panel de Distribución y de la fibra.

- ◇ Coloque el cursor a la derecha del conector terminal, sobre la línea de retrodifusión del cable de puenteo.

La pérdida del conector terminal variará ligeramente cuando los componentes en el extremo lejano sean instalados (transmisor y receptor). Las técnicas anteriormente descritas le proporcionarán a usted una respuesta muy similar a la que un conector de transmisión/recepción le ofrecería.

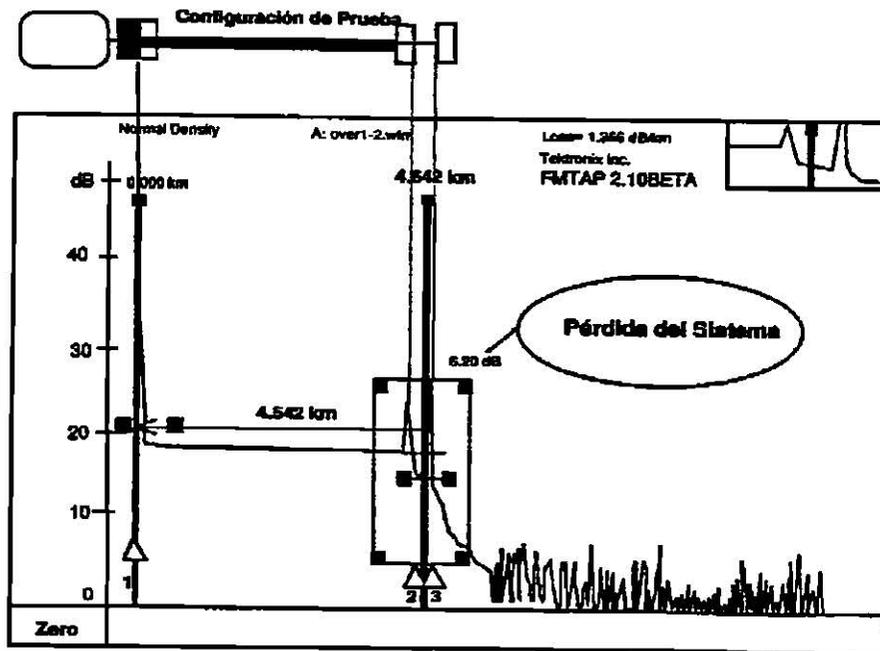


Figura No. 8 Medición del sistema con Un Punto

3.5 MEDICIÓN DE PÉRDIDA ÓPTICA POR RETORNO

La medición de la reflexión óptica (pérdida óptica por retorno) representa una preocupación común en sistemas telefónicos y de T.V.

La medición de la pérdida por retorno o reflectancia de un conector o empalme mecánico, es el nivel de la señal reflejada respecto a la señal original. Pérdida se define como la caída en el nivel de potencia de la señal. La pérdida por retorno es la potencia reflejada o retornada. La potencia reflejada regresa hacia la fuente que la emite en lugar de hacerlo hacia el extremo opuesto de la fibra. Ver. Fig. 9.

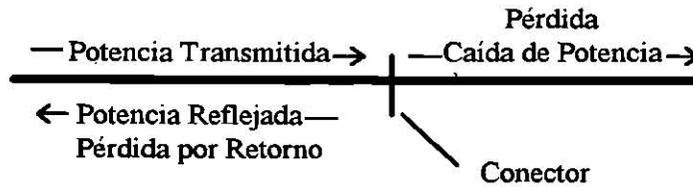


Fig. 9 Pérdida por Retorno vs. Pérdida

Cuando se mide la reflectancia de un conector, la mínima reflexión corresponde al menor nivel de potencia reflejada. La pérdida por retorno siempre es negativa.

La reflexión de una red de fibra óptica es causada por el cable y por ruido óptico. Tal como se especifica en un documento de Bellcore respecto a SONET (TA-NWT-000253, sección 4.2.4):

“...la reflexión puede degradar el desempeño del sistema en la operación del láser emitido debido a múltiples reflexiones que provocan ruido interferométrico en el receptor.”

El ruido causado por el cable debe considerarse en sistemas que trabajan a altas tasas de velocidad (< 500 Mbit/seg.), tales como líneas telefónicas de larga distancia. También existen problemas en sistemas ópticos analógicos tales como video y sistemas de T.V. por cable. Los problemas se presentan en 2 formas: “jitter” y ruido directo.

El “jitter” afecta tanto a la transmisión como a la recepción, causando bits erróneos en sistemas digitales. En sistemas de altas tasas de velocidad, el ancho de pulso para cada bit debe ser pequeño al igual que el tiempo entre cada uno de ellos. El jitter causado por reflexiones puede provocar problemas cuando se traslapa con los bits de datos adyacentes. Ver. Fig. 10.

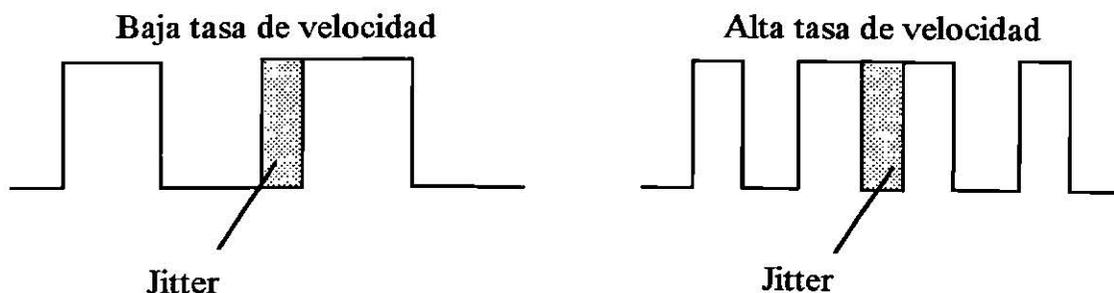


Fig. 10. Efectos del Jitter en Sistemas de Baja y Alta Tasa de Velocidad

La reflexión que retorna al sistema transmisor puede provocar un excesivo “jitter” interfiriendo con la operación del transmisor láser. La reflexión también puede rebotar y causar “jitter” en el receptor.

En sistemas ópticos analógicos tales como video y T.V. por cable, la reflexión se manifiesta como ruido en forma de estática o centelleo de la pantalla de T.V. En caso extremo puede causar imágenes fantasma.

Existen 2 fuentes de reflexión. Una de ellas es la cantidad de luz reflejada por el cristal de la fibra, llamada “backscatter”. Es un nivel de luz muy pequeño, usualmente 55 a 60 dB por debajo de la señal transmitida en un punto dado, en sistemas unimodales. Sin embargo esto afecta la cantidad de “jitter” cuando se mide la pérdida total por retorno, la reflexión del cable corresponde a una significativa porción de la luz retornada. Durante el proceso de aceptación y mantenimiento, la reflexión del cable es considerado como un componente de pérdida del sistema.

La segunda fuente de reflexión, controlable es la reflexión del conector. La reflexión provocada por los conectores y por los empalmes mecánicos es considerablemente mayor que la provocada por el “backscatter”. Un conector en malas condiciones puede reflejar -20 dB; un conector en buenas condiciones refleja -45 dB. Los empalmes de fusión usualmente no tienen pérdidas por retorno mayores respecto a los conectores.

Las especificaciones del sistema indican el nivel de reflexión permitido. Como ejemplo se muestran a continuación las recomendaciones CCITT para Synchronous Digital Hierarchy (SDH). Las especificaciones para la pérdida por retorno de Bellcore Sonet son casi idénticos:

- Mínima Pérdida óptica por retorno del cable en S, incluyendo conectores: -24 dB
- Máxima reflectancia discreta entre S y R: -27 dB
- Máxima reflectancia del receptor, medida en R: -27 dB

Donde:

S es la fuente o transmisor

R es el receptor

Dichas especificaciones determinan que la pérdida por retorno del sistema no deberá ser mayor a 24 dB. La reflectancia (pérdida por retorno de un evento individual o conector) deberá ser mejor que -27 dB.

Consulte las especificaciones exactas de su sistema. En sistemas de baja tasa de velocidad (< 500 Mbit/seg.) es posible tener reflexiones mayores. En sistemas de T.V. por cable y sistemas telefónicos de Larga Distancia, el nivel de reflexión permitida es más rígido.

Las recomendaciones SDH establecen:

Los sistemas que cuentan con conectores de alto desempeño producen menor nivel de reflexión y consecuentemente pueden tolerar receptores con una alta reflectancia. Como un ejemplo extremo, si solo 2 conectores existen en el sistema, un receptor con pérdida por retorno de 14 dB es aceptable.

Un método para medir la pérdida por retorno es utilizar un medidor de pérdida por retorno. Dicho instrumento es similar a un probador de pérdida (combinación de un medidor de potencia óptica y una fuente de luz). Una fuente luminosa transmite potencia a través de una fibra y el medidor de potencia mide la cantidad de potencia reflejada. Ver Fig. 11.

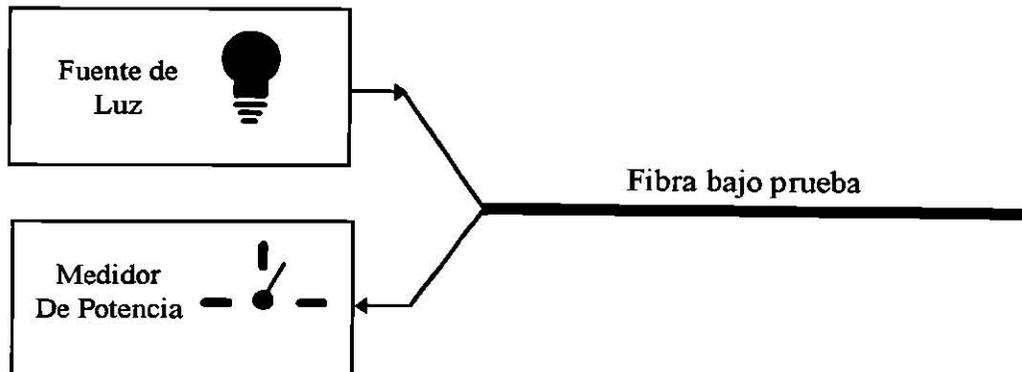


Fig. 11 Medidor de Pérdida por Retorno

Un medidor de pérdida por retorno solo puede medir la pérdida por retorno del sistema. Si la pérdida por retorno del sistema es demasiado alta, el medidor no podrá indicar la localización del problema.

Un método alternativo para medir la pérdida por retorno es el OTDR, el cual ofrece mayor flexibilidad. Un OTDR es capaz de:

- Medir la pérdida por retorno del sistema o del enlace (no todos los OTDR son capaces de medir la pérdida por retorno del sistema).
- Medir la pérdida por retorno de un evento en particular.
- Indicar la distancia a cada evento.

Un OTDR está diseñado para medir la reflexión. Este despliega la pérdida por retrodifusión del cable (“backscatter”) y de los conectores.

Con el OTDR usted puede medir:

- * la pérdida por retorno del sistema.
- * las pérdidas por retorno de eventos.
- * la localización de los eventos.
- * otras mediciones del sistema (pérdida de empalme y de enlace).

Para una medición completa de la pérdida por retorno, debe incluir la reflexión de los conectores terminales (deben estar conectados).

El mantenimiento de un nivel bajo de reflexión óptica es importante para obtener calidad de la señal en sistemas digitales que manejan altas tasas de velocidad y en sistemas analógicos de T.V. por cable. Un medidor de pérdida por retorno medirá la pérdida por retorno del sistema pero no puede medir la pérdida en eventos individuales (reflectancia). Un OTDR automáticamente mide y localiza la reflexión de los conectores y de los empalmes. Esta es la principal preocupación del personal técnico. Varios OTDR también son capaces de medir la pérdida por retorno del sistema al momento de realizar la instalación.

GLOSARIO

Atenuación

Es una medida de la pérdida de potencia de una señal óptica, expresada en decibelios por unidad de longitud, comúnmente expresada en dB/Km. La atenuación es el resultado de la absorción de la luz, de la difusión causada por las impurezas de la fibra y de las propiedades intrínsecas del material, además por los factores externos tales como empalmes y dobleces en el cable. La atenuación es una función de la longitud de la fibra, la amplitud de la señal decrece al incrementarse dicha longitud.

Coefficiente de Atenuación

Es la atenuación en una fibra óptica por unidad de longitud, típicamente expresada en dB/Kilómetro.

Retrodifusión

Es la porción de la difusión de Rayleigh que viaja en dirección contraria al de la señal óptica. (Ver Difusión de Rayleigh).

Ancho de Banda

Es la capacidad de una fibra óptica de transmitir información. Entre más grande sea el ancho de banda, mayor información puede ser transmitida a través de la fibra en un determinado período de tiempo.

Revestimiento

Es una capa de material tal como vidrio o plástico que es fusionado a, y alrededor del núcleo de una fibra óptica. El revestimiento tiene un menor índice refractivo que el núcleo, lo cual ayuda a mantener la luz viajando dentro del núcleo.

Núcleo

Es el centro de una fibra óptica en donde la mayor parte luz es transportada. El núcleo tiene un índice refractivo mayor que el revestimiento que lo envuelve, lo cual ayuda a mantener la luz viajando dentro del núcleo.

Acoplador

Es un dispositivo para descomponer la señal óptica de una fibra en dos o más fibras diferentes.

Zona muerta, por evento

La zona muerta por evento, a veces llamada resolución espacial entre dos puntos, es la mínima distancia después de una reflexión antes que el OTDR pueda medir con exactitud la distancia a una segunda reflexión. En ocasiones está determinada como la distancia desde el flanco de subida de la reflexión al punto posterior a dicha reflexión en donde la señal en el OTDR cae al menos 3 dB de la amplitud máxima de la reflexión.

Zona muerta por pérdida.

La medición de pérdida por zona muerta es la distancia mínima después de una reflexión, antes que el OTDR pueda medir la pérdida de un posterior evento no reflectivo. Típicamente, está determinada como la distancia desde el flanco de subida de una reflexión, al punto posterior donde la señal del OTDR regresa a una distancia de 0.5 dB del nivel retrodifundido.

Decibel

Es una medida de comparación de dos niveles de potencia. Un decibel o dB, está definido como diez veces el logaritmo base diez del cociente de dos niveles de potencia. Una ganancia o pérdida en potencia es expresada en decibeles. Por ejemplo, -3 dB de pérdida es aproximadamente una disminución del 50% de la potencia, una pérdida de -2 dB es aproximadamente una disminución del 37% de la potencia, una pérdida de -1 dB es aproximadamente una disminución del 21% de la potencia.

Detector óptico

Dispositivo que genera una señal eléctrica (típicamente una corriente eléctrica), cuando detecta luz.

Rango dinámico

Existen muchas definiciones para el rango dinámico de un OTDR. Bellcore define el rango dinámico como la atenuación mostrada en el panel frontal (en dB) desde el nivel retrodifundido en una línea imaginaria (después del fin de la fibra), que se encuentra apenas encima del 98% del ruido. Otra definición común (basada en SNR=1) usa una línea imaginaria que se encuentra apenas encima del 63% del ruido. Si un OTDR se satura cerca del límite del panel frontal, el nivel retrodifundido en dicho panel frontal es inferido por extrapolación en la región no saturada de la onda.

Rango dinámico, fin de detección

La distancia máxima a la que un OTDR puede detectar una reflexión desde un extremo de la fibra, ésta es mucho mayor que la distancia en la cual el OTDR puede hacer mediciones de pérdida en empalmes.

Evento

Cualquier ruptura o conexión en una fibra óptica que aparece mostrado en el OTDR como un cambio o una discontinuidad en las condiciones normales retrodifundidas de la fibra. Los eventos pueden ser causados por empalmes de fusión y empalmes mecánicos, por conectores, dobleces, y rupturas en la fibra.

Pendiente de la fibra

El coeficiente de atenuación de la fibra.

Reflexión de Fresnel

Son reflexiones causadas por una discontinuidad en el índice de refracción de la fibra. Las reflexiones de Fresnel son causadas por ejemplo, el extremo partido de una fibra, un conector desconectado, un conector apareado, empalmes mecánicos. En un OTDR, las reflexiones de Fresnel aparecen como agudas espigas que apuntan hacia arriba.

Empalmes unidos o fusionados

Método para conectar dos fibras ópticas que involucra la alineación y calentamiento de los extremos de las fibras, de tal manera que las estructuras de vidrio de cada fibra se derritan y queden unidas al solidificarse nuevamente.

Láser

Una intensa fuente de luz generada por la emisión estimulada de fotones.

Empalme mecánico

Es un método para conectar dos fibras ópticas que involucra uniones mecánicas o uniones con material epóxico en los extremos de cada fibra.

Fibra multimodo

Uno de los dos tipos fundamentales de fibra óptica (multimodo y modo simple). Una fibra multimodo transmite múltiples rayos (o modos) de luz. Los núcleos de fibras multimodo están entre las 50 y las 100 micras en diámetro, más grandes que aquellos usados en fibras unimodales.

Nanómetro

Unidad de longitud, la billonésima parte de un metro (10^{-9}). Las longitudes de onda de las fuentes de luz usadas en OTDRs son frecuentemente expresadas en nanómetros. Por ejemplo, las fibras simples típicamente operan con longitudes de onda de 1310 y 1510 nanómetros.

Fibra óptica

Delgados hilos de vidrio ultra-puro diseñados para transmitir pulsos de luz de un transmisor a un receptor con cantidades de información muy altas. Los pulsos de luz son señales ópticas que contienen información de voz, datos y video.

Reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (OTDR)

Un versátil instrumento óptico de medición que mide la distancia a eventos en fibras ópticas (también mide la pérdida en dichos eventos), probando la fibra desde uno de sus extremos. El OTDR trabaja mandando pulsos de luz a través de la fibra y procesando la luz que es difundida y reflejada al OTDR. Típicamente, el OTDR despliega una representación visual de la fibra como una forma de onda. La última generación de OTDRs también analiza las formas de onda, localiza y mide cada uno de los eventos automáticamente.

Ancho de pulso

La información es transmitida vía fibras ópticas enviando luz a través de una fibra. La fuente de luz es encendida y apagada, o modulada, para transmitir datos. El ancho de pulso es el período de tiempo que la fuente de luz está encendida en su amplitud, o potencia, máxima.

Difusión de Rayleigh

La difusión producida por no-uniformidades microscópicas en la fibra óptica que son muy pequeñas comparadas con la longitud de onda de la luz. En una fibra óptica la difusión de Rayleigh representa el límite fundamental del coeficiente de atenuación. Los OTDRs nos dicen la pérdida óptica de componentes midiendo la atenuación en el componente retrodifundido de la difusión de Rayleigh a través del evento. La difusión de Rayleigh es inversamente proporcional a la cuarta potencia de la longitud de onda.

Índice de refracción

Es el cociente de la velocidad de la luz en el vacío entre la velocidad de la fase de la luz en un determinado material grueso. El índice de refracción es característico de cada fibra óptica, por lo que puede variar de una fibra a otra.

Pérdida de retorno (o reflectancia)

Es el cociente de la potencia reflejada entre la potencia incidente a un evento reflectivo, típicamente expresada en dB. La pérdida de retorno integrada es la razón de la potencia reflejada y difundida en todo el enlace de fibra a la potencia incidente.

Coefficiente de difusión

Es la relación de la potencia retrodifundida entre la energía óptica enviada a través de la fibra. El coeficiente de difusión representa la cantidad de retrodifusión generada por una fibra en particular, y como el índice de refracción, es característico de cada fibra.

Relación señal a ruido

Es la razón de la potencia de la señal entre la potencia del ruido en un detector óptico o un amplificador electrónico.

Unimodal

Uno de los dos tipos fundamentales de fibra óptica (multimodo y unimodo). Los diámetros de núcleos de fibras unimodales están en el rango de las 3 a las 10 micras, más pequeños que los usados en fibras multimodo.

Empalme

Es la unión permanente o semipermanente entre dos fibras ópticas. Típicos ejemplos son los empalmes mecánicos y empalmes unidos por fusión.

Pérdida de empalme

Es la atenuación de la potencia óptica en el punto en el que dos fibras ópticas están unidas, típicamente expresada en dB.

Prolongación

Es un reflectómetro óptico en el dominio del tiempo, el detector óptico típicamente requiere de un tiempo de recuperación después de cada evento reflectivo antes de que la señal regrese al nivel normal de retrodifusión. Esto aparece en la forma de onda como una región inclinada desde la cima de la reflexión al trazo normal de retrodifusión. Esta región inclinada, o prolongación, que sigue de una reflexión es parcialmente responsable por la zona muerta, en donde la retrodifusión no puede ser medida con exactitud.

Pérdida entre dos puntos

La pérdida entre dos puntos en una fibra óptica. La pérdida entre dos puntos puede incluir pérdidas causadas por la retrodifusión de la fibra, conectores y empalmes.

Longitud de onda

La distancia entre dos crestas o valles en ondas de luz.

TÉRMINOS DE MENÚES

Test	Prueba
Format	Formato
System	Sistema
I/O-doc	Entrada/Salida-Documento
Fiber Scan	Examinar Fibra
Manual (mode)	Modo Manual
End of Fiber	Fin de fibra
Test Range	Rango de prueba
Pulsewidth	Ancho de pulso
Averages	Promedios
Splice Threshold	Umbral del empalme
Reflectance Threshold	Umbral de reflectancia
Scan For	Buscar por
All Event	Todos los eventos
Events Above Threshold	Eventos encima del umbral
End of Fiber Threshold	Umbral de fin de fibra
Refractive Index	Índice de refracción
Distance Units	Unidades de distancia
Test Port	Puerto de prueba
Lower	Más bajo
Upper	Más alto
Event	Evento
Cursor A-B	Cursor A-B
Splice Loss	Pérdida del empalme
Reflectance	Reflectancia
Distance	Distancia
Loss	Pérdida
Slope	Pendiente
Dead Zone	Zona muerta

Cumulative Loss	Pérdida acumulada
Loss Tolerance	Tolerancia de pérdida
Loss Delta	Pérdida Delta o diferencial
Distance Tolerance	Tolerancia de distancia
Distance Delta	Distancia Delta o diferencial
Backlight Time	Tiempo de la luz del fondo
Contrast Adjust	Ajuste del contraste
Sound	Sonido
Power Off Time	Tiempo de apagado
Time	Tiempo
Date	Fecha
Date Format	Formato de fecha
Month/Day/Year	Mes/Día/Año
Day/Month/Year	Día/Mes/Año
Power-On Defaults	Encendido en defaults
User Setup	Configuración del usuario
Last Used	Última usada
Factory	Fábrica
Baud Rate	Razón en Bauds
Flow Control	Control de flujo
Printer	Impresora
External Port	Puerto externo
Print Content	Contenido de impresión
Company Name	Nombre de compañía
File Content	Contenido de archivo
Trace	Trazo
Table	Tabla
File Format	Formato de archivo
Auto Increment	Incremento automático

None	Ninguno
Name	Nombre
Extension	Extensión
Both	Ambos

TÉRMINOS DE ALMACENAJE/IMPRESIÓN

Store/Print - Save	Guarda/Imprime - Salva
Store/Print - Load	Guarda/Imprime - Carga
Store/Print - Copy	Guarda/Imprime - Copia
Store/Print - Delete	Guarda/Imprime - Borra
Store/Print - Print	Guarda/Imprime - Imprime

TECLADO AL TACTO

Setup	Configuración
Store or Print	Guarda o Imprime
Edit Events	Editar ventanas
Table	Tabla
Trace	Trazo
Cursor A	Cursor A
Cursor B	Cursor B
Zoom On	Ampliación encendido
Zoom Of	Ampliación apagado
Exit to Event	Salida a evento
Edit Event Notes	Editar notas de eventos
Add Event	Agrega evento
Delete Event	Borra evento
Exit	Salida
Undo	Deshacer
Internal/Floppy	Interna/Disco
Save File	Salvar archivo

File Setup	Configuración de archivo
Edit File Name	Editar nombre del archivo
Insert Char	Insertar carácter
Delete Char	Borrar carácter
Load File	Cargar archivo
Copy All to Floppy	Copiar todo a floppy
Copy to Internal	Copiar a interno
Copy to PC	Copiar a PC
Delete Selected	Borrado seleccionado
Delete All Files	Borrar todos los archivos
Print Selected	Imprime lo seleccionado
Print All	Imprime todo
Printer Setup	Configurar impresora
Done	Hecho

BIBLIOGRAFÍA

<i>TÍTULO</i>	<i>ELABORADO POR:</i>	<i>EDITOR</i>
Fibras Ópticas en Telecomunicaciones y Redes	Fis. Jorge H. Olivares	LATINCASA 1991
Seminario S.D.H.	Hewlett Packard	HEWLETT PACKARD 1994
Redes de Banda Ancha y Pruebas	Richard Duvall	TEKTRONIX 1996
Seminario S.D.H.	Telecomunicación Corporativa	TELCOR 1993
Electrónica Moderna	Kaufman - Seidman	McGraw - Hill 1990
Fundamentos del OTDR Mediciones y Pruebas	Tektronix	TEKTRONIX 1996
Descripción y Funcionamiento del OTDR	Tektronix	TEKTRONIX 1996

