



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES A R A G O N

CARRERA INGENIERIA EN COMPUTACION

SUMINISTRO E INSTALACION DE UN SISTEMA DE CABLEADO DE FIBRA OPTICA ENTRE UN CENTRO DE COMPUTO Y UN CENTRO DE COMPETENCIA, DE LA UNIDAD DE INFORMATICA Y SISTEMAS DE PEMEX REFINACION

293003

T E S I S QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO EN COMPUTACION P R E S E N T A DAVID LOPEZ CALZADA



MEXICO, D.F.

2001

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

**PAGINACIÓN**

**DISCONTINUA**

## AGRADECIMIENTOS

### *A MIS PADRES:*

*Por dame todo su apoyo en los momentos que más lo necesité.*

### *A MI ESPOSA:*

*Porque compartiste el esfuerzo de este logro.*

### *A MIS HERMANOS:*

*Por permitirme ver que cada persona es diferente.*

### *A MIS FAMILIARES:*

*Gracias por el apoyo recibido durante mi carrera.*

### *A MIS AMIGOS:*

*Por hacer más fácil este camino.*

## INDICE

OBJETIVO	1
JUSTIFICACION	3
ALCANCE DEL PROYECTO	5
CARACTERISTICAS GENERALES	6
CAPITULO I	7
I. - ESPECIFICACIONES DE LAS FIBRAS OPTICAS	12
I.1. PARAMETROS DE LA FIBRA OPTICA	16
I.2. - CLASES DE FIBRA OPTICA	20
I.3. - CARACTERISTICAS FISICAS DE LA FIBRA OPTICA	38
I.4. - ESTRUCTURA DEL CABLE	39
I.5. - CARACTERISTICAS DE RESISTENCIA MECANICAS DE LOS CABLES	40
CAPITULO II	43
II. - MULTIPLEXORES DIGITALES SDH Y SISTEMA DE ALIMENTACION	44
II.1. - SDH	45
II.2. - ATM	54
II.3. - INTEGRACION DE ATM SOBRE SDH	76
II.4. - CONFIGURACION DEL SISTEMA	81
II.5. - ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS SISTEMAS DE ALIMENTACION	99
CAPITULO III	102
III. - ANALISIS DE LA TRAYECTORIA DE LA FIBRA OPTICA Y MEDICIONES	103
III.1. - ACOMETIDAS FINALES	104
III.2. - ESPECIFICACIONES DE INSTALACION DEL FLEXODUCTO Y CABLE DE FIBRAS OPTICAS	106
III.3. - RECOMENDACIONES DE OBSERVANCIA OBLIGATORIA	108
III.4. - INSTALACION DEL FLEXODUCTO Y CABLE	110

III.5. - SEGURIDAD	111
<b>CAPITULO IV</b>	<b>112</b>
<b>IV. - ESPECIFICACION DE LA INSTALACION DEL CABLE DE FIBRA OPTICA</b>	<b>113</b>
IV.1. - ANALISIS DE RUTA	113
IV.3. - REQUISITOS DE INSTALACION DEL CABLE	120
IV.4. - INSTALACION DE CABLES EN INTERIORES	121
IV.5. - CIERRES, EMPALMES Y REGISTROS DE EMPALMES	122
IV.6. - DISTRIBUIDOR OPTICO (DO)	124
IV.7. - MEDICIONES	125
<b>CAPITULO V</b>	<b>127</b>
<b>V. - INSTALACION DE EQUIPOS OPTICOS Y MULTIPLEXORES SDH</b>	<b>128</b>
V.1. - DISTRIBUCION DE LOS EQUIPOS	128
V.2. - INSTALACION DE LOS EQUIPOS TERMINALES OPTICOS Y MULTIPLEXORES SDH	131
<b>CAPITULO VI</b>	<b>134</b>
<b>VI. - OPERACION Y MANTENIMIENTO DEL CABLE DE FIBRA OPTICA Y MULTIPLEXORES</b>	<b>135</b>
VI.1. - ADMINISTRACION DEL SISTEMA	135
VI.2. - FACILIDADES EN LOS EQUIPOS TERMINALES OPTICOS	137
VI.3. - ESPECIFICACIONES DE MANTENIMIENTO	141
VI.4. - PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO	142
VI.5. - ESPECIFICACIONES DE MANTENIMIENTO EQUIPOS EN TERMINALES Y MULTIPLEXORES SDH	143
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>145</b>
<b>APENDICES</b>	<b>149</b>
APENDICE A	150
APENDICE B	152
APENDICE C	155
APENDICE D	157

APENDICE E	162
GLOSARIO	164
BIBLIOGRAFIA	176

## INDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Fig. 1.1 Corte transversal de un cable de fibra óptica</i>	13
<i>Fig. 1.2 Vista lateral de un cable de fibra óptica</i>	15
<i>Fig. 1.3 Absorción</i>	17
<i>Fig. 1.4 Dispersión</i>	17
<i>Fig. 1.5 Relación</i>	18
<i>Fig. 1.6 Fenómeno de dispersión</i>	19
<i>Fig. 1.7 Fibra óptica multimodo</i>	21
<i>Fig. 1.8 Propagación de los rayos en fibra óptica multimodo</i>	21
<i>Fig. 1.9 Perfil del índice de refracción de una F.O. Monomodo</i>	22
<i>Fig. 1.10 Conector de Fibra Optica SC</i>	24
<i>Fig. 1.11 Conector de Fibra Optica ST</i>	25
<i>Fig. 1.12 Diodos electroluminiscentes (LED)</i>	28
<i>Fig. 1.13 Corte transversal de un LED</i>	29
<i>Fig. 1.14 Relación de la potencia óptica de salida y la corriente para un láser y un LED</i>	30
<i>Fig. 1.15 Esquema del láser</i>	31
<i>Fig. 1.16 Estructura del láser de heterounión doble</i>	32
<i>Fig. 1.17 Esquema de un diodo PIN</i>	34
<i>Fig. 1.18 Estructura del cable de fibra óptica</i>	39
<i>Fig. 2.1 Esquema de multiplexación de STM-1 a STM-4</i>	45
<i>Fig. 2.2 Jerarquía lógica</i>	48
<i>Fig. 2.3 Jerarquía física</i>	49
<i>Fig. 2.4 Regenerador</i>	50
<i>Fig. 2.5 Multiplexor terminal</i>	50
<i>Fig. 2.6 Multiplexor Add and Drop</i>	51
<i>Fig. 2.7 Cross-Conector</i>	51
<i>Fig. 2.8 Frame STM-1</i>	52

<i>Fig. 2.9 Diferentes tipos de formatos de direcciones ATM</i>	58
<i>Fig. 2.10 Estructura del encabezado ATM en la UNI (User Network Interface)</i>	60
<i>Fig. 2.11 Estructura del encabezado ATM en la NNI (Network to Network Interface)</i>	61
<i>Fig. 2.12 Tipos de tráfico</i>	63
<i>Fig. 2.13 Modelo ATM</i>	67
<i>Fig. 2.14 Subcapas y Funciones del Modelo de Protocolo de Referencia</i>	69
<i>Fig. 2.15 Esquema típico de una red tradicional y una red emulada</i>	72
<i>Fig. 2.16 Esquema de trabajo del protocolo ELAN</i>	73
<i>Fig. 2.17 Componentes del protocolo ELAN</i>	74
<i>Fig. 2.18 Configuración del sistema utilizando 3 multiplexores de SDH</i>	81
<i>Fig. 2.19 Configuración del sistema utilizando 2 multiplexores de SDH</i>	82
<i>Fig. 2.20 Protección compartida en anillo (SPRING)</i>	82
<i>Fig. 2.21 Protección de conexión de subred (SNC)</i>	83
<i>Fig. 2.22 Calidades de los relojes</i>	86
<i>Fig. 3.1 Tendido de fibra óptica sobre el pavimento</i>	107
<i>Fig. 4.1 Tendido de fibra óptica sobre el pavimento a la altura de una alcantarilla</i>	116
<i>Fig. 4.2 Diagrama de tendido de fibra óptica sobre el pavimento</i>	117
<i>Fig. 4.3 Tendido de fibra óptica sobre el pavimento a la altura de una alcantarilla</i>	118
<i>Fig. 5.1 Espacio requerido por el gabinete</i>	128
<i>Fig. 5.2 Gabinete tipo</i>	129
<i>Fig. 5.3 Tablero eléctrico</i>	130
<i>Fig. Diagrama de interconexión</i>	148
<i>Fig. A.1 Ejemplo de determinación del tiempo de indisponibilidad</i>	150
<i>Fig. A.2 Ejemplo del estado de indisponibilidad del trayecto</i>	151

## OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es la administración del proyecto de suministro, instalación y puesta en operación de un sistema de transmisión por fibra óptica para operar a 622 Mbps, STM-4, entre la Torre Ejecutiva de Oficinas Centrales en México y las instalaciones de la Exrefinería Azcapotzalco, que alojara el sitio alternativo de almacenamiento y procesamiento de información como respaldo estratégico de la Subdirección de Finanzas y Administración de PEMEX Refinación.

El sistema de transmisión por fibra óptica Centro Administrativo Ciudad de México - Exrefinería Azcapotzalco tiene como objetivos específicos los siguientes:

- Emplear de un sistema digital de capacidad suficiente, para satisfacer las necesidades de transmisión del centro de cómputo alternativo de PEMEX Refinación.
- Proporcionar el transporte de señales SDH por medio un enlace de fibra óptica, con trayectoria redundante, a velocidades de transmisión de tributarias a nivel STM-4 a 622 Mbps.
- Respalda las instalaciones de PEMEX Refinación, adoptando el sistema una arquitectura que garantice una máxima confiabilidad y calidad en los servicios digitales de telecomunicaciones y que ofrezca rutas alternativas al tráfico en caso de falla.
- Permitir derivar o insertar servicios en forma totalmente digital.
- Disponer de gran flexibilidad para la expansión y crecimiento del sistema.

- Garantizar la evolución del sistema a velocidades de transmisión de hasta 2.5 Gbps o mayores reutilizando el mismo cableado de fibra óptica.

Por lo que se refiere a los equipos terminales (terminales ópticos y multiplexores digitales), estos también deberán considerar no solo los requisitos presentes sino los futuros, como son: implantación de sistemas de detección coherente de mayor sensibilidad, multiplexación por división en frecuencia, etc. Utilizando la misma distancia de separación entre repetidores calculada originalmente para el sistema solicitado; así como también considerar la facilidad de incrementar la velocidad de transmisión del sistema hasta el nivel de la jerarquía digital síncrona, SDH, STM-16 a 2.4 Gbps, utilizando la misma infraestructura de cables ópticos que se instalen originalmente.

## JUSTIFICACION

Este sistema pretende que se mantenga la operación continua del sistema de información denominado SAP/R3, sistema de misión crítica para PEMEX Refinación, por lo cual, surge la necesidad de establecer un centro de cómputo alternativo que opere durante contingencias en el centro de cómputo principal.

Se decide que el centro de cómputo se establezca en terrenos de la Exrefinería de Azcapotzalco que se localiza a 8 kilómetros de distancia, el proyecto requiere que se replique la información en línea e incluso surge la propuesta de que el concepto de centro de contingencia cambie a centro de competencia, lo cual significa que algunos módulos del sistema SAP/R3 estarán activos en el centro de contingencias, con el único objetivo de no tener equipo ocioso en espera de que ocurra una falla en el centro de cómputo principal o en alguno de sus equipos.

Otra ventaja que se obtiene es la disponibilidad del sistema al casi un 100 por ciento, ya que actualmente se ve interrumpida la operación debido a mantenimientos calendarizados tanto del centro de cómputo como de los equipos.

Actualmente se cuenta con los módulos de SAP/R3 de Finanzas, Manejo de Materiales e Inventarios, con la futura implementación de los módulos de Recursos Humanos y de Activos Fijos.

La aplicación SAP/R3 y sus módulos anteriormente señalados, se encuentran operando en una granja de servidores Unix y cada equipo se encuentra conectado a la red de PEMEX Refinación a través de una interfaz ATM a 155 Mbps y una interfaz Ethernet 100 Mbps como redundancia.

Se cuentan con 2 servidores, uno actúa como el principal o primario y el otro como servidor secundario o alternativo por si el primario llegase a fallar, ambos servidores cuentan con las mismas

características de hardware y software, los cuales almacenan la información en dos arreglos de discos externos Symetrix de la compañía EMC<sup>3</sup>, con un espacio de hasta 1.5 Terabytes en cada uno de los arreglos, que al igual que los servidores, uno trabaja de espejo del otro.

Adicionalmente se cuenta con un esquema de respaldos a través de un servidor de respaldos con la aplicación de HP denominada Omniback y un silo de cintas de respaldo. Los respaldos se realizan calendarizados utilizando los recursos de la red.

La red a implementar debe ser completamente digital y empleando tecnología SDH, ofreciendo una arquitectura completamente abierta.

## ALCANCE DEL PROYECTO

El sistema de transmisión digital por fibra óptica solicitado incluye una longitud total de trayectoria de aproximadamente 8 kilómetros de cable de fibra óptica considerando dos modalidades de instalación: 3 Km canalizado en flexoducto directamente enterrado en la guarnición de banqueta sobre el pavimento y 2 Km canalizado en ductos telefónicos subterráneos existentes en el Centro Administrativo Ciudad de México y 3 Km en interior de tubería galvanizada en la Exrefinería de Azcapotzalco.

El enlace principal y su longitud lineal aproximada se muestran a continuación:

ENLACE	TIPO DE INSTALACION	LONGITUD (KMS)
CENTRO ADMINISTRATIVO	CANALIZADO EN FLEXODUCTO DIRECTAMENTE ENTERRADO	3
	CANALIZADO EN INTERIORES CENTRO ADMINISTRATIVO CIUDAD. DE MEXICO	2
	CANALIZADO EN INTERIORES EN EXREFINERIA AZCAPOTZALCO	3
	<b>TOTAL KM</b>	<b>8</b>

## CARACTERISTICAS GENERALES

Se plantea la utilización de un cableado de fibras ópticas que deberá contener como mínimo 12 hilos de fibra óptica tipo monomodo de dispersión normal en trayectoria redundante.

Los equipos terminales y multiplexores digitales deberán permitir el transporte de un agregado STM-16 con facilidad de insertar / derivar de la trama principal, tramas síncronas a nivel STM-4 de 622 Mbps.

En la ingeniería que se realice se deberá considerar que el sistema evolucionará en el mediano plazo a velocidades superiores, con la modificación o sustitución de tarjetas y/o equipos terminales o multiplexores SDH, utilizando el mismo cable de fibras ópticas originalmente instalado.

# **CAPITULO I**

## **ESPECIFICACIONES DE LA FIBRA OPTICA**

La Historia de la comunicación por la fibra óptica es relativamente corta. En 1977, se instaló un sistema de prueba en Inglaterra y dos años después, se producían ya cantidades importantes de pedidos de este material.

Antes, en 1959, como derivación de los estudios en física enfocados a la óptica, se descubrió una nueva utilización de la luz, a la que se denominó rayo láser, que fue aplicado a las telecomunicaciones con el fin de que los mensajes se transmitieran a velocidades inusitadas y con amplia cobertura.

Sin embargo esta utilización del láser era muy limitada debido a que no existían los conductos y canales adecuados para hacer viajar las ondas electromagnéticas provocadas por la lluvia de fotones originados en la fuente denominada láser.

Fue entonces cuando los científicos y técnicos especializados en óptica dirigieron sus esfuerzos a la producción de un ducto o canal, conocido hoy como la fibra óptica. En 1966 surgió la propuesta de utilizar una guía óptica para la comunicación.

Esta forma de usar la luz como portadora de información se puede explicar de la siguiente manera: se trata en realidad de una onda electromagnética de la misma naturaleza que las ondas de radio, con la única diferencia que la longitud de las ondas es del orden de micrómetros en lugar de metros o centímetros.

En poco más de 10 años la fibra óptica se ha convertido en una de las tecnologías más avanzadas que se utilizan como medio de transmisión. Este novedoso material vino a revolucionar los procesos de las telecomunicaciones en todos los sentidos, desde lograr una mayor velocidad y disminuir casi en su totalidad los ruidos y las interferencias hasta multiplicar las formas de envío en comunicaciones y recepción por vía telefónica.

Las fibras ópticas son filamentos de vidrio de alta pureza extremadamente compactos: El grosor de una fibra es similar a la de un cabello humano. Están fabricadas a alta temperatura con base en silicio, su proceso de elaboración es controlado por medio de computadoras, para permitir que el índice de refracción de su núcleo, que es la guía de la onda luminosa, sea uniforme y evite las desviaciones. Entre sus principales características se puede mencionar que son compactas, ligeras, con bajas pérdidas de señal, amplia capacidad de transmisión y un alto grado de confiabilidad debido a que son inmunes a las interferencias electromagnéticas de radiofrecuencia. Las fibras ópticas no conducen señales eléctricas por lo tanto son ideales para incorporarse en cables sin ningún componente conductor y pueden usarse en condiciones peligrosas de alta tensión. Tienen la capacidad de tolerar altas diferencias de potencial sin ningún circuito adicional de protección y no hay problemas debido a los cortos circuitos. Tienen un gran ancho de banda, que puede ser utilizado para incrementar la capacidad de transmisión con el fin de reducir el costo por canal; de esta forma es considerable el ahorro en volumen en relación con los cables de cobre.

Con un cable de seis fibras se puede transportar la señal de más de cinco mil canales o líneas principales, mientras que se requiere de 10,000 pares de cable de cobre convencional para brindar servicio a ese mismo número de usuarios, con la desventaja que este último medio ocupa un gran espacio en los ductos y requiere de grandes volúmenes de material, lo que también eleva los costos.

Comparado con el sistema convencional de cables de cobre donde la atenuación de sus señales, (decremento o reducción de la onda o frecuencia) es de tal magnitud que requieren de repetidores cada dos kilómetros para regenerar la transmisión, en el sistema de fibra óptica se pueden instalar tramos de hasta 70 Km. sin que haya necesidad de recurrir a repetidores lo que también hace más económico y de fácil mantenimiento este material.

Originalmente, la fibra óptica fue propuesta como medio de transmisión debido a su enorme ancho de banda; sin embargo, con el tiempo se ha planteado para un amplio rango de

aplicaciones además de la telefonía, automatización industrial, computación, sistemas de televisión por cable y transmisión de información de imágenes astronómicas de alta resolución entre otros.

En un sistema de transmisión por fibra óptica existe un transmisor que se encarga de transformar las ondas electromagnéticas en energía óptica o en luminosa, por ello se le considera el componente activo de este proceso. Una vez que es transmitida la señal luminosa por las minúsculas fibras, en otro extremo del circuito se encuentra un tercer componente al que se le denomina detector óptico o receptor, cuya misión consiste en transformar la señal luminosa en energía electromagnética, similar a la señal original. El sistema básico de transmisión se compone en este orden: de señal de entrada, amplificador, fuente de luz, corrector óptico, línea de fibra óptica (primer tramo), empalme, línea de fibra óptica (segundo tramo), corrector óptico, receptor, amplificador y señal de salida.

En resumen, se puede decir que en este proceso de comunicación, la fibra óptica funciona como medio de transportación de la señal luminosa, generado por el transmisor de LEDs (diodos emisores de luz) y láseres.

Los diodos emisores de luz y los diodos láseres son fuentes adecuadas para la transmisión mediante fibra óptica, debido a que su salida se puede controlar rápidamente por medio de una corriente de polarización. Además su pequeño tamaño, su luminosidad, longitud de onda y el bajo voltaje necesario para manejarlos son características atractivas.

La evolución de las redes telefónicas de analógicas a digitales ha sido gradual, primero se fueron sustituyendo los enlaces entre las centrales telefónicas, posteriormente las troncales y por último hasta las líneas de abonado en los casos de ISDN (Red Digital de Servicios Integrados), lo que permite tener redes totalmente digitales.

No obstante de la digitalización de las redes, en toda su infraestructura se seguía utilizando el cableado de cobre para estos enlaces; las restricciones de ancho de banda, distancia y atenuación que se obtienen utilizando esta tecnología se hacían presentes.

Tecnologías de redes como X.25 y posteriormente Frame Relay, permitieron que este tipo de cableado perdurara y no fue hasta que los requerimientos de anchos de banda mayores y calidades de transmisión, obligaron al desarrollo de nuevas técnicas de transmisión digital al igual que un cableado que no sufriese las limitaciones del cableado de cobre. Es así y ante estas necesidades que surge el cableado de fibra óptica.

En sus inicios y dado a sus ventajas, es rápidamente adoptado para la transmisión de información de forma totalmente digital, al principio como parte del backbone de empresas de comunicaciones, y posteriormente a enlaces con equipos finales que demandan anchos de banda más grandes. Actualmente la tecnología permite, incluso llevar el cableado de fibra óptica al escritorio para aplicaciones de videoconferencia, video teléfono, etc.

## I. - ESPECIFICACIONES DE LAS FIBRAS ÓPTICAS

Los circuitos de fibra óptica son filamentos de vidrio (compuestos de cristales naturales) o plástico (cristales artificiales), del grosor de un cabello. Llevan mensajes en forma de haces de luz que realmente pasan a través de ellos de un extremo a otro, donde quiera que el filamento vaya (incluyendo curvas y esquinas) sin interrupción.

Las fibras ópticas pueden ahora usarse como los alambres de cobre convencionales, tanto en pequeños ambientes autónomos (tales como sistemas de procesamiento de datos de aviones), como en grandes redes geográficas (como los sistemas de largas líneas urbanas mantenidos por compañías telefónicas).

El concepto de las comunicaciones por ondas luminosas ha sido conocido por muchos años. Sin embargo, no fue hasta mediados de los años setenta que se publicaron los resultados del trabajo teórico. Estos indicaban que era posible confiar un haz luminoso en una fibra transparente flexible y proveer así un análogo óptico de la señalización por alambres electrónicamente.

El problema técnico que se había de resolver para el avance de la fibra óptica residía en las fibras mismas, que absorbían luz que dificultaba el proceso. Para la comunicación práctica, la fibra óptica debe transmitir señales luminosas detestables por muchos kilómetros. El vidrio ordinario tiene un haz luminoso de pocos metros. Se han desarrollado nuevos vidrios muy puros con transparencias mucho mayores que la del vidrio ordinario.

Estos vidrios empezaron a producirse a principios de los setenta. Este gran avance dio ímpetu a la industria de fibras ópticas. Se usaron láseres o diodos emisores de luz como fuente luminosa en los cables de fibras ópticas. Ambos han de ser miniaturizados para componentes de sistemas fibro-ópticos, lo que ha exigido considerable labor de investigación y desarrollo. Los láseres generan luz "coherente" intensa que permanece en un camino sumamente estrecho.

Los diodos emiten luz "incoherente" que ni es fuerte ni concentrada. Lo que se debe usar depende de los requisitos técnicos para diseñar el circuito de fibras ópticas dado.

La fibra óptica es un medio de transmisión de información analógica o digital. Las ondas electromagnéticas viajan en el espacio a la velocidad de la luz.

Básicamente, la fibra óptica está compuesta por una región cilíndrica, por la cual se efectúa la propagación, denominada núcleo y de una zona externa al núcleo y coaxial con él, totalmente necesaria para que se produzca el mecanismo de propagación, y que se denomina envoltura o revestimiento.

La capacidad de transmisión de información que tiene una fibra óptica depende de tres características fundamentales:

- a) Del diseño geométrico de la fibra.
- b) De las propiedades de los materiales empleados en su elaboración (diseño óptico).
- c) De la anchura espectral de la fuente de luz utilizada. Cuanto mayor sea esta anchura, menor será la capacidad de transmisión de información de esa fibra.



Fig. 1.1 Corte transversal de un cable de fibra óptica

Presenta dimensiones más reducidas que los medios preexistentes. Un cable de 10 fibras tiene un diámetro aproximado de 8 o 10 mm.

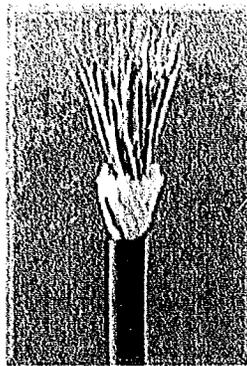
El peso del cable de fibras ópticas es muy inferior al de los cables metálicos, reduciendo en su facilidad de instalación.

El sílice tiene un amplio margen de funcionamiento en lo referente a temperatura, pues se funde a 600°C. La fibra óptica presenta un funcionamiento uniforme desde -550°C a +125°C sin degradación de sus características.

A) Cable terrestre. Cable totalmente dieléctrico canalizado en flexoducto de polietileno de alta densidad, HDPE, 1.5" de diámetro interior, cédula 40, directamente enterrado a 0.80 metros de profundidad en la guarnición de la banqueta sobre pavimento.

B) Cable para interiores canalizado. Cable de estructura totalmente dieléctrica para instalación en ductería subterránea existente y en tubería galvanizada de 4", cédula 40.

La mayoría de las fibras ópticas se hacen de arena o sílice, materia prima abundante en comparación con el cobre. Con unos kilogramos de vidrio pueden fabricarse aproximadamente 43 kilómetros de fibra óptica. Los dos constituyentes esenciales de las fibras ópticas son el núcleo y el revestimiento. El núcleo es la parte más interna de la fibra y es la que guía la luz.



*Fig. 1.2 Vista lateral de un cable de fibra óptica*

El cable de fibra óptica consiste en una o varias hebras delgadas de vidrio o de plástico con diámetro de 50 a 125 micras. El revestimiento es la parte que rodea y protege al núcleo.

El conjunto del núcleo y revestimiento está a su vez rodeado por un forro o funda de plástico u otros materiales que lo resguardan contra la humedad, el aplastamiento y otros riesgos del entorno.

## I.1. PARAMETROS DE LA FIBRA OPTICA

### I.1.1. - APERTURA NUMERICA

Es un parámetro que define el ángulo de aceptación de la luz en la fibra. Mientras más grande sea la apertura se lograrán mejores acoplamientos, pérdidas más bajas en los empalmes y conexiones; logrando también una transferencia de potencia óptica más alta.

La apertura numérica es un valor que da idea del cono de aceptación de luz de la fibra óptica. Cuando menor sea la apertura numérica mayor debe ser la direccionalidad de la fuente de luz.

Son valores comunes de apertura numérica entre 0.11 para fibra óptica monomodo y 0.20 para fibra óptica multimodo.

Los rayos de luz que estén dentro del cono de aceptación, son los que se van a propagar por el núcleo de la fibra óptica, los otros rayos se perderán.

### I.1.2.- ATENUACION

Cuando situamos energía luminosa dentro de una fibra óptica nos damos cuenta que, inevitablemente, la energía luminosa se debilita a medida que va viajando. Esto se debe a la atenuación de la señal por el material de la fibra que absorbe parte de la energía al paso de los rayos de luz. Es muy importante considerar qué cantidad de pérdidas pueden ser toleradas en los diferentes tipos de sistemas que podrían utilizar fibras para la transmisión de información.

La atenuación es la disminución en el nivel de la señal transmitida de un punto inicial a un punto final, pero sin cambiar la forma de ésta. La atenuación en la fibra se mide en dB.

Atenuación dB = 10 LOG (Potencia Recibida/Potencia Transmitida)

El valor de la atenuación depende de la longitud de onda de la luz inyectada.

Se tienen dos tipos de atenuaciones:

A ) *Atenuación Intrínseca*.- son las pérdidas debidas a las características de los materiales con los que se fabrica la fibra, a su vez se divide en tres tipos:

- i) Por Absorción.- Se da por las impurezas naturales en el vidrio que absorbe energía óptica.

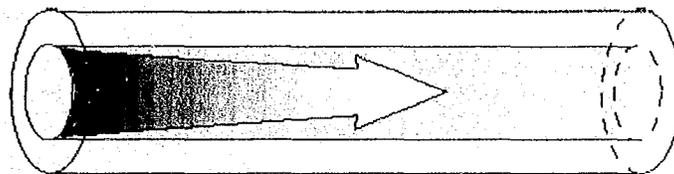


Fig. 1.3 Absorción

- ii) Por Dispersión.- Se presenta cuando los rayos de luz que viajan en el núcleo de la fibra, interactúa con el vidrio a nivel atómico y es dispersada en diversas direcciones.

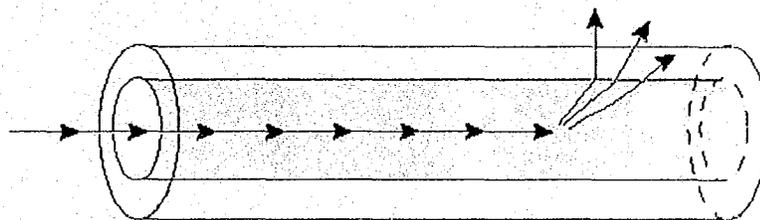


Fig. 1.4 Dispersión

iii) Por Heterogeneidad en el Vidrio.- Se presenta debido a variaciones en el índice de refracción menor al tamaño de la longitud de onda de propagación.

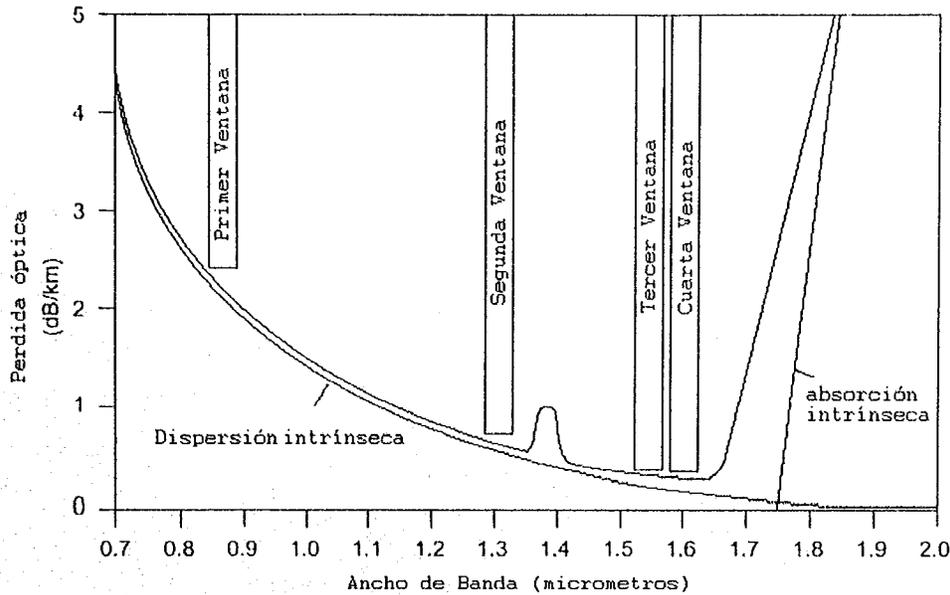


Fig. 1.5 Relación

B) Atenuación Extrínseca.- ésta es provocada por pérdidas debidas a causas externas, existen tres tipos:

- i) Por Macrocurvaturas.- ésta ocurre cuando se tiene un ángulo severo en la fibra y la luz se refracta hacia el revestimiento.
- ii) Por Microcurvaturas.- cuando se tienen daños o irregularidades en la fibra, ocasionando pérdidas de luz hacia el revestimiento.
- iii) Por Absorción de Impurezas.- se da debido a que se van introduciendo en el vidrio impurezas como iones metálicos o iones de hidróxido de agua.

### 1.1.3. - DISPERSION

Es un fenómeno que afecta la transmisión de la luz, que se da por las diferentes velocidades con las cuales viajan las longitudes de onda.

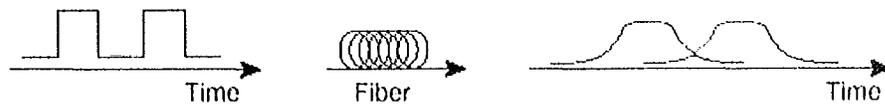


Fig. 1.6 Fenómeno de dispersión

En la práctica la señal llega más pequeña y más ancha, por la atenuación y dispersión, respectivamente. La dispersión provoca que utilicemos mayor ancho de banda.

Debido a la forma que se produce, se clasifica en:

- i) Dispersión modal.- es causada por el número de modos que se transmiten dentro de la fibra. Este tipo de dispersión se presenta únicamente en fibras multimodo, al no existir este tipo de dispersión en fibras monomodo les da la facultad de transmitir a largas distancias.
- ii) Dispersión de material.- debido a que las fibras están fabricadas de vidrio y siendo éste un material altamente dispersivo, el cual cambia su índice de refracción en función a la longitud de onda, provoca diferentes velocidades de propagación en el material.
- iii) Dispersión en la Guía de Onda.- se debe al ancho espectral de la fuente, ya que aunque permanezca constante el índice de refracción, existe un efecto de dispersión de tipo cromático.

#### *1.1.4. - ANCHO DE BANDA*

El ancho de banda óptico del sistema es la máxima velocidad de transmisión necesaria para operar el sistema sin tener pulsos empalmados, que puedan provocar un BER (Bit Error Rate). Generalmente el ancho de banda especificado para una fibra óptica debe ser mayor o igual al ancho de banda del sistema. Bajo cortas distancias que es nuestro caso con un ancho de banda mínimo modal de 160 MHz/Km a 850 nm puede soportar hasta 20 Mbps, y con un ancho de banda mínimo modal de 500 MHz/Km a 1300 nm puede transmitir hasta 100 Mbps.

### **1.2. - CLASES DE FIBRA OPTICA**

#### *1.2.1. - FIBRAS OPTICAS MULTIMODO*

Son utilizadas para aplicaciones en campus y distribución en edificios, donde los enlaces son cortos, (menores a 2 Km.) y existen muchos conectores, generalmente utilizan un transmisor de tipo led. En este tipo de fibra viajan varios rayos ópticos reflejándose a diferentes ángulos, estos rayos ópticos recorren diferentes distancias y se desfasan al viajar dentro de la fibra.

- Alcanzan velocidades de hasta 600 Mbps para enlaces de 2 Km. o menores para distancias de 100 metros, y el ancho de banda es virtualmente ilimitado.
- Se pueden manejar Sistemas de Voz, Datos y Video en Redes de Area Local.
- Los sistemas multimodos son más baratos que los sistemas monomodo por el uso de fuentes ópticas basadas en tecnología de led.
- La estandarización de la fibra es de 62.5/125  $\mu\text{m}$ , lo que presenta una mejor combinación de atenuación, ancho de banda y conectividad.

- Las fibras ópticas multimodo son diseñadas para operar a 850 nm ó 1300 nm o ambas longitudes de onda; la atenuación es menor a 1300 que a 850 nm y el ancho de banda es menor a 850 que a 1300 nm.

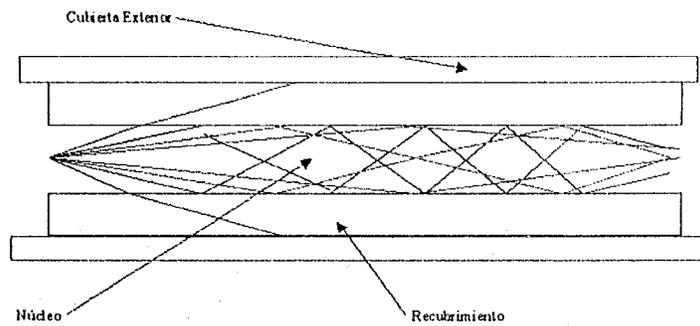


Fig. 1.7 Fibra óptica multimodo

### 1.2.2. - FIBRA OPTICA CON INDICE GRADUADO

En este tipo de fibra óptica el núcleo está hecho de varias capas concéntricas de material óptico con diferentes índices de refracción. La propagación de los rayos en este caso sigue un patrón similar al mostrado en la siguiente figura:

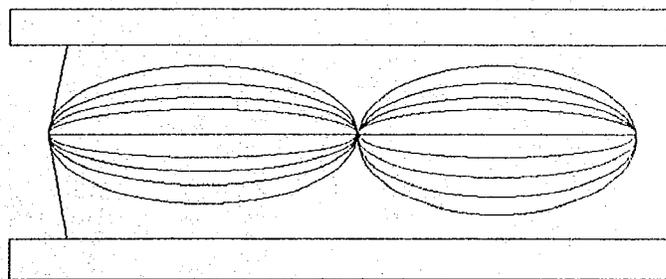


Fig. 1.8 Propagación de los rayos en fibra óptica multimodo

En estas fibras el número de rayos ópticos diferentes que viajan es menor y, por lo tanto, sufren menos el severo problema de las multimodales.

1.2.3. - FIBRAS OPTICAS MONOMODO

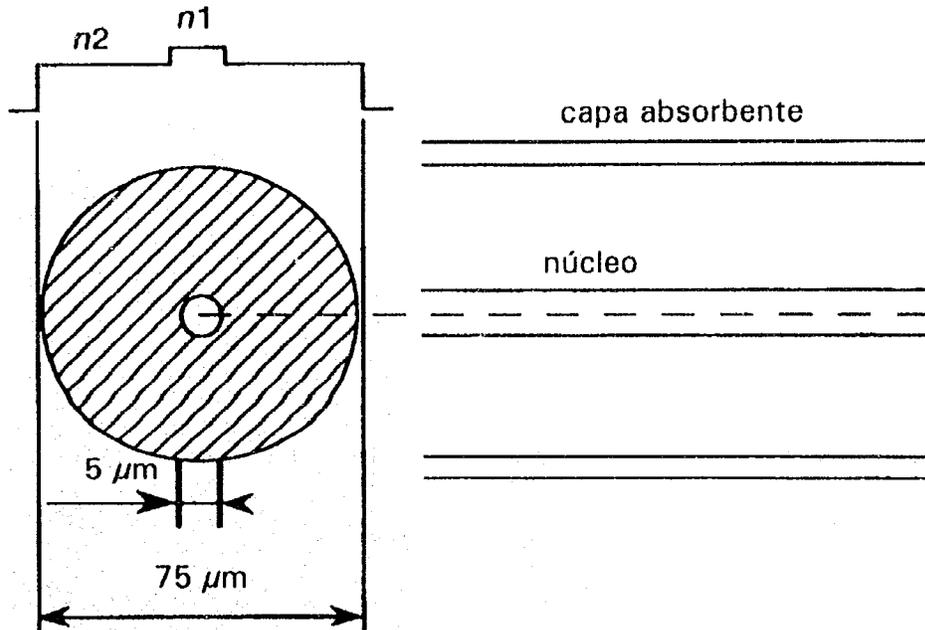


Fig. 1.9 Perfil del índice de refracción de una F.O. Monomodo

Potencialmente, este último tipo de fibra óptica ofrece la mayor capacidad de transporte de información. Tiene una banda de paso del orden de los 100 GHz/km. Los mayores flujos se consiguen con esta fibra, pero también es la más compleja de implantar.

LA figura 1.9 muestra que sólo pueden ser transmitidos los rayos que tienen una trayectoria que sigue el eje de la fibra, por lo que se ha ganado el nombre de "monomodo" (modo de propagación, o camino del haz luminoso único). Son fibras que tienen el diámetro del núcleo

en el mismo orden de magnitud que la longitud de onda de las señales ópticas que transmiten, es decir, de unos 5 a 8 nm. Si el núcleo está constituido de un material cuyo índice de refracción es muy diferente al de la cubierta, entonces se habla de fibras monomodo de índice escalonado. Los elevados flujos que se pueden alcanzar constituyen la principal ventaja de las fibras monomodo, ya que sus pequeñas dimensiones implican un manejo delicado y entrañan dificultades de conexión que aún no se dominan.

Generalmente son utilizadas para aplicaciones de larga distancia o aplicaciones que requieran un ancho de banda extremadamente alto, generalmente utilizan un transmisor de tipo láser.

#### 1.2.4. - CONECTORES DE FIBRAS OPTICAS

##### *Generalidades de los Conectores de Fibra Optica.*

Existen dos grupos de conectores de fibra óptica:

1. De Acercamiento Mecánico de Precisión de los Extremos de la Fibra: estos utilizan estructuras que requieren de precisión lateral, asimutal y longitudinal, para lograr el alineamiento requerido de la fibra.
2. De Acercamiento Optico de los Frentes de Onda de las Fibras a Unir: en este caso se utilizan lentes para ayudar en el proceso de alineamiento de las dos fibras a unir, logrando mejores tolerancias angulares.

Los conectores más utilizados son los del grupo 1, ya que combinan diferentes factores como costos, pérdidas ópticas, durabilidad, facilidad de instalación y variedad de la estructura de los conectores.

*Consideraciones para la Selección de Conectores de Fibra Óptica.*

Pérdida de Potencia Óptica: las pérdidas de potencia de los conectores pueden variar de acuerdo al tipo de conector, así como el fabricante que los produzca.

Repetibilidad: la pérdida de la inserción de un conector usualmente varía de acuerdo al número de veces que éste ha sido insertado en un acoplador de fibra óptica, ya que la cara final del conector va sufriendo el desgaste.

*Tipos de Conectores de Fibra Óptica.*

- Conectores Tipo SC



*Fig. 1.10 Conector de Fibra Óptica SC*

- a) Son los más comúnmente utilizados en equipo final (Servidores, conmutadores, etc.)
- b) Se utilizan en aplicaciones de fibra óptica monomodo.
- c) Tiene una pérdida adicional de 0.37 dB por cada 1000 conexiones, aproximadamente su vida útil.

- Conectores Tipo ST



*Fig. 1.11 Conector de Fibra Optica ST*

- a) Son los más comúnmente utilizados y ampliamente aceptados para las aplicaciones de Redes de Area Local ya sea en enlaces tipo Backbone, Campus y Horizontal.
- b) Se utilizan en aplicaciones de fibra óptica multimodo y monomodo.
- c) La punta está fabricada de cerámica, cerámica/zirconia y acero cromado.
- d) Tienen una pérdida de 0.3 dB.
- e) Tiene una pérdida adicional de 0.2 dB por cada 1000 conexiones, que es aproximadamente su vida útil.

#### *Acopladores para conectores de Fibra Optica*

Es importante señalar que los conectores de fibra óptica requieren de elementos de interconexión como son los acopladores, ya que éstos ayudan a simplificar las pruebas y su mantenimiento, además de brindar una mejor administración e inventario de las interconexiones.

### 1.2.5. - FUENTES Y RECEPTORES OPTICOS

En un sistema de comunicaciones en base de fibras ópticas se necesitan de tres elementos básicos:

1. Transmisor óptico.
2. Canal de comunicaciones basado en fibras ópticas.
3. Un receptor óptico.

#### *Transmisores Opticos*

Los transmisores ópticos con los que cuentan los multiplexores, repetidores o transceivers usualmente son un LED (Light Emitting Diode) o un LD (Laser Diode).

El transmisor es un dispositivo electrónico que recibe una señal eléctrica modulada y la convierte en una señal de luz modulada, usualmente digital; la que finalmente se envía a la fibra óptica.

Las fuentes de luz o transmisores ópticos tienen las siguientes características:

- Centro de Longitud de Onda.- Las fibras normalmente están diseñadas para transmitir emisiones de luz en tres longitudes de onda nominales, medidas en nanómetros, que son: 850 nm, 1300 nm ó 1550 nm, a este valor nominal se le llama centro de longitud de onda.
- Ancho Espectral.- La potencia total transmitida por un transmisor además de la confinada al centro de la longitud de onda, está distribuida en un rango de longitudes de onda alrededor del centro de la longitud de onda. Este rango es cuantificado como el ancho espectral medido en nanómetros, el cual tiene una mínima variación para LEDs,

hasta una máxima variación en nanómetros para LEDs, dependiendo del tipo de fuente de luz empleada, el ancho espectral puede incrementarse en los pulsos de luz cuando ellos se vayan propagando a través de la fibra. El ancho espectral usualmente es dado como el rango total de longitudes de onda emitidas con una intensidad mayor que la mitad del nivel de intensidad pico, o ancho total máximo medio, conocido como FWHM (Full Width Half Maximum).

- Potencia Promedio.- El promedio de potencia es el nivel de potencia de salida que da una fuente de luz durante la modulación, ésta usualmente se especifica para un diámetro particular de núcleo de fibra y apertura numérica. La mayor parte de la potencia se envía por la fibra, y la mayor parte de las pérdidas se dan por la longitud de las fibras, conectores o empalmes. El acoplar un transmisor a fibras que tengan diferentes diámetros del núcleo o apertura numérica tiene como resultado diferentes niveles de potencia transmitidos.
- Frecuencia de Modulación.- Es la razón a la cual se transmiten los cambios de intensidad.

### *TIPOS DE FUENTES DE LUZ*

Como se mencionó anteriormente existen dos tipos de Fuentes Transmisoras de Luz:

#### *Diodos electroluminiscentes (LED)*

En su forma básica, un LED es una unión p-n polarizada directamente.

El objetivo del diodo es proporcionar una fuente de luz para la transmisión por fibras, y uno de los mecanismos de pérdida sucede exactamente entre el dispositivo y el extremo de la fibra.

Este potencial exterior fuerza la inyección de electrones de la región n hacia la intrínseca, i, y de huecos de p hacia i, en la cual se recombinan los pares electrón hueco produciéndose fotones de energía  $h\nu$  aproximadamente igual a la del gap. Para la emisión de luz se emplean semiconductores directos, por tanto, para estos diodos no son adecuados ni el germanio ni el silicio, sino compuestos cuaternarios y heteroestructuras por su mayor eficiencia cuántica.

Dependiendo de los materiales y proporciones se obtiene con buen ajuste la máxima emisión en la longitud de onda deseada tanto en visible como infrarrojo dentro del margen de posibilidades.

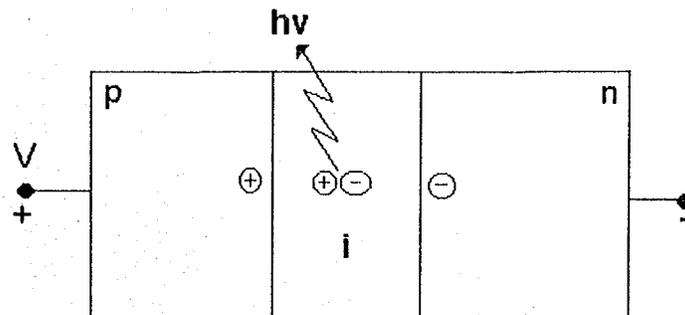


Fig. 1.12 Diodos electroluminiscentes (LED)

Los LED son dispositivos de emisión espontánea con una anchura de banda de 50nm.

Heteroestructuras.- Los LED descritos, de simple unión p-n son poco eficientes. Un tipo de LED de estructura múltiple y heterogénea es el diseñado por C.A.Burrus que se emplea mucho en alimentación de fibras ópticas por su alta eficiencia, debido a que el área activa es muy pequeña y la luz sale muy concentrada como para entrar directamente en la fibra. La siguiente figura muestra la estructura y componentes. Las láminas son muy delgadas (1 a 2 micrómetros) y entre la zona activa y la fibra pueden insertarse microlentes que concentren la luz emitida.

La desventaja que presenta es una anchura espectral de emisión relativamente grande. En general, las anchuras espectrales generadas por los LED suelen ir de los 100 a los 400 nm.

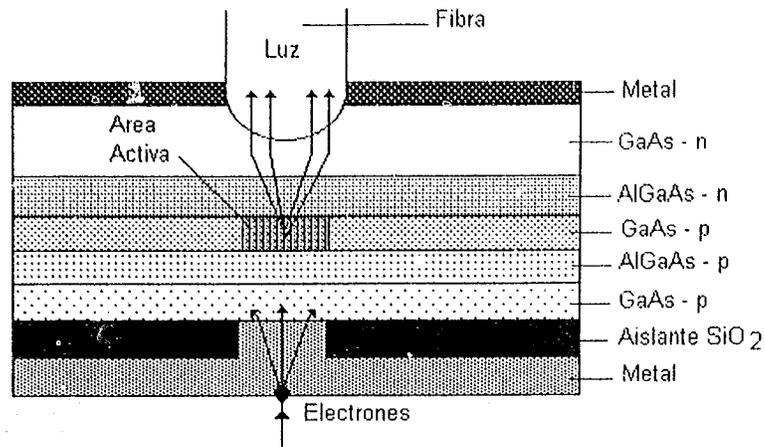


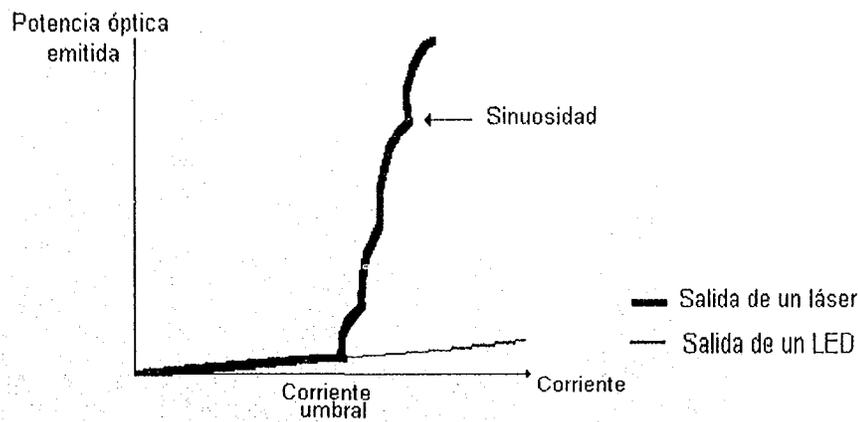
Fig. 1.13 Corte transversal de un LED

**Modulación.**- Por medio de dispositivos electrónicos adecuados se puede modular la corriente de inyección con lo cual resulta modulada la intensidad de emisión de luz entre cero y el máximo a frecuencias de gigaciclos.

Láser de semiconductor:

La otra fuente importante de luz es el láser de inyección de semiconductor. Su mecanismo es similar al de los LED, pero funciona con emisión estimulada tipo láser lo que produce una característica de salida diferente. En la siguiente figura se muestra la relación entre la potencia óptica de salida en función de la corriente de entrada de excitación, y en ella pueden observarse tres particularidades destacadas. Primero, la curva tiene dos zonas bien diferenciadas, la que está bajo el umbral y la que está por encima. El nivel del umbral está estrechamente relacionado con la estructura del dispositivo. Por debajo del umbral, el comportamiento del dispositivo es similar al de un LED y la salida presenta una anchura espectral bastante dilatada; en tanto que sobre el umbral, el dispositivo funciona por emisión estimulada y la anchura espectral se reduce

enormemente. La segunda particularidad notable es la gran pendiente de la curva por encima de la corriente umbral; ésto hace que el dispositivo sea muy rápido, rapidez que se aprovecha en los sistemas digitales de alta velocidad. Por último, la característica de salida presenta no linealidades por encima del umbral, estas alinealidades se llaman sinuosidades o pliegues y se cree que son debidas a ligeros cambios en la trayectoria de la corriente a través de la región activa, pudiéndose eliminar utilizando una configuración en tira.



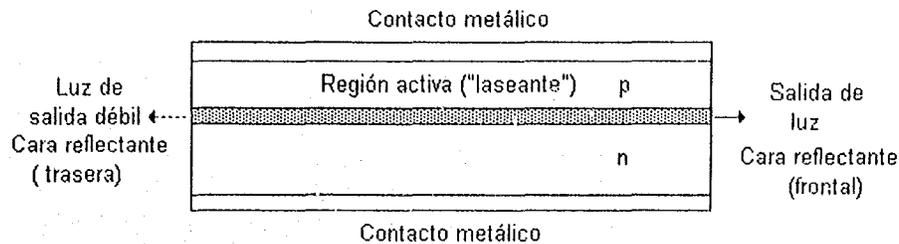
*Fig. 1.14 Relación de la potencia óptica de salida y la corriente para un láser y un LED*

Para los láseres de inyección se han utilizado varias estructuras. En su forma más simple, el dispositivo está formado por una unión p - n en GaAs, con terminales planos y paralelos a la unión, a los que se aplica la tensión de alimentación.

Dos de las caras opuestas (y perpendiculares al plano de la unión) son talladas y pulidas para que actúen como superficies reflectantes, entre las que puede conseguirse la ganancia esencial de los portadores a través de la unión. Por una de estas caras (o facetas, como a veces se les denomina) la luz se acopla a la fibra, mientras que la otra cara (la trasera) suele utilizarse para observar el comportamiento del dispositivo. En la siguiente figura se muestra uno de estos sencillos láseres.

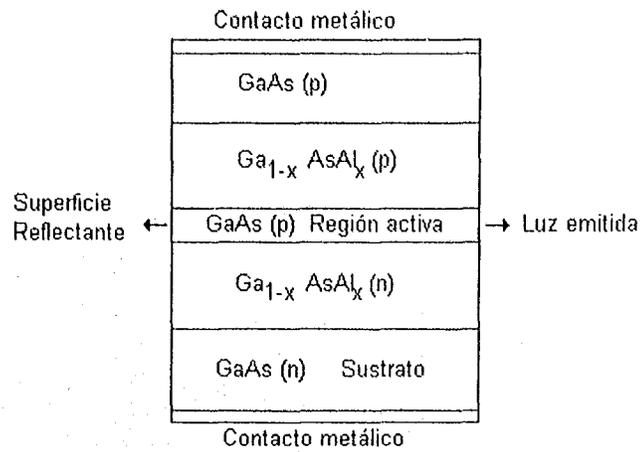
La región activa tiene un índice de refracción ligeramente superior que el de las capas adyacentes, lo que da lugar a un débil mecanismo de guiado de onda, permitiendo que la luz generada quede encerrada dentro de una estrecha región.

Este guiado de la luz es particularmente útil, ya que permite al dispositivo generar una luz intensa que es más adecuada para introducir en una fibra óptica que la generada por un LED, que produce una salida menos direccional.



*Fig. 1.15 Esquema del láser*

Para aumentar el confinamiento de la luz de la región activa se utiliza una estructura tipo heterounión (DH). La heterounión es una interfaz entre GaAs y GaAlAs, y en el dispositivo DH se coloca GaAlAs a cada lado de la región activa (constituida por GaAs). Aparte de proporcionar una acción de guiado más intensa, la estructura DH hace que la corriente umbral sea considerablemente más pequeña que la de la distribución homounión mostrada en la figura 2.3. Esta reducción de la corriente umbral es suficiente como para permitir que el dispositivo pueda funcionar de modo continuo, mientras que en la estructura homounión la densidad de corriente necesaria para mantener la acción "laseante" sólo puede conseguirse en modo pulsado.



*Fig. 1.16 Estructura del láser de heterounión doble*

El láser de inyección de semiconductor GaAlAs DH sólo es adecuado para longitudes de onda entre 0.8 y 0.9 micrómetros. Para longitudes de onda de 1.3 micrómetros hay que desarrollar materiales base diferentes. Las investigaciones actuales indican que el más prometedor es el InP, con capas "dopadas" de GaInPAs formando las heterouniones.

Desde el punto de vista de los sistemas de transmisión, el láser de inyección ofrece las ventajas de mayor intensidad, salida más directiva, tiempo de respuesta más rápido y menor anchura espectral que los LED. Estas ventajas se han conseguido a expensas de mayores tensiones de funcionamiento y de una circuitería de excitación más compleja, que es necesaria para compensar las variaciones en la corriente umbral producidas por los cambios de temperatura y el envejecimiento del láser de inyección.

## RECEPTORES OPTICOS

El rango de longitud de onda sobre el cual el receptor mantiene su nivel de sensibilidad es limitada, por lo que la longitud de onda del receptor debe ser seleccionada de acuerdo a la especificada por el transmisor.

Algunos de los parámetros característicos de los receptores que se deben considerar son los siguientes:

- a) Sensibilidad: Es una indicación de nivel de potencia mínimo de las señales recibidas, el cual puede ser entendido como un número específico de errores recibidos.
- b) La Tasa de Error de Bits; BER (Bit Error Rate): Este es un número fraccional del número de errores que pueden ocurrir entre la transmisión y recepción.
- c) Rango Dinámico: Se usa para definir la máxima potencia promedio recibida para la BER. Si una potencia excesiva es recibida en el detector, el resultado será una distorsión de la señal que afectará el bit de error, esta situación es más común en el láser que en los LED y es corregida por medio de atenuadores internos de línea.

Existen muchos dispositivos disponibles para detectar energía a las frecuencias ópticas.

Algunos son válvulas electrónicas de vacío y otros son de estado sólido, ya sean semiconductores o no. Existen también algunos efectos sensibles a la luz empleados para convertir la luz incidente en una señal eléctrica proporcional.

En los sistemas de comunicaciones, la potencia del haz incidente puede ser extremadamente pequeña, del orden de  $10e^{-14}$  vatios, lo que impone exigencias adicionales a los posibles receptores. Aunque se han utilizado diversos tipos de dispositivos, y existe una amplia

investigación y desarrollo de técnicas nuevas, se limitara la atención al detector semiconductor PIN (Positive-Intrinsic-Negative) y a su dispositivo asociado: el fotodiodo de avalancha (FDA).

### Fotodiodos PIN.

Este diodo consta de unas secciones p y n altamente "dopadas" separadas por una capa de bajo nivel de impurezas (capa intrínseca), tal y como se muestra en la siguiente figura:

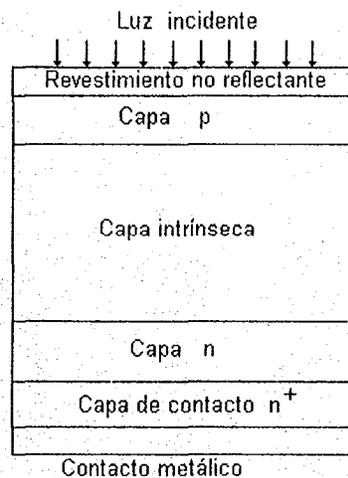


Fig. 1.17 Esquema de un diodo PIN

En las zonas fronterizas p - i y n - i se produce una depleción que se extiende a toda la zona intrínseca donde se neutralizan los portadores mayoritarios quedando cargas negativas en p y positivas en n, con lo cual se reproduce la situación anterior de la unión p-n con la ventaja, entre otras, de que la zona intrínseca es aquí mucho más ancha y puede recibir mucha más luz y producir mayor intensidad de corriente.

Se fabrican de Si y Ge dopados p y n, y también de cristales mixtos. Tanto los PIN como los fotodiodos no polarizados exteriormente, se emplean como células solares para transformar la radiación solar en corriente eléctrica, y en los satélites artificiales para suministrar alimentación eléctrica a todos sus dispositivos.

### Fotodiodos de avalancha (APD).

Son receptores p - n que se alimentan en sentido inverso a altos voltajes (entre 40 y 400 voltios), frente a los PIN que operan a 8 ó 10 voltios, y producen un gran efecto multiplicador debido a que los electrones fuertemente acelerados producen por choque con los átomos del material nuevos electrones libres que a su vez multiplican el efecto. Un solo electrón acelerado puede dar lugar a 100 electrones secundarios por efecto de avalancha o cascada. Las respuestas en los fotodiodos ordinarios p - n son corrientes eléctricas entre 0.5 y 0.8 amperios/vatio, y en los de avalancha entre 25 y 100 A/W.

El FDA es más sensible que el diodo PIN, pero su nivel de ruido también es mayor.

### *Velocidad de respuesta y eficiencia cuántica.*

Cuando hablamos del diodo PIN, se vió que los fotoelectrones se mueven a través de la capa de deplexión a una velocidad media e desplazamiento provocada por la tensión aplicada. El tiempo de tránsito correspondiente limita la velocidad de respuesta, y en consecuencia el ancho de banda del dispositivo. Si la capa de deplexión es estrecha puede conseguirse un tiempo de respuesta pequeño; sin embargo, la sensibilidad del dispositivo está relacionada con su eficiencia cuántica, y dicha eficiencia se hace mayor al incrementar la anchura de la zona de deplexión, por lo que existe un conflicto entre estos dos parámetros. En los receptores de Si la anchura de la capa de deplexión es aproximadamente de 50 micrometros y el tiempo de respuesta es del orden de 50 ns, mientras que en los de GaAs (arseniuro de galio) la capa de deplexión puede ser mucho más estrecha (dado que el coeficiente de absorción de fotones en el GaAs es mayor que

el del Si), por lo que tienen un tiempo de respuesta mucho más rápido: de unos 40 ps. Si la capa de depleción es muy estrecha, los fotoelectrones pueden inducirse en la región circundante de difusión y, antes de ser arrastrados a través de la capa de depleción, tendrán que propagarse desde dicha región de difusión, con la reducción consiguiente en la velocidad de respuesta.

### Fiabilidad.

Los receptores de Si se han fabricado durante muchos años para ser utilizados en el intervalo de longitudes de onda que van de 0.8 a 0.9 micrometros, y las mejoras en la configuración y en las técnicas de producción utilizadas han hecho posible la aparición en el mercado de dispositivos con vidas útiles proyectadas de muchos años, por lo que fácilmente pueden conseguirse dispositivos de alta fiabilidad. En los dispositivos de GaAs, que son utilizados para longitudes de onda de 1.3 micrometros, la experiencia es más limitada, aunque se prevén de nuevo largas vidas útiles. La razón que limita al Si a la región de las longitudes de onda más cortas es que su salto energético (banda prohibida) es de 1.1 eV, y la energía de los fotones con longitudes de onda superiores a unas 1.1 micrómetros tienen una energía inferior a dicho salto. A longitudes de onda de 1.3 micrómetros, que se están haciendo cada vez más atractivas dado el desarrollo de guías con muy bajas pérdidas para dicho valor, el Ge tiene una alta sensibilidad aunque, dado que los coeficientes de ionización de los electrones y de los huecos son casi iguales, el nivel de ruido es alto cuando se compara con el que se puede conseguir con el GaAs, el InP (Fosforo de Indio) o algunos compuestos más complejos tales como el InGaAs (Arseniuro de Galio e Indio).

### Ruido.

En los diodos PIN el ruido está generado por:

- Fluctuaciones aleatorias de la propia fotocorriente
- Radiación de fondo generada por otras fuentes de luz distintas a la deseada,
- Corriente generada por el dispositivo en ausencia de luz, esto es: la corriente de oscuridad

El ruido producido por los dos últimos puntos puede hacerse extremadamente pequeño en los dispositivos de Si, quedando el ruido de impacto (el primero).

En los FDA existe otra fuente de ruido, la debida a la aleatoriedad del proceso de ganancia. Dicho proceso amplifica el ruido de impacto.

La elección entre un diodo PIN y un FDA dependerá de las prioridades concedidas a la sensibilidad y a la relación señal/ruido, así como a las restricciones del funcionamiento. Un FDA puede ser mucho más sensible que un PIN si su ganancia media interna es alta; sin embargo, el ruido de impacto en algunos dispositivos se incrementa mucho más rápidamente que la ganancia.

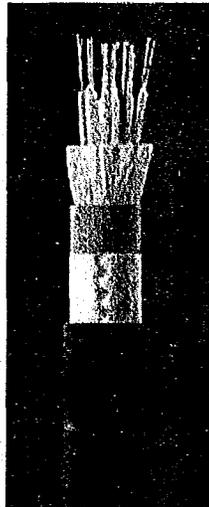
En la práctica, en aquellas aplicaciones en las que se necesita una buena relación señal/ruido, se utilizan los diodos PIN; pero si se concede más importancia a la sensibilidad, sería más apropiado un FDA.

Comparados con los diodos PIN, los dispositivos de avalancha tienen unas condiciones de funcionamiento menos atractivas: necesitan una tensión mucho mayor, posiblemente del orden de varios cientos de voltios; y son sensibles a las variaciones de temperatura, lo que significa que se precisa una circuitería más complicada para que puedan compensarse los posibles cambios de la temperatura.

## I.3. - CARACTERISTICAS FISICAS DE LA FIBRA ÓPTICA

Diámetro del núcleo cilíndrico (core)	9.3 mm $\pm$ 1 mm
Diámetro de propagación	10.3 $\pm$ 1 mm
Diámetro de envolvente concéntrica (cladding)	125 $\pm$ 3 mm
Radio de curvatura mínimo	20 x (diámetro de la fibra)
Concentricidad entre las tolerancias del campo y la envolvente	1 mm, REC. G.652 UIT-T
Circularidad entre las tolerancias del campo y la envolvente	Campo 6%, Envolvente 2%, Rec. G-652
Identificación	Etiquetas cada 3 Mts.
Tipo de cables	Coloreadas en toda su longitud dentro de los cables de cuerdo a la norma ANSI/EIA 359-A-1984.
Numero de fibras en cable	12
Método de instalación	Canalizado en flexoducto directamente enterrado, aéreo y en ductos subterráneos en interiores
Rango de temperatura De operación: De instalación:	-30 a +60° C -30 a +50° C
Vida útil estimada	Mayor de 25 años
Resistencia a compresión	De acuerdo a estructuras propuestas en los cables.
Profundidad de instalación terrestre	Directamente enterrado en el interior de cepa a 1.50 metros de profundidad

#### I.4. - ESTRUCTURA DEL CABLE



*Fig. 1.18 Estructura del cable de fibra óptica*

Las estructuras de los cables de fibra óptica se podrán establecer libremente, justificando técnicamente y con detalle cada elemento que lo integre. El cable de las fibras ópticas se instalará en dos modalidades: canalizado en flexoducto de polietileno de alta densidad (HDPE) directamente enterrado y canalizado en interiores. Es muy importante mencionar que los cables de fibra óptica a proponer deberán soportar las condiciones ambientales extremas como son el clima y la humedad de la ciudad.

La estructura dieléctrica de los cables para este tipo de aplicaciones deberá ofrecer a PEMEX Refinación lo óptimo en las características mecánicas y de operación de calidad y confiabilidad del sistema.

## **I.5. - CARACTERÍSTICAS DE RESISTENCIA MECANICAS DE LOS CABLES**

La fibra óptica como elemento resistente dispuesto en el interior de un cable formado por agregación de varias de ellas, no tiene características adecuadas de tracción que permitan su utilización directa.

Por otra parte, en la mayoría de los casos las instalaciones se encuentran a la intemperie o en ambientes agresivos que pueden afectar al núcleo.

La investigación sobre componentes optoelectrónicos y fibras ópticas han traído consigo un sensible aumento de la calidad de funcionamiento de los sistemas. Es necesario disponer de cubiertas y protecciones de calidad capaces de proteger a la fibra. Para alcanzar tal objetivo hay que tener en cuenta su sensibilidad a la curvatura y microcurvatura, la resistencia mecánica y las características de envejecimiento.

### *I.5.1. - COMPRESION*

Es el esfuerzo transversal. Una vez sometido a pruebas de compresión, el cable no deberá mostrar daño alguno visible y la variación de atenuación de la fibra no deberá exceder del valor especificado por el fabricante.

### *I.5.2. - TORSION*

Es el esfuerzo lateral y de tracción. La especificación de la resistencia a torsión, del tipo de cable propuesto, considerando que ninguna de las fibras ópticas deberá degradarse cuando el cable se sujete a dicha prueba.

Una vez sometido a pruebas de torsión, los cables no deberán presentar daños visibles y el cambio de atenuación causado por estas pruebas no deberá exceder del 0.05 db.

### *1.5.3. - FLEXION CICLICA*

La especificación de la resistencia a flexión cíclica del tipo de cable propuesto, considerando que ninguna de las fibras ópticas deberá degradarse cuando el cable se sujete a dicha prueba.

Una vez sometido a pruebas de flexión cíclica el cable deberá cumplir las siguientes condiciones:

- a) No deberá existir ruptura de ninguna fibra óptica.
- b) No deberá presentar daños visibles.
- c) El cambio de atenuación causado por esta prueba no deberá exceder lo especificado por el fabricante.

### *1.5.4. - DOBLEZ EN CONDICIONES DE TEMPERATURA ALTA Y BAJA*

La resistencia a doblez en condiciones de temperatura alta y baja, del tipo de cable propuesto, considerando que ninguna de las fibras ópticas deberá degradarse cuando el cable se sujete a dicha prueba.

Una vez sometido el cable a pruebas de doblez bajo condiciones de temperatura alta y baja, no deberá presentar daño visible alguno y ninguna fibra óptica deberá romperse.

### *1.5.5. - TENSION DE ROMPIMIENTO*

La resistencia a tensión de rompimiento del tipo de cable propuesto, considerando que ninguna de las fibras ópticas deberá degradarse cuando el cable se sujete a dicha prueba. La tensión de rompimiento o fuerza de ruptura del cable de fibras ópticas la deberá proporcionar el fabricante.

### *1.5.6. - RANGO DE TEMPERATURA*

De operación:  $-30^{\circ}\text{C}$  a  $+60^{\circ}\text{C}$

De instalación:  $-30^{\circ}\text{C}$  a  $+50^{\circ}\text{C}$

### *1.5.7. - CICLO TERMICO*

La variación de atenuación del cable de fibras ópticas no deberá exceder de 0.25 dB

Otro objetivo es minimizar las pérdidas adicionales por cableado y las variaciones de la atenuación con la temperatura. Tales diferencias se deben a diseños calculados a veces para mejorar otras propiedades, como la resistencia mecánica, la calidad de empalme, el coeficiente de relleno (número de fibras por  $\text{mm}^2$ ) o el costo de producción.

La especificación de la resistencia a impactos, compresión, torsión, radio mínimo de curvatura, flexión cíclica, doblez en condiciones de temperatura alta y baja y tensión de rompimiento, del tipo de cable propuesto, considerando que ninguna de las fibras ópticas deberá romperse o degradar sus parámetros de atenuación cuando los cables se sujeten a dichas pruebas.

Durante la etapa de evaluación técnica, PEMEX Refinación se reserva el derecho de verificar estas especificaciones y efectuar cualquiera de las pruebas indicadas en la(s) planta(s) del fabricante del cable.

## **CAPITULO II**

# **MULTIPLEXORES DIGITALES SDH Y SISTEMA DE ALIMENTACION**

## II. - MULTIPLEXORES DIGITALES SDH Y SISTEMA DE ALIMENTACION

En este capítulo se explica el funcionamiento de la tecnología de transporte de información tales como la Jerarquía Digital Síncrona (SDH) y de tecnología de conmutación de células como es el caso del Modo de Transferencia Asíncrono (ATM).

Así como la manera de integrar estas tecnologías que permitirán utilizarlas dentro de este proyecto.

También se describe el sistema de alimentación eléctrica que se propone para este proyecto.

## II.1. - SDH

Jerarquía Digital Síncrona, por sus siglas en inglés SDH (Synchronous Digital Hierarchy), se define como un conjunto de estructuras de datos jerárquicas que, insertadas en los frames síncronos STM, multiplexan la información de los usuarios por toda la red a través de enlaces ópticos. El SDH deriva del SONET, otro estándar desarrollado por Bellcore para obtener el máximo rendimiento de la transmisión digital sobre medios ópticos y que fue adoptado posteriormente por ANSI. Entre las ventajas de su empleo destaca la capacidad de transportar múltiples datos multiplexados, proporciona eficientes campos de overhead para la gestión de redes de alta velocidad.

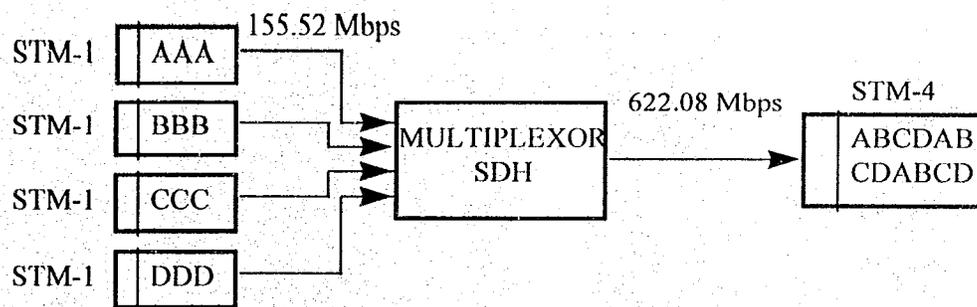


Fig. 2.1 Esquema de multiplexación de STM-1 a STM-4

Tres Argumentos fueron claves para el desarrollo del estándar:

1. La necesidad de disponer de métodos para la multiplexión de los sistemas de transmisión óptica, ya que un número de fabricantes había introducido sus propios esquemas de transmisión bajo criterios propietarios. Los modelos adoptados por Europa y EUA se deslizaban hacia la incompatibilidad.

2. Proporcionar accesos económicos para pequeños volúmenes de datos dentro de los frames ópticos. Este fue el motivo por el que SONEF se dirigió de nuevo hacia esquemas TDM.
3. Preparar el soporte de futuras demandas como las redes privadas virtuales, reserva dinámica de ancho de banda y soporte de ISDN basada en ATM.

La introducción de las jerarquías síncronas de transmisión (SDH) significa la inmediata simplificación en el manejo de las infraestructuras básicas de comunicaciones utilizadas en redes extensas. Las anteriores técnicas de multiplexión plesiócrona (PDH) obligan a convertir todo el tráfico en bits de igual tamaño, a pesar de haber sido generados con diferentes relojes, antes de multiplexarlos por enlaces de alta velocidad.

A consecuencia de este requerimiento resulta necesario añadir bits de relleno (stuffing) para completar los frames y acomodar cada fuente de tráfico. Una vez que el canal llega a su destino o deba ser conmutado individualmente, todo el frame debe ser demultiplexado y los bits de relleno descartados para recuperar la información original, mientras que los canales restantes habrá que devolverlos a multiplexar con otros nuevos, si los hubiera, y repitiendo la misma operación anteriormente descrita. Es decir, es necesario disponer de dos multiplexores por nodo de acceso o conmutación.

### *II.1.1. - LA JERARQUIA DIGITAL SINCRONA EN EL MODELO DE CAPAS*

Es muy común en el área de telecomunicaciones definir el funcionamiento de las tecnologías en bloques, SDH no es la excepción. Las redes SDH están divididas en varias capas, las cuales están directamente relacionadas con la topología.

- a) *Física*: es el nivel físico, incluye una especificación del tipo de fibra óptica que se puede utilizar y detalles como las potencias mínimas requeridas, las características de dispersión y atenuación de los láseres y la sensibilidad requerida en los receptores.

- b) Regeneración: es el camino entre dos equipos regeneradores, los cuales como su nombre lo indica, tienen el trabajo de regenerar el reloj y las señales de datos, las cuales pueden sufrir atenuación, distorsión por dispersión. Este nivel crea los niveles básicos de los frames convirtiendo señales eléctricas en señales ópticas si fuere el caso. La capa de regeneración: es responsable de derivar señales de reloj de la cadena de datos entrante. Los mensajes son recibidos por la extracción de varios canales de 64 Kbps en la sección de regeneración del encabezado (RSOH), dichos mensajes pueden también ser enviados utilizando dichos canales.
- c) Línea: el nivel responsable de la sincronización, el multiplexado de los datos en las tramas, la protección de las funciones de mantenimiento y conmutación.
- d) Encaminamiento: o nivel responsable del transporte punto a punto con la apropiada velocidad de señalización. Encargado de conectar terminales. Los datos son ensamblados al principio y no son desensamblados ni accedidos hasta que no llegan al final.

Cuando se utiliza SDH se elimina esta necesidad constante de multiplexar y demultiplexar las señales porque todas las señales son sincronizadas a la misma frecuencia haciendo innecesarios los bits de relleno, siendo posible introducir y extraer dinámicamente las señales de los frames portadores mediante los multiplexores denominados add-drop (ADM). Se ha pasado de dos multiplexores a uno solo en cada nodo de red.

Desde el plano de gestión, estos multiplexores pueden ser configurados remotamente para proporcionar anchos de banda específicos y adecuados a las necesidades de cada usuario. Otras facilidades permiten su monitoreo remoto para controlar las estadísticas de tráfico y los fallos que pudieran ocurrir, proporcionando rutas alternativas en caso de fallo, lo que reduce las necesidades de mantenimiento.

Las capacidades de SDH han sido desarrolladas en una estructura jerárquica de cuatro niveles:

Fotónico: es el nivel físico, incluye una especificación del tipo de fibra óptica que se puede utilizar y detalles como las potencias mínimas requeridas, las características de dispersión y atenuación de los láseres y la sensibilidad requerida en los receptores.

Sección: este nivel crea los niveles básicos de los frames convirtiendo señales eléctricas en señales ópticas.

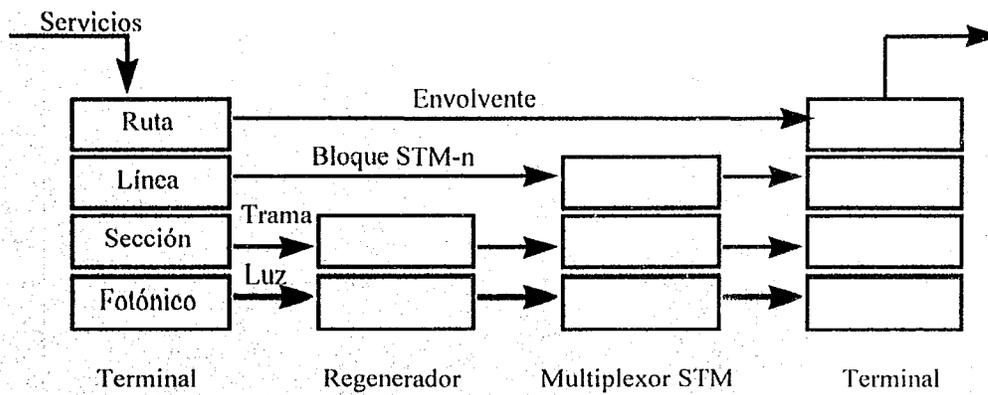


Fig. 2.2 Jerarquía lógica

Línea: es el nivel responsable de la sincronización, el multiplexado de los datos en las tramas, la protección de las funciones de mantenimiento y conmutación.

Encaminamiento: o nivel responsable del transporte punto a punto con la apropiada velocidad de señalización. Encargado de conectar terminales. Los datos son ensamblados al principio y no son desensamblados ni accedidos hasta que no llegan al final.

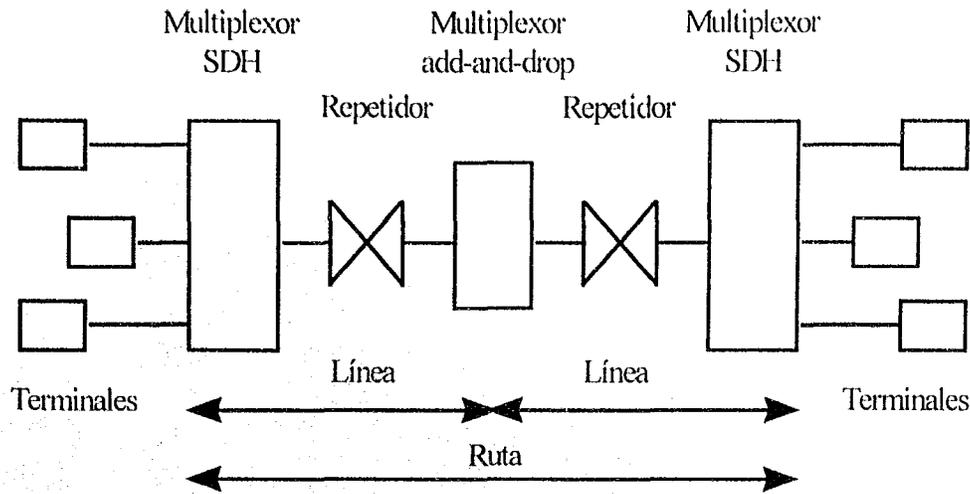


Fig. 2.3 Jerarquía física

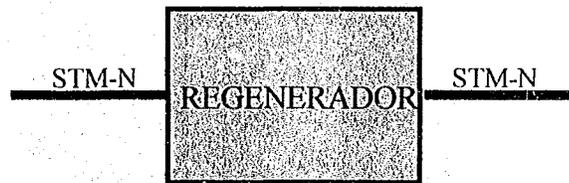
La facilidad de administración es una de las claves del SDH, siendo posible controlar desde un punto centralizado todos los equipos de interconexión, incluyendo líneas y multiplexores, al igual que detectar alarmas en el sistema, proporcionar niveles de calidad, la gestión de los anchos de banda y la redundancia en rutas pueden ser implementadas con mucha mayor facilidad que en los sistemas anteriores de transmisión.

La interrupción del tráfico provocado por la ruptura de una fibra óptica puede ser solventada inmediatamente si se disponen de configuraciones en anillo o enlaces alternos.

Estas funcionalidades, unidas a la redundancia de los mismos sistemas de transmisión, hace que las infraestructuras SDH sean seguras y flexibles.

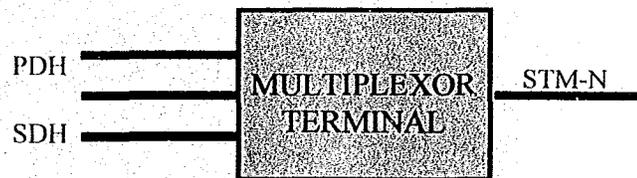
**II.1.2. · DIFERENTES ELEMENTOS DE RED EN SDH**

**REGENERADORES** Como su nombre lo indica, tienen el trabajo de regenerar el reloj y la amplitud relacionado con las señales de datos entrantes las cuales pueden venir atenuadas y distorsionadas debido a la dispersión. Los mensajes pueden ser recibidos de varios canales de 64 Kbps (por ejemplo de los canales de servicio E1, F1) del RSOH (sección de encabezado de regeneración). Los mensajes pueden ser propagados utilizando esos mismos canales. Se utilizan en enlaces de largas distancias, cuando la señal óptica sufre tanta atenuación que sería imposible que el elemento final pueda entender la información.



*Fig. 2.4 Regenerador*

**MULTIPLEXORES TERMINALES** Son utilizados para combinar señales de entrada plesiócrona (PDH) y síncronas (SDH) en un canal STM-N mayor jerarquía. Generalmente son utilizados en configuraciones punto a punto. Incluye funciones de sincronía y gestión.



*Fig. 2.5 Multiplexor terminal*

**MULTIPLEXORES DE INSERCIÓN Y DERIVACIÓN** También llamados ADM (Add and Drop Multiplexers por sus siglas en inglés). Permiten que señales plesiocronas y señales

síncronas de bajo orden puedan ser extraídas o insertadas de una señal SDH de un orden mayor. Esta facilidad también permite la posibilidad de crear estructuras de anillo, que permiten el respaldo automático de la trayectoria ante la posibilidad de falla de un elemento de red.

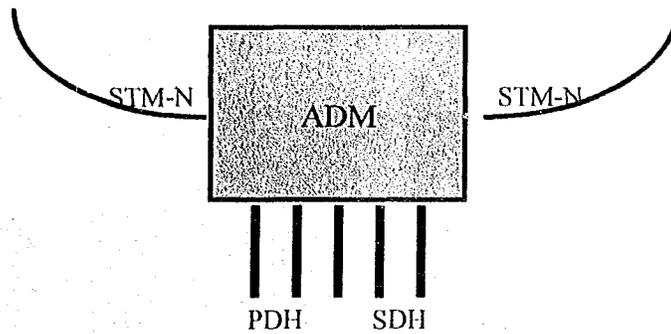


Fig. 2.6 Multiplexor Add and Drop

CROSS-CONNECTORS Este elemento contiene un rango muy grande de funciones. Entre ellas una que permite el mapeo de señales tributarias PDH dentro de contenedores virtuales y así mismo la conmutación de varios contenedores incluyendo VC-4.

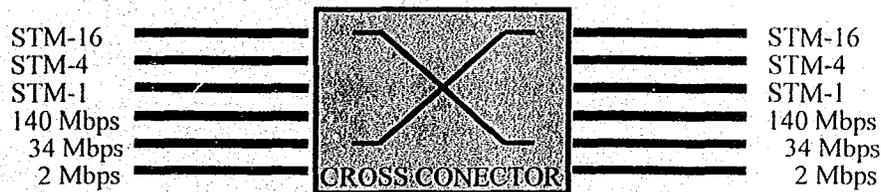


Fig. 2.7 Cross-Connector

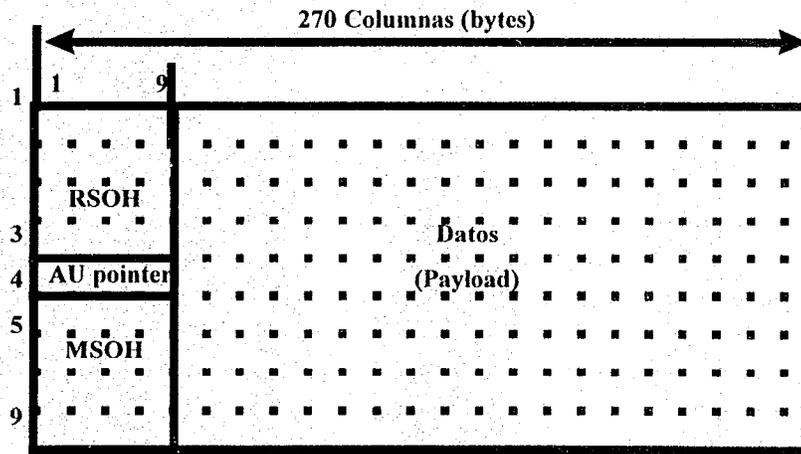
**II.1.3. - JERARQUIA DE SEÑALES SDH Y VELOCIDADES DE LINEA**

SDH	SONET	VELOCIDAD Mbps
STM-1	OC-3	155.520
STM-4	OC-12	622.08
STM-16	OC-48	2488.08
STM-64	OC-192	9953.28

Para velocidades mayores es necesario el uso de nuevas tecnologías como DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing).

**II.1.4. - FORMATO DE UN FRAME STM-1**

Un frame con una velocidad de 155.52 Mbps es definido por ITU-T en la recomendación G.707. Este frame es llamado módulo de transporte síncrono STM (synchronous Transport Module). Dado que este frame es el primer nivel de la Jerarquía Digital Síncrona, también es conocido como STM-1, en la siguiente figura se muestra el formato de un frame.



*Fig. 2.8 Frame STM-1*

Esta formado por una matriz de nueve líneas y 270 columnas, la transmisión se realiza línea por línea, empezando con el byte ubicado en la esquina superior izquierda y terminando con el byte situado en la esquina inferior derecha. Se transmiten 8000 frames por segundo. Cada byte en el encabezado representa un canal de 64 Kbps.

Un frame STM-1 es capaz de transportar cualquier señal tributaria PDH, claro, siempre y cuando sea menor o incluso igual a 140 Mbps. En el apéndice D se describe las funciones de los bytes del encabezado para un frame STM-1. En el apéndice E se describe mas a detalle el encabezado de un frame STM-1

## II.2. - ATM

El modo de Transferencia Asíncrono (ATM Asynchronous Transfer Mode) es una tecnología de conmutación de muy alta velocidad capaz de soportar aplicaciones multimedia de tráfico de datos, voz y video.

En las redes locales convencionales, por ejemplo Ethernet, se transmiten paquetes de longitud variable y se usa un esquema de contención no determinístico para acceder el medio. Cuando se transmiten datos de algún servicio en tiempo real tal como voz, ésto podría causar retardos intolerables. Además la longitud variable de los paquetes podría causar una variación de fase inaceptable (jitter).

En ATM se usan pequeñas unidades de longitud fija llamadas células, para transferir los datos. Los paquetes de datos son segmentados en células antes de ser colocados en el medio de transmisión y son reensamblados subsecuentemente en el destino. Esto conlleva a que las células de paquetes de tiempo crítico pequeño (por ejemplo las de tráfico de voz) sean intercaladas con aquellas de paquetes muy grandes (por ejemplo transferencia de archivos).

En resumen, las células de longitud fija y pequeña producen un retardo mucho menor y reducen el jitter en la transmisión de datos en tiempo real a través de la red.

ATM combina la ventaja de poder tener un ancho de banda garantizado, ofrecida por los servicios de emulación de circuitos, con la flexibilidad de la asignación de ancho de banda dinámico (bajo demanda) que ofrece la conmutación de paquetes. Antes de que la comunicación pueda tener lugar en una red ATM, se establece una conexión o circuito virtual entre el emisor y el receptor. El circuito virtual garantiza la disponibilidad del ancho de banda solicitado en la red.

A diferencia de los sistemas tradicionales orientados a conexión, tal como el sistema telefónico, en el que el ancho de banda de cualquier conexión punto a punto es estático, el ancho de banda

de un circuito virtual es dinámico y se establece cuando se crea este circuito.

En la mayoría de las redes, incluyendo la Ethernet, el cable es compartido por todos los dispositivos conectados a la red. En contraste, en la red ATM, el medio físico no es compartido. En vez de esto, cada dispositivo conectado a la red ATM tiene su propio enlace dedicado que se conecta directamente al switch.

Si analizamos los protocolos existentes para la transferencia de datos podemos distinguir los no orientados a conexión (tal como IP, utilizado en Internet) y los orientados a la conexión como son X.25 y ATM, siendo la ventaja de éste último sobre X.25, la utilización de tramas de longitud fija y reducida (células) frente a las tramas de longitud variable y larga (paquetes), situación que redundante en una garantía en los retardos máximos soportados, necesaria en la conmutación de información sensible al retardo (voz y video y, en general, información multimedia).

La segunda ventaja básica del protocolo ATM, frente a otros protocolos tradicionales de transferencia de paquetes, es una simplificación funcional. La hipótesis asumida es que los niveles físicos de la red son suficientemente fiables (típicamente, fibra óptica), por lo que ciertas funciones existentes en los protocolos convencionales (recuperación de errores, control de flujo, etc.) se consideran excepcionales y se relegan a los terminales extremos. Las funciones del nivel ATM, al simplificarse, son susceptibles de implementarse por hardware, lo que impone un aumento del throughput o volumen de información por unidad de tiempo, procesada por el elemento de red.

### *II.2.1. - TRANSFERENCIA DE INFORMACION*

ATM se considera un modo de transferencia orientado a conexión, basado en el multiplexaje asíncrono por división de tiempo y el uso de células de longitud fija de 53 bytes. Cada célula contiene un campo de información de 48 bytes y un encabezado de 5 bytes. El encabezado se usa principalmente para identificar las células pertenecientes al mismo canal virtual dentro del multiplexaje asíncrono por división de tiempo y, para realizar el direccionamiento apropiado. La integridad en la secuencia de las células se conserva para cada canal virtual.

El campo de información de las células ATM se lleva en forma transparente a través de la red, es decir, no se realiza ningún procesamiento, tal como control de errores, sobre este campo dentro de la red. Todos los servicios (voz, video, datos...) pueden ser transportados vía ATM, incluyendo los servicios no orientados a conexión. Para acomodar varios servicios, se han definido varios tipos de Capas de Adaptación (AAL), dependiendo de la naturaleza del servicio, para ajustar la información dentro de las células ATM, y para proporcionar funciones específicas del servicio (tales como recuperación del reloj, recuperación de células perdidas...). La información específica de la AAL está contenida dentro del campo de información de la célula ATM.

## II.2.2. - DIRECCIONAMIENTO

ATM es orientado a conexión. Los valores del encabezado son asignados a cada sección de una conexión para la duración completa de la misma, y trasladados cuando se conmuta de una sección a otra. La señalización y la información del usuario son transportadas en canales virtuales separados.

El estándar de la ITU-T se basa en el uso de direcciones para las redes ATM públicas. El Foro ATM extendió el direccionamiento de ATM para incluir redes privadas. Actualmente se utiliza el modelo de direccionamiento de subred o cubierta, en el que la capa ATM es la responsable del mapeo de direcciones de la capa de red hacia direcciones de la capa ATM. Este modelo de subred es una alternativa para el uso del protocolo de direcciones de la capa de red como es el caso de IP. El Foro ATM definió un formato de direcciones que se basa en la estructura de las direcciones NSAP (Puntos de Acceso al Servicio de Red) de OSI.

### *DIRECCIONES ATM CON FORMATO NSAP*

Para su uso dentro de redes privadas de ATM (caso de PEMEX Refinación), se designan direcciones ATM con un formato NSAP de 20 bytes, en tanto que las redes públicas típicamente utilizan direcciones E.164, formateadas tal como lo define la ITU-T. El Foro ATM especificó una codificación NSAP para direcciones E.164, que se utiliza en redes privadas.

Dichas redes privadas pueden basar su propio direccionamiento (formato NSAP) en la dirección E.164 de la UNI (Interfaz de red de usuario) pública.

Todas las direcciones ATM con el formato NSAP constan de tres componentes:

- AFI (Identificador de Autoridad y de Formato)
- IDI (Identificador del Dominio Inicial)

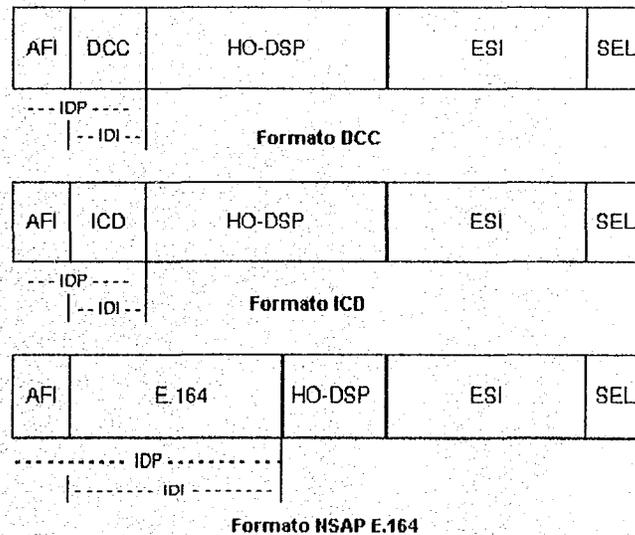
- DSP (Parte Específica del Dominio)

El AFI identifica el tipo y formato de IDI, el cual a su vez, identifica la ubicación de la dirección y la autoridad de administrativa. La DSP contiene información de ruteo.

Los tres formatos de direccionamiento privado de ATM difieren en cuanto a la naturaleza de AFI e IDI. En el formato E.164 codificado por NSAP, el IDI es un número E.164. En el formato DCC, el IDI es un DCC (Código de datos del País), que identifica a los diferentes países como lo especifica la ISO 3166. En el formato ICD, el IDI es un ICD (Designador de Códigos Internacionales), designados por la autoridad de registro ISO 6523 (el Instituto Británico de Estándares)

*CAMPOS EN DIRECCIONES ATM*

La siguiente imagen muestra los campos, asignados básicos en el direccionamiento ATM:



*Fig. 2.9 Diferentes tipos de formatos de direcciones ATM*

AFI (Identificador de la Autoridad y del Formato) Identifica el tipo de formato de la dirección (E.164, ICD o DCC).

DCC (Código de Datos del País) Identifica a los países en particular.

HO-DSP (Parte Específica del Dominio de Orden Superior) Combina el dominio de ruteo (DR) y el Identificador de área de las direcciones NSAP. El foro de ATM combinó estos campos para soportar una jerarquía de direccionamiento multinivel flexible para los protocolos de ruteo basados en prefijos.

ESI (Identificador del Sistema Terminal) Especifica la dirección MAC de 48 bits que administra el IEEE (Instituto de Ingenieros en Electricidad y Electrónica).

SEL (Selector) Se utiliza para el multiplexaje local dentro de las estaciones terminales y no tiene significado en la red.

ICD (Designador del Código Internacional) Identifica a las organizaciones internacionales particulares.

E.164 Indica la dirección E.164 de BISDN.

### *II.2.3. - RECURSOS*

Como ATM es orientado a conexión, las conexiones son establecidas, ya sea, en forma permanente o por la duración total de la conexión, en el caso de servicios conmutados. Este establecimiento incluye la asignación de un Identificador de Circuito Virtual (VCI Virtual Circuit Identifier) y/o un Identificador de Trayecto Virtual (VPI Virtual Path Identifier), pero también, la asignación de los recursos empleados en el acceso de usuario y dentro de la red. Estos recursos determinarán el throughput (régimen binario) y la Calidad del Servicio (QoS). Que

ueden ser negociados entre el usuario y la red a través del interfaz de usuario (UNI), durante la fase de inicio de la llamada y posiblemente durante la llamada.

*II.2.4. - IDENTIFICADORES DE CELULAS ATM*

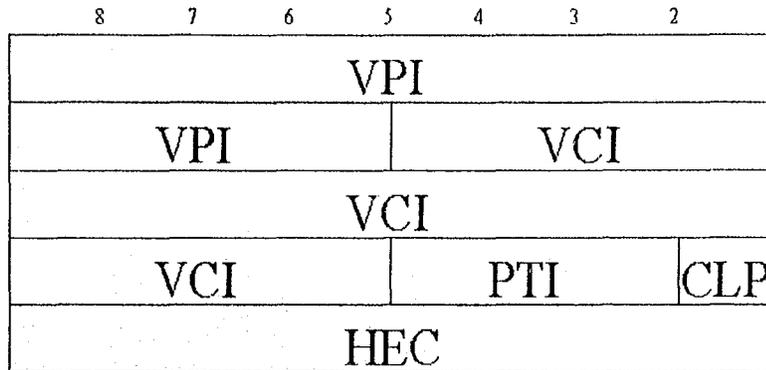
Los identificadores de las células ATM, tales como el de Trayecto Virtual (VPI) , Circuito Virtual (VCI) y también el del tipo de Carga Util, identifican una célula ATM en un medio físico de transmisión. El reconocimiento de la célula es la base para todas las demás operaciones. Tanto el VCI como el VPI son únicos para células pertenecientes a una misma conexión virtual en un medio de transmisión compartido.

8	7	6	5	4	3	2	1
GFC				VPI			
VPI				VCI			
VCI							
VCI				PTI		CLP	
HEC							

*Fig. 2.10 Estructura del encabezado ATM en la UNI (User Network Interface)*

Dentro de un circuito virtual particular, las células se pueden distinguir además, por su PTI, que depende del tipo de carga útil transportada por la célula. Este campo indica si la célula transporta información del usuario que deba ser entregada en forma transparente a través de la red o, información especial de la red.

En caso de que el campo indique información del usuario, una parte del campo de información indica el tipo de control de la red, en el cual la parte restante del campo de información puede ser procesada dentro de la red.



*Fig. 2.11 Estructura del encabezado ATM en la NNI (Network to Network Interface)*

Hay un número de identificadores de células ATM preasignados que se han elegido en la Capa ATM para identificar agrupamientos particulares de células en la interfaz de red del usuario (UNI) y en las interfaces entre los nodos de la red (NNI). Estos son necesarios para habilitar la comunicación con la red, y para realizar gestión de la red. Los identificadores de células sin asignar sirven para marcar anchos de banda inutilizados. Otros valores preasignados definen células de metaseñalización, células de señalización punto a punto, células de señalización de broadcast generales, células OAM (Operaciones y Mantenimiento) de la capa física y células de gestión de recursos.

### II.2.5. - CALIDAD DE SERVICIO (QoS)

La calidad de servicio de una conexión se refiere a la pérdida de células, el retardo y la variación de retardo en que incurren las células pertenecientes a esa conexión en una red ATM. Para ATM, la Calidad de Servicio de una conexión está estrechamente ligada al ancho de banda que ésta usa.

El propósito fundamental de la función "Policía" es el forzar a que cada conexión ATM cumpla con el contrato negociado de su tráfico. Todo esto se hace a través del UPC/UNC (Usage Parameter and Network Parameter Control) en UNI y en NNI.

Un algoritmo UPC/NPC debería exhibir las siguientes funciones principales:

- Capacidad de detectar cualquier situación ilegal de tráfico
- Tiempos de respuesta rápidos en caso de violaciones de parámetros
- Simplicidad de implementación

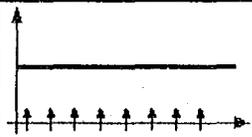
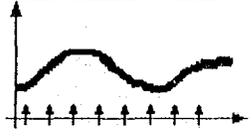
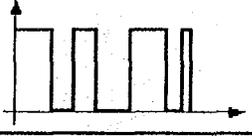
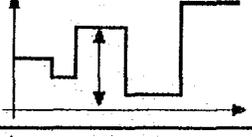
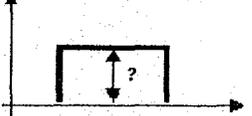
Algunos servicios se pueden beneficiar de una indicación de Prioridad de Pérdida de Células (CLP Cell Loss Priority) explícita en cada célula, llevada en un bit específico dentro del encabezado, como un medio de gestionar la pérdida de células durante periodos de congestamiento de la red.

Esto permite al usuario elegir entre dos regímenes de pérdida de células en una sola conexión virtual: prioridad alta para células que llevan información básica, y células con prioridad baja cuando estén sujetas a ser descartadas, dependiendo de las condiciones de la red.

Sin embargo, si este indicador se usa, será necesario indicar durante la fase de inicialización de la llamada la incidencia esperada de este indicador. Esto facilitará la asignación apropiada de los recursos de la red y la aplicación de los parámetros de control de la red.

*Clases de Tráfico*

**CBR Tasa de Bits Constante (Constant Bit Rate):** Se utiliza para conexiones que dependen de una temporización precisa para asegurar entrega sin distorsión, como es el caso del video a tiempo real.

Foro ATM	ITU-T	Tipo de Tráfico
CBR	DBR	
rt-VBR	En estudio	
nrt-VBR	SBR	
ABR	ABR	
UBR		

*Fig. 2.12 Tipos de tráfico*

**rt-VBR Tasa de Bits Variable en Tiempo Real (Variable Bit Rate - realtime),** Se utiliza para conexiones en las que hay una relación de temporización fija entre las muestras como el caso de video con compresión.

**nrt-VBR Tasa de Bits Variable en Tiempo No Real (Variable Bit Rate - non realtime)**: Se utiliza para conexiones en las que hay una relación de temporización fija entre las muestras pero que requiere una calidad de servicio garantizado.

**ABR Tasa de Bits Disponible (Available Bit Rate)**: Se utiliza para conexiones que no requieren relaciones de temporización entre origen y destino, el ABR no ofrece ninguna garantía en términos de retardo o pérdida de celdas y solo proporciona un servicio del mejor esfuerzo. Las fuentes de tráfico ajustan su tasa de transmisión en respuesta a la información que reciben respecto de la descripción del estatus de la red y su capacidad de entregar datos con éxito.

**UBR Tasa de Bits No Especificada (Unspecific Bit Rate)**: Permite enviar por la red cualquier volumen de datos hasta un límite máximo específico, pero no hay garantía en términos de pérdida de tasa ni retardo de las celdas.

#### *II.2.6. - PARAMETROS DE CONTROL DE UTILIZACION*

A diferencia del ambiente del Modo de Transferencia Síncrona, en ATM no hay limitaciones físicas en el régimen de acceso de usuario al medio de transmisión, aparte del régimen físico de células propio del medio. Por el contrario, el equipo de multiplexaje hará lo posible por evitar la pérdida de células, para ofrecer el máximo throughput posible que el usuario elija para enviar.

Sin embargo, como las conexiones virtuales comparten recursos físicos, medio de transmisión y espacio en buffer, el uso excesivo de recursos por un usuario desequilibra el tráfico para otros usuarios. Por lo tanto, el throughput debe ser vigilado en la interfaz de red del usuario por medio de la función "Parámetro de Control de Utilización de la Red", para asegurar que el contrato negociado por cada VCC o VPC entre la red y suscriptor sea respetado por cada uno de estos. Los parámetros de tráfico podrían describir el throughput deseado y el QoS en el contrato en forma no ambigua.

### *II.2.7. SEÑALIZACION*

La negociación entre el usuario y la red con respecto a los recursos (VCI/VPI, throughput, QOS) se realiza en un canal virtual de señalización por separado. El protocolo de señalización a ser usado en este canal virtual será una ampliación del usado en NISDN.

La especificación de la señalización tiene como punto de referencia la señalización de la NISDN. La señalización de NISDN tiene capacidad limitada para soportar llamadas compuestas por varios componentes o canales, mientras que algunos servicios de la BISDN tienen características de conexión y/o multipunto que imponen nuevos requisitos en número y tipo de conexiones necesarias para poder soportarla, así como facilidades para manipular las distintas conexiones que las componen (por ejemplo, añadir/eliminar conexiones durante la llamada, soportar las características de la conexiones, etc.), por lo que parece claro la exigencia de un nuevo modelo de señalización que supere las restricciones de los sistemas actuales (de NISDN) soportando entornos de red diferentes.

### *II.2.8. CONTROL DE FLUJO*

En algunos casos, será necesario tener la posibilidad de controlar el flujo de tráfico en conexiones ATM desde una terminal hacia la red. Para cubrir ésto, se ha propuesto por CCITT un mecanismo de Control Genérico de Flujo (GFC Generic Flow Control) sobre la Interfaz de Red del Usuario (UNI User Network Interface). Esta función es soportada por medio un campo específico en el encabezado de la célula ATM. Se prevee el uso de dos conjuntos de procedimientos a utilizarse dentro del campo GFC: Transmisión sin Control y Transmisión Controlada.

El procedimiento de Transmisión Sin Control es para usarse en configuraciones punto a punto. El procedimiento de Transmisión Controlada puede ser usado en ambas configuraciones: punto a punto y medio compartido.

### *Operaciones y Mantenimiento*

CCITT ha definido 5 niveles de conectividad en la red de transporte ATM. La capa física se compone de los 3 niveles más bajos: la Sección de Regeneración en el nivel más bajo, el nivel Sección Digital y el nivel de Trayecto de Transmisión. La capa ATM esta formada por los dos niveles restantes: el nivel de Trayecto Virtual, y por encima el nivel de Circuito Virtual. Cada uno de estos niveles tiene su propio flujo de operaciones y mantenimiento llamados F1 a F5, comenzando con F1 en el nivel de Sección de Regeneración.

#### *II.2.9. - MODELO DE CAPAS*

El modelo OSI de la ISO frecuentemente se usa para modelar todo tipo de sistemas de comunicaciones. La misma lógica de Arquitectura Jerárquica usada en OSI, es utilizada en la recomendación I.321 de la Red ATM. Sin embargo, sólo se aplica a los niveles más bajos.

El modelo usa incluso el concepto de planos separados para la segregación de funciones de usuario, gestión y control. Esta organización en planos también fue utilizada en la Red Digital de Servicios Integrados de Banda Estrecha (RDSI-BE) y está descrita en la recomendación I.320 del CCITT.

El modelo para ATM se muestra en la siguiente figura.

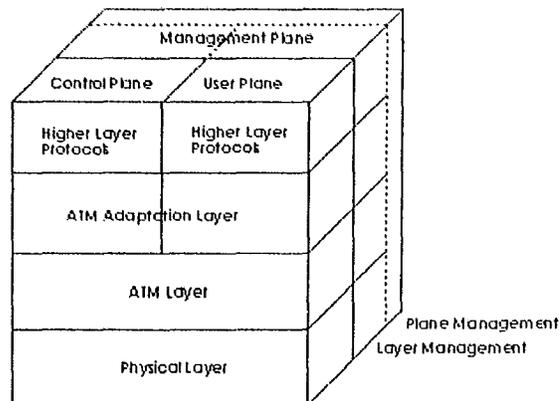


Fig. 2.13 Modelo ATM

Contiene 3 planos:

- Un plano de Usuario: para transportar información del usuario.
- Un plano de Control: compuesto principalmente de información de señalización
- Un plano de Gestión: usado para mantener la red y realizar funciones operativas.

Adicionalmente, se ha añadido una tercera dimensión, llamada Plano de Administración, que es responsable de la administración de los diferentes planos. Para cada plano se usa una aproximación a niveles o capas como en OSI, con independencia entre niveles.

#### Capa Física.

La capa física está compuesta por dos subniveles: El Subnivel de Medio Físico (PM Physical Medium), el cual soporta funciones de bit dependientes puramente del medio, el subnivel de Convergencia de Transmisión (TC Transmission Convergence), que convierte el flujo de células ATM en bits para ser transportados sobre el Medio Físico.

- Subcapa del Medio Físico.- Esta subcapa es responsable de la transmisión y recepción correcta de bits en el medio físico apropiado. En el más bajo nivel de esta capa esta función

es completamente dependiente del medio (óptico, eléctrico,...) y es llamada Medio Físico (PM Physical Medium). Adicionalmente, esta subcapa debe garantizar una reconstrucción apropiada del bit timing en el receptor. Por lo tanto, la entidad al punto de transmisión será responsable de insertar la información requerida de bit timing y codificación de línea.

- Subcapa de Convergencia de Transmisión.- En esta subcapa los bits son ya reconocidos tal como vienen de la subcapa PM. En esta subcapa se realizan básicamente 5 funciones:
  1. Después de la reconstrucción de los bits se hace la adaptación al sistema de transmisión utilizado. Los sistemas pueden ser: Jerarquía Digital Síncrona (SDH Synchronous Digital Hierarchy) o Jerarquía Digital Plesióncrona (PDH Plesiochronous Digital Hierarchy) o basada en Células. Las células se fijan dentro del sistema de transmisión de acuerdo al mapeo estandarizado.
  2. Generación de la verificación de Error en Encabezado (HEC Header Error Check) para cada célula durante la transmisión y su verificación en el receptor. Esto permite detectar las fronteras de la célula así como la delineación apropiada de la célula en el receptor.
  3. Delineación de la célula, basado en el algoritmo delineador HEC, el cual asume que si el HEC es reconocido para un número consecutivo de células entonces se ha encontrado la frontera correcta de la célula.
  4. Una vez que la delineación se ha localizado se aplica un método adaptativo, que usando el HEC, detecta y corrige errores en el encabezado dependiendo de la situación.
  5. Finalmente, esta subcapa debe asegurar la inserción y supresión de células sin asignar, para adaptar el régimen utilizable a la carga útil del sistema de transmisión. Esta función se llama desacoplamiento del régimen de células.

*La capa ATM*

La capa ATM es completamente independiente del medio físico utilizado para transportar las células ATM y por lo tanto es independiente de la Capa Física. Las siguientes son las principales funciones realizadas por esta capa:

- Multiplexaje y Demultiplexaje de células de conexiones diferentes (identificadas por valores diferentes de VPI y VCI) dentro de un sólo flujo de células de la capa física.
- Traducción del Identificador, ya que éste es requerido en la mayoría de los casos cuando se conmuta una célula desde un enlace físico hacia otro dentro de un conmutador ATM o en una conexión cruzada. Esta traducción se puede realizar ya sea en el VPI o en el VCI por separado o en ambos simultáneamente.

Convergence	CS	AAL
Segmentation and reassembly	SAR	
Generic flow Control	TC	PHY
Cell VPI/VCI translation		
Cell Multiplex and Demultiplex		
Cell rate decoupling	PM	
HEC header sequence generation/verification		
Cell delineation		
Transmission frame adaptation		
Transmission frame generation/recovery		
Bit timing		
Physical medium		

CS= Convergence Sublayer SAR=Segmentation and Reassembly TC= Transmission Convergence

*Fig. 2.14 Subcapas y Funciones del Modelo de Protocolo de Referencia*

- Entrega al usuario de un VCC o VPC, una clase de QoS de las clases soportadas por la red. Algunos servicios pueden requerir de un determinado QoS para una parte del flujo de células de una conexión, y un QoS menor para el resto.

- Funciones de Gestión de los parámetros de calidad de servicio.
- Extracción/Adición del encabezado de la célula antes o después de que la célula sea entregada a o desde la Capa de Adaptación.
- Implementación de un mecanismo de control de flujo en la interfaz de red del usuario.

#### *La Capa de Adaptación de ATM (AAL)*

La capa de Adaptación de ATM amplía el servicio proporcionado por la Capa ATM hacia un nivel requerido por la capa superior más próxima. Esta capa realiza funciones para los planos de usuario, control y de gestión, así como el soporte de mapeo entre la capa ATM y la capa superior más próxima. Las funciones realizadas por la AAL dependen de los requerimientos de la capa superior.

La AAL está subdividida en dos subcapas: la de segmentación y reensamblado (SAR) y la subcapa de convergencia (CS).

El propósito principal de la SAR es la segmentación de la información de la capa superior en un tamaño adecuado a la carga útil de las células ATM de una conexión virtual y la operación inversa: reensamblado del contenido de las células de una conexión virtual en unidades de datos que se entregarán al nivel superior.

La Subcapa de Convergencia realiza funciones tales como la identificación de mensaje, recuperación de reloj, etc. Para algunos tipos de AAL que soportan el transporte de datos sobre ATM, la subcapa de convergencia se ha subdividido en : Subcapa de Convergencia de Parte Común (CPCS Common Part Convergence Sublayer) y Subcapa de Convergencia de Servicio Específico (SSCS Service Specific Convergence Sublayer).

Algunos usuarios del servicio de AAL podrían encontrar el servicio ATM suficiente para sus requerimientos. En ese caso AAL podría estar vacío.

Las Unidades de Servicios de Datos (SDU Service Data Units) del AAL son transportadas de un Punto de Acceso al Servicio (SAP Service Access Point) de la AAL hacia uno o algunos otros a través de la red ATM. Los usuarios de AAL tendrán la capacidad de seleccionar un AAL-SAP dado que esté asociado con el QOS requerido para transportar las SDU- AAL.

#### *II.2.10. - EMULACION DE LA LAN*

La emulación de la LAN o también llamado ELAN, es un estándar definido por el Foro ATM, que ofrece a las estaciones conectadas vía ATM las mismas capacidades que pudieran tener normalmente las LAN tradicionales como Ethernet y Token Ring. Como su nombre lo sugiere, la función del protocolo ELAN es emular una LAN arriba de una red ATM. Específicamente, el protocolo ELAN define mecanismos para la emulación de una red LAN IEEE 802.3 Ethernet o una LAN IEEE 802.5 Token Ring.

El actual Protocolo ELAN no define un encapsulamiento diferente para FDDI. Los paquetes FDDI deben ser mapeados a las LAN Ethernet o Token Ring por medio del uso de técnicas de puenteo de traducción existentes.

Tanto Fast Ethernet y la IEEE 802.12 (100 VG-AnyLAN) se pueden mapearse sin ningún cambio debido a que se utilizan los mismos formatos de paquetes.

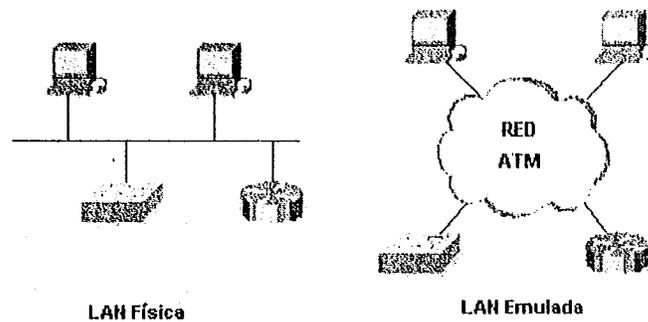


Fig. 2.15 Esquema típico de una red tradicional y una red emulada

El protocolo ELAN define una interfaz de servicio para los protocolos de la capa superior (capa de red) que es idéntica a la correspondiente de las LAN existentes. Los datos enviados a través de la red ATM se encapsulan en el formato de paquete LAN MAC adecuado. Los protocolos ELAN hacen que una red ATM se vea y comporte como una LAN Ethernet o Token Ring aunque opere mucho más rápido que una red real de este tipo.

La finalidad de ELAN no es emular el protocolo MAC real de la LAN (esto es, CSMA/CD para Ethernet o Estafeta circulante para Token Ring). ELAN no requiere modificaciones en los protocolos de la capa superior para poder operar a través de una red ATM. Como el servicio ELAN presenta la misma interfaz de servicio de los protocolos MAC existentes hacia los manejadores de la capa de red (como una interfaz de manejador NDIS u ODI), no se requiere ningún cambio en esos manejadores.

#### ARQUITECTURA DEL PROTOCOLOS ELAN

La función básica del protocolo ELAN es la resolución de direcciones MAC en direcciones ATM. El objetivo es resolver dichos mapeos entre direcciones para que los sistemas terminales puedan establecer conexiones directas entre ellos mismos y posteriormente enviar datos. El

protocolo ELAN se utiliza en dos tipos de equipos conectados a una red ATM: en tarjetas de interfaz ATM (NIC) y en el equipo de conectividad y de conmutación LAN.

Las NIC de ATM implementan el protocolo e interfaz ELAN en la red ATM, sin embargo presentan la interfaz de servicio de LAN existente a los manejadores de protocolos de los niveles superiores dentro de los sistemas terminales conectados. Los protocolos de la capa de red en los sistemas terminales continuarán comunicándose como si estuvieran en una LAN conocida utilizando los procedimientos acostumbrados.

Un segundo tipo de mecanismo de red que se implementa en ELAN consta de conmutadores y ruteadores LAN conectados a ATM. Estos dispositivos, junto con los demás equipos ATM conectados directamente con NIC ATM, se utilizarán para ofrecer un servicio de LAN virtual, en el que los puertos en los conmutadores LAN se asignarán a las LANs virtuales particulares, independientemente de su localización física.

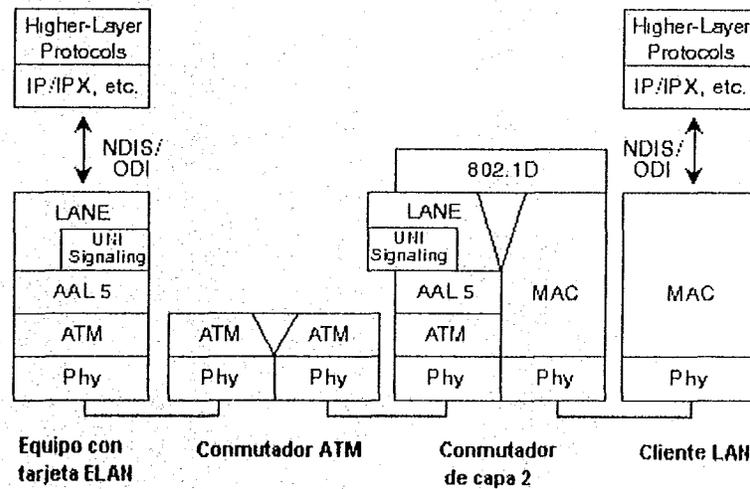
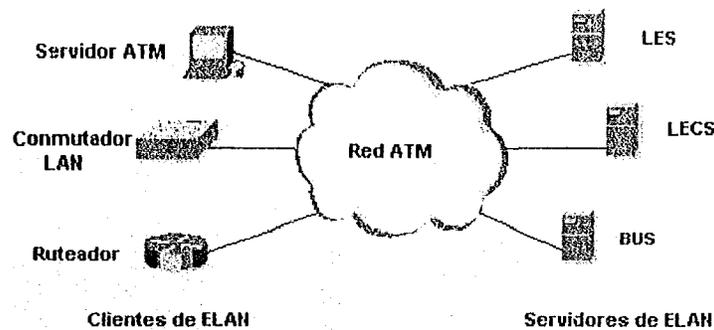


Fig. 2.16 Esquema de trabajo del protocolo ELAN

**COMPONENTES DE ELAN**

El protocolo ELAN define la operación de una sola LAN Emulada (una ELAN equivale a una LAN Virtual VLAN). Aunque es posible que haya varias ELANs al mismo tiempo en una sola red ATM, una ELAN emula una red Ethernet o una Token Ring y consta de los siguientes componentes:



*Fig. 2.17 Componentes del protocolo ELAN*

- LEC (Cliente de Emulación de LAN) El LEC es una entidad de un sistema terminal que desempeña el direccionamiento de datos, la resolución de direcciones y el registro de las direcciones MAC con el LES. El LEC también proporciona una interfaz estándar de LAN para los protocolos de alto nivel en las LANs tradicionales. Un sistema terminal de ATM que se conecta a múltiples ELAN tendrá un LEC por cada ELAN.
- LES (Servidor de Emulación LAN) Este ofrece un punto de control central para que las LECs envíen información de control y registro. (Solo hay un LES por cada ELAN).

- BUS (Servidor de Difusión y Desconocido) EL BUS es un servidor de multidifusión que se utiliza para dispersar el tráfico con direcciones destino desconocidas y, direccionar tráfico de multidifusión y difusión a clientes dentro de una ELAN particular. (Cada LEC está asociado con un solo BUS por cada ELAN).
- LECS (Servidor de configuración de la ELAN) El LECS conserva una base de datos de los LECs y las ELANs a las que pertenecen. Este servidor acepta solicitudes de los LEC y responde con el identificador ELAN adecuado, es decir, la dirección ATM del LES que da servicio a la ELAN apropiada. Hay un LECS por cada dominio administrativo y da servicio a todas las ELANs dentro del dominio.

### II.3. - INTEGRACION DE ATM SOBRE SDH

Existe un gran número de capas físicas estandarizadas y propuestas, tanto para redes públicas como privadas. Por otra parte, habría que realizar previamente un análisis de las jerarquías digitales, la PDH o Jerarquía Digital Plesiócrona y SDH o Jerarquía Digital Síncrona. La PDH se basa en las estructuras existentes para los sistemas MIC, que parten de canales de 64 Kbps. La SDH es la propuesta actual y se basa en una estructura básica compuesta por 9 filas y 270 columnas de octetos, de los cuales 261 son de información y 9 son de control. Así pues, si una estructura SDH tiene que transmitirse en 125 microsegundos, la velocidad binaria necesaria es de 155.52 Mbps.

#### II.3.1. - JERARQUIAS DIGITALES EN REDES DE BANDA ANCHA

Para comprender la operación de la capa física, particularmente en las redes públicas ATM, es conveniente hacer una digresión sobre la evolución de las jerarquías de las estructuras digitales.

Los sistemas de transmisión actuales tienen una serie de limitaciones muy significativas cuando se desea universalizar su utilización para una gran capacidad de ancho de banda, hasta los Gbps y todo tipo de tráfico. Como consecuencia de las limitaciones de los sistemas actuales, surge el concepto de Jerarquía Digital Síncrona, o su acrónimo en inglés, SDH (Synchronous Data Hierarchy), que culminó con las recomendaciones del CCITT G.707, G.708 y G.709, publicadas en 1989 en el libro azul del CCITT. En Norteamérica, ANSI definió las especificaciones SONET, análogas a SDH, con la incorporación de la velocidad de 51,58 Mbps para U.S.A. y Japón, así como algunos de sus múltiplos, no especificados en SDH.

#### II.3.2. - LA JERARQUIA DIGITAL SINCRONA SDH

La velocidad binaria básica definida en SDH es 155,52 Mbps. Esta velocidad se deriva de una estructura matricial constituida por 270 columnas y 9 filas de octetos en donde se transmite la

información. La transmisión es secuencial, de manera que se transmiten primero los octetos correspondientes a la primera fila, seguidamente los de la segunda y así sucesivamente. En cada octeto se transmite primero el bit más significativo. Si en cada estructura de  $270 \times 9$  octetos se desea transmitir un octeto de un canal telefónico, por el teorema de Nyquist, se deben transmitir 8,000 estructuras por segundo (una estructura cada 125 microsegundos). En consecuencia, la velocidad es de  $270 \times 9 \times 8,000$  bits = 155.52 Mbps. Se definen también las velocidades binarias más altas, múltiplos de la anterior, como 622.080 Mbps.

En la estructura de  $270 \times 9$  octetos se distinguen fundamentalmente los siguientes campos:

Las 9 primeras columnas constituyen lo que se denomina Función Auxiliar de Sección o Transport Overhead. Entre sus funciones más significativas están: entramado, detección de errores, canal de comunicación para gestión de red y señalización de mantenimiento. También incluye apuntadores que indican la posición de los diversos canales, ya sean síncronos o plesiócronicos, dentro de la estructura. En la Función Auxiliar de Sección está contenida la SOH (Section OverHead), constituida por los octetos de las filas 1 a 3 y 5 a 9, columnas 1 a 9; los octetos de la fila 4, de las columnas 1 a 9, constituyen los apuntadores que indican el comienzo de la POH, Path OverHead, o Función Auxiliar del Trayecto, constituida a su vez por las 9 primeras columnas de la carga útil. Si bien la carga útil, incluyendo POH, está formada por 9 filas y 261 columnas, su posición "flota" entre dos estructuras matriciales, partiendo de la señalada por los apuntadores de las 9 primeras columnas de la fila 4.

### *II.3.3. - CAPAS FÍSICAS EN REDES ATM*

Entre las capas físicas propuestas para las redes ATM, pueden señalarse:

- ATM sobre SDH: STM-1 (155.52 Mbps) y STM-4 (622.08 Mbps)
- ATM sobre PDH: E1 (2,048 Mbps), DS1 (1,548 Mbps), Ds2 (6,312 Mbps), E3 (34,368 Mbps), E4 (139,264 Mbps) y DS3 (44,736 Mbps).

- ATM a 100 Mbps sobre FDDI (TAXI).
- ATM a 25.6 Mbps. (Solución propuesta por IBM en el Foro ATM para llevar ATM a la estación de trabajo).

#### Capa física ATM sobre STM-1 a 155.52 Mbps

En este apartado describimos un caso característico de aplicación de la tecnología ATM sobre entornos públicos. Estos entornos se caracterizan por disponer de una estructura de transporte a la que se debe adaptar la transferencia ATM.

Las estructuras de transporte actuales se basan normalmente en la Jerarquía Digital Plesiócrona, (PDH) que si bien, progresivamente se irán desplazando hacia estructuras basadas en SDH.

#### Subcapa dependiente del medio:

El medio físico puede ser óptico o eléctrico. En ambos casos se utilizan dos circuitos por enlace, uno para cada sentido de la transmisión, con una velocidad binaria de 155.52 Mbps. Es responsabilidad de esta subcapa la temporización de bit y la recuperación del reloj en el receptor. Las especificaciones para la interfaz eléctrica están definidas en la Recomendación G.703. El medio óptico permite una cobertura entre 800 y 2,000 m., utilizándose fibra óptica Multimodo (MMF) y de 2,000 a 15,000 m. utilizándose fibra óptica Monomodo (SMF).

El código de línea utilizado es NRZ, con lo que la velocidad de línea es también 155.52 Mbps. El reloj se deriva de la señal recibida de línea.

#### Subcapa de Convergencia de Transmisión:

El flujo de células se transporta en una estructura SDH. El flujo, de acuerdo con las Recomendación de la UIT-T, se transporta en el Contenedor 4 (C-4), que se empaqueta en el

Contenedor Virtual 4 (VC-4), conjuntamente con el POH. El Contenedor Virtual 4 coincide en dimensiones con la Unidad Administrativa 4 (AU 4), pero no está necesariamente alineado con ella. Las células ATM se alinean a nivel de octeto y deben cruzar la frontera del C-4, puesto que la capacidad de éste ( $260 \times 9$  octetos) no es múltiplo entero de los 53 octetos de la célula.

La carga útil del C-4 es fácil de evaluar, la eficiencia es de  $260/270$ , lo que supone una capacidad útil de transporte de 149,76 Mbps. El número de octetos útiles de transporte contenidos en un C-4 es de  $260 \times 9 = 2340$ , equivalente a 44 células con un remanente de 8 octetos.

Lógicamente, también existen especificaciones para la transformación de flujos ATM de velocidades inferiores en contenedores de menor capacidad.

Las funciones que realiza la subcapa de convergencia son las siguientes:

- Generación y recuperación de tramas.
- Aleatorización y desaleatorización para extracción del reloj.
- Delimitación de células mediante el uso del HEC.
- Generación y Verificación del HEC.
- Desacoplo de velocidades.

Cuando se transportan flujos ATM de velocidad inferior es necesario incluir la función de multiplexaje de los contenedores.

De acuerdo con la operación de la estructura STM-1, los pasos necesarios para su formación, cuando transporta células ATM son:

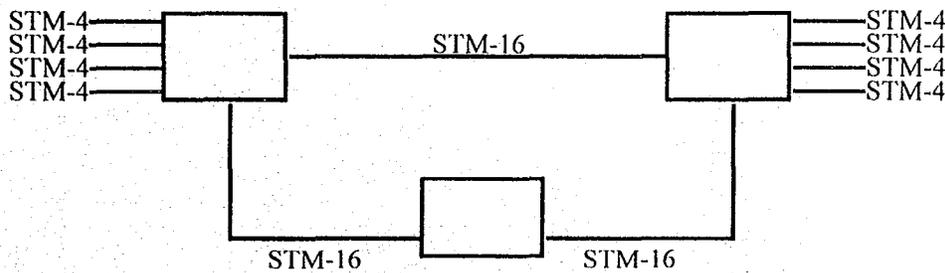
- Inclusión de las células en el contenedor C-4.
- Generación del Contenedor Virtual VC-4 añadiendo el POH al C-4.

- Generación de la Unidad Administrativa AU-4 añadiendo el apuntador que indica la primera posición del VC-4 dentro de la trama STM-1.
- Formación del SOH para formar la trama STM-1 completa.

La implementación de las funciones de OAM se realiza de acuerdo con las recomendaciones G.708 y G.709, mediante el uso de algunos octetos de los campos SOH/POH.

## II.4. - CONFIGURACION DEL SISTEMA

Los equipos terminales ópticos y multiplexores digitales SDH STM-16 a 2.4 Gbps de inserción/extracción deberán equiparse en configuración redundante de línea protegida (1+1) con capacidad de insertar/derivar de la tributaria troncal STM-16 a 2.4 Gbps cuatro tributarias STM-4 de 622 Mbps a nivel eléctrico/óptico. Los equipos deberán tener la facilidad de administrar su configuración, operación y mantenimiento localmente y disponer de canal interconstruido de órdenes de ingeniería (EOW).



*Fig. 2.18 Configuración del sistema utilizando 3 multiplexores de SDH*

En la figura anterior se muestra la necesidad de insertar/derivar de la tributaria principal hasta 4 tributarias STM-4, al igual que la configuración que permitirá redundancia física utilizando 3 multiplexores SDH.

Otro esquema de redundancia sería el siguiente, donde sólo se utilizan dos multiplexores SDH, ésta es la solución mas barata, pero no se contaría con un tercer punto donde se podría gestionar la red SDH, sin embargo, cuenta con las mismas características que permiten la inserción/derivación.

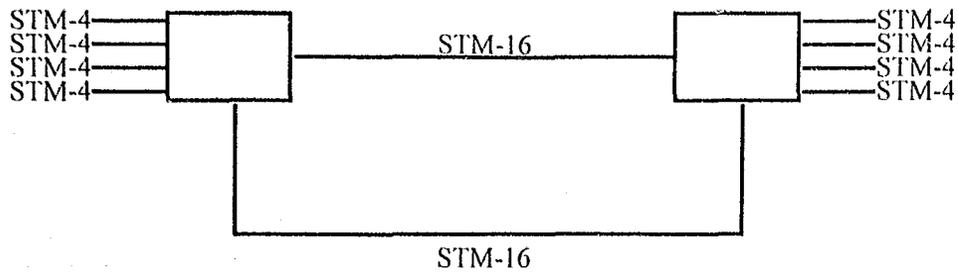


Fig. 2.19 Configuración del sistema utilizando 2 multiplexores de SDH

Los equipos terminales ópticos y multiplexores digitales SDH que integren el sistema, deberán incorporar equipo de supervisión local y remoto, con facilidades de transmitir esta información a un centro de supervisión y control maestro que se instalará en el 2º Piso Torre Ejecutiva. El sistema de supervisión deberá transmitirse mediante los bytes asignados para este propósito en la trama principal SDH/STM-4 de 622 Mbps.

Existen principalmente dos métodos que permiten proporcionar redundancia al sistema de transmisión SDH, estos son:

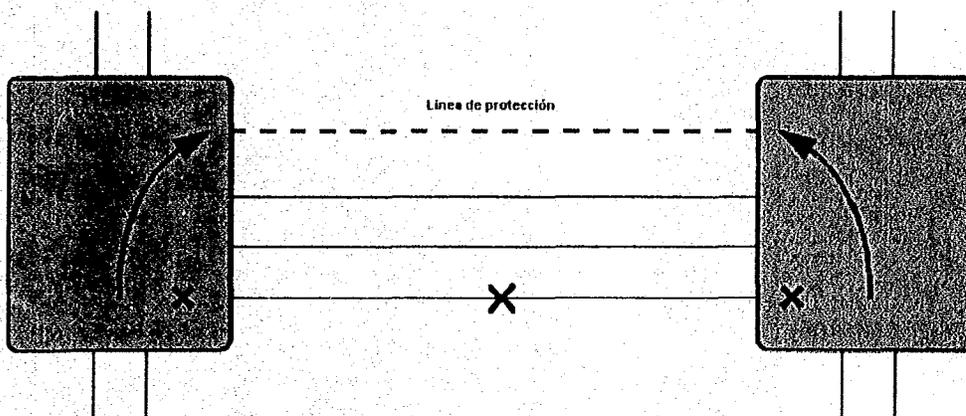


Fig. 2.20 Protección compartida en anillo (SPRING)

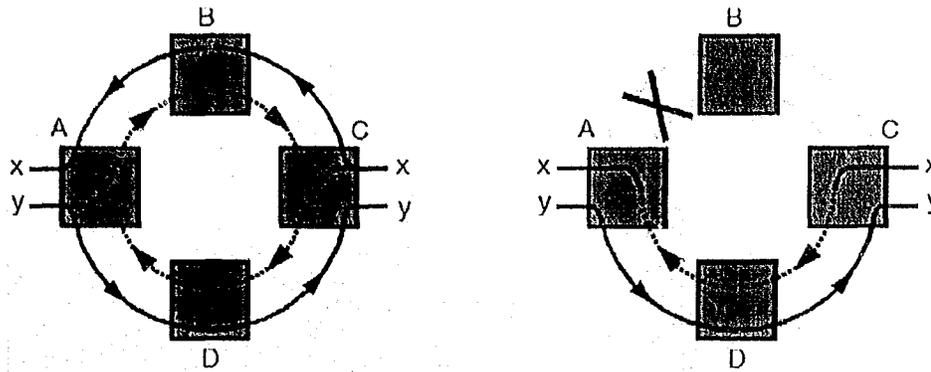


Fig. 2.21 Protección de conexión de subred (SNC)

El sistema de transmisión digital por fibra óptica de PEMEX Refinación SDH STM-4 estará estructurado con equipos multiplexores SDH terminales de línea en las estaciones:

- \* Centro Administrativo Oficinas Centrales de Petróleos Mexicanos Ciudad de México.
- \* Exrefinería Azcapotzalco (Edificio de Telecomunicaciones)

Adicionalmente, la configuración del sistema permitirá utilizar el nivel STM-16, en lugar del nivel STM-4, respetando la misma canalización de STM-1s solicitados, indicando las ventajas y/o desventajas.

#### II.4.1- CALCULOS DE INGENIERIA DE PROPAGACION

El sistema de transmisión por fibra óptica deberá diseñarse para cumplir con los parámetros de calidad a una tasa de error de bits (BER) global mínima de  $1 \times 10^{-10}$ , con una confiabilidad de sistema mínima del 99.9999%.

Los cálculos de ingeniería de propagación óptica deberán elaborarse de acuerdo a los siguientes parámetros:

- Potencia de transmisión de los emisores láser propuestos
- Tipo de fibra óptica empleada
- Longitud del cable
- Pérdidas por conectores
- Pérdidas por empalmes
- Pérdidas adicionales a considerar por el número de empalmes en caso de requerirse rehacer alguno
- Pérdidas por nuevos empalmes por reparación de cable en caso de siniestro
- Margen de seguridad del sistema 3 db
- Pérdida por imperfecciones debidas a la forma del impulso
- Penalización de potencia por temperatura en el transmisor y receptor
- Penalización de potencia por dispersión cromática y por reflexión del láser
- Dispersión o anchura de banda admisible
- Margen del sistema para los equipos y para el cable db/km.
- Envejecimiento
- Sensibilidad de los receptores

Algún otro parámetro en los cálculos que a juicio de los nuevos estándares internacionales apliquen, debiéndose justificar ampliamente en las consideraciones de diseño.

En la ingeniería de propagación, se deberá considerar que el sistema evolucionará al nivel STM-16, 2.4 Gbps, utilizando el mismo cable.

#### *II.4.2. - REDUNDANCIA DEL SISTEMA*

Una configuración de protección 1+1 a nivel óptico/eléctrico para los equipos, en las secciones de multiplexor SDH del sistema, utilizando para tal efecto dos fibras ópticas del mismo cable, la conmutación automática hacia el canal de protección estará basada en las condiciones de falla del canal principal (falla de señal o señal degradada), en cualquier caso, la conmutación deberá efectuarse automáticamente en un tiempo máximo de 50 milisegundos, después de haberse detectado las condiciones de falla.

Se debe considerar que en esta etapa del proyecto de fibra óptica, PEMEX Refinación no requiere redundancia en el cable o rutas alternativas para protección de trayectoria.

#### *II.4.3. - SINCRONIA DE LA RED DE TRANSMISION*

Al ser SDH una tecnología síncrona, requiere de un elemento que proporcione una señal de sincronía conocida como reloj. El reloj de referencia primaria propuesto para el sistema deberá cumplir con las especificaciones de estabilidad a corto y largo plazo que se mencionan en la recomendación G.811 de la UIT-T.

Si la sincronía no es garantizada, puede ocurrir una considerable degradación de la red, y terminar con una falla total en la misma. Dado ésto es necesario que todos los elementos de la red SDH estén sincronizados a un reloj central. Si este reloj central es de una gran precisión se le conoce como un reloj PRC (Primary Reference Clock), este nombre lo recibe de acuerdo a la ITU-T, recomendación G.811, donde se especifica una exactitud de  $1 \times 10^{-11}$ , esta señal debe ser distribuida a través de toda la red. Una estructura jerárquica para esto se auxilia de relojes secundarios denominados Unidades que Proveen Sincronización SSU (Synchronization Supply Units) y de relojes de sincronía de los equipos SEC (Synchronous Equipment Clocks), además se puede utilizar para sincronizar la red las mismas rutas usadas para la comunicación SDH.

Las señales de reloj que son generadas por SSU y SEC actúan como relojes auxiliares. Si la fuente de sincronía falla, los elementos de la red con la misma fuente buscan una fuente de sincronía de la misma o menor calidad si esto no es posible, los elementos de la red pasan a un modo denominado corrida libre (Hold-Over). En esta situación la señal de reloj es retenida por un oscilador interno que reproduce la frecuencia almacenada, la cual está sujeta a sufrir variaciones debido a cambios de voltaje, temperatura, etc.

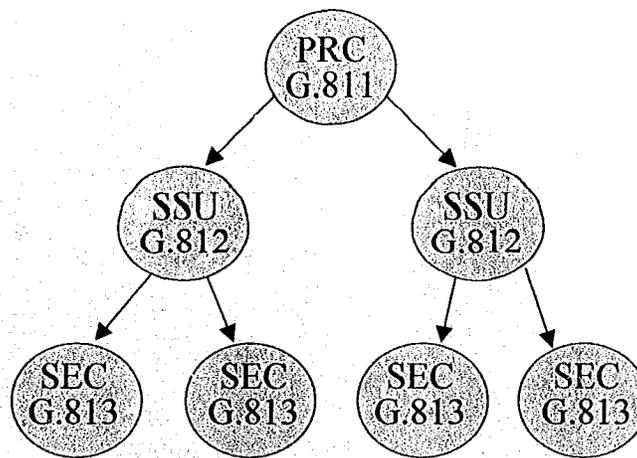


Fig. 2.22 Calidades de los relojes

Los equipos comienzan a tener referencias diferentes y se empiezan a generar islas con el paso del tiempo, hasta generar una falla total de sincronía, en que cada elemento de la red trabaja de manera independiente. Las denominadas islas se previenen con la señalización de los elementos de red con la ayuda de la bandera Estatus de los Mensajes de Sincronía (Synchronization Status Messages SSM) que forma parte del byte S1. El SSM informa a los elementos de red vecinos el estado de la fuente de sincronía y es parte de encabezado.

Los relojes de los equipos propuestos para los nodos deberán cumplir con la estabilidad a corto plazo especificada en la recomendación G.81s de la UIT-T.

El sistema deberá estar equipado con lo requerido para continuar funcionando en modo plesiócrono en el eventual caso de falla del reloj de referencia primario.

El sistema podrá utilizar las señales STM-1 o STM-4 para distribución de la sincronía. No se aceptará utilizar los tributarios de 2,048 Mbps, plesiócronicos, transportados en los VC-12 (virtual circuits) para este propósito.

Todos los relojes de nodo y elementos de red, deberán ser capaces de recuperar la sincronía utilizando cuando menos dos referencias de sincronización. El reloj esclavo deberá estar configurado para recuperar la sincronía mediante una referencia opcional en caso de que la original falle en su operación.

En caso de fallas en la distribución de la sincronía, todos los elementos de red tratarán de recobrar la sincronía a partir de la fuente de reloj de nivel jerárquico más alto disponible.

#### *II.4.4. - FUNCIONALIDAD DE LOS EQUIPOS*

Los equipos multiplexores digitales de inserción/derivación, deberán tener la capacidad de multiplexar/demultiplexar de la trama correspondiente al cuarto nivel de la jerarquía digital síncrona, SDH-STM-4 de 622 Mbps, 4 tramas STM-1 de 155 Mbps, denominadas, para fácil identificación: STM-1 A, STM-1 B, STM-1 C y STM-1 D.

Los equipos multiplexores digitales deberán equiparse con unidades terminadoras de cables, organizadores de empalmes y paneles de distribución óptico y, deberán incorporar facilidades de medición integradas para monitoreo de BER, número de errores, pérdida de sincronía, señal de alarma AIS, deslizamientos de patrón, etc.

La tributaria STM-1 A, se utilizará para insertar/derivar la red de alta velocidad ATM de PEMEX, requiriendo interfaz óptica para fibra multimodo, conector ST.

La tributaria STM-1 B, se utilizará para insertar/derivar la red de alta velocidad ATM de PEMEX, requiriendo interfaz óptica para fibra multimodo, conector ST.

La tributaria STM-1 C, se utilizará para insertar/derivar la red de alta velocidad ATM de PEMEX, requiriendo interfaz óptica para fibra multimodo, conector ST.

La tributaria STM-1 D, se utilizará para insertar/derivar la red de alta velocidad ATM de PEMEX, requiriendo interfaz óptica para fibra multimodo, conector ST.

En forma opcional, se deberá considerar la(s) tarjeta(s) de descanalización para 32 señales E1, G.703, conector BNC.

El multiplexor deberá funcionar, según sea requerido, en los modos siguientes:

MODO	DESCRIPCION
Terminal	Multiplexor terminal de línea óptica que multiplexa tributarios en una sola señal agregada de 622 Mbps, utilizando la técnica de interpolación de ranuras de tiempo (TSI-time slot interpolation).
Add-Drop (inserción/derivación)	Multiplexor de banda ancha que permita acceso a cualquier señal tributaria del STM-4 para aplicaciones multipunto con regeneración de señales y funciones de cross-conexion.
Regenerador	Encargado de regenerar las señales ópticas, también denominados equipos repetidores

Los multiplexores deberán estar equipados con protección de línea 1+1, a nivel STM-4, con conmutación automática en caso de falla. La conmutación de línea será seleccionable en modo bidireccional o monodireccional siguiendo el protocolo MSP (Múltiplex Section Protection).

El conjunto de programas (software) de los multiplexores residirán en memorias no volátiles y serán configurables local y remotamente

- En el modo local se usará una terminal portátil alimentada por baterías del tipo 'palm top' o 'lap-top', con pantalla indicadora de cristal líquido con programa instalado permanentemente.
- La configuración remota será efectuada desde el centro de administración y control de red (Network Management System), se debe considerar que para el acceso remoto se utilizara el canal de comunicaciones de datos del overhead SDH (Embedded Communication Channel, ECC) ya que no en todos los sitios estará disponible otro medio de transporte de datos hacia el sitio en donde esta ubicado el centro de control de red, el multiplexor deberá continuar funcionando normalmente durante la operación de carga del software (downloading) para cambio de algunos parámetros o reconfiguración.

Los equipos multiplexores STM-16 deberán estar equipados con una microcomputadora integrada en el hardware para propósitos de vigilancia de las funciones de mantenimiento, tales como reporte automático de alarma, reporte de estado y vigilancia de comportamiento, que en caso de anomalía serán señalizadas localmente en el bastidor mediante indicadores luminosos y podrán ser analizadas desde la terminal portátil. El software de la computadora permitirá almacenar, editar y analizar los datos necesarios para determinar fallas hasta nivel de la unidad con problemas, asimismo, el software permitirá la ejecución de bucles bajo comandos de la terminal portátil o desde el centro de control de red.

Los multiplexores deberán utilizar los bits del encabezado (overhead) SDH designados por de la UIT-T para las siguientes funciones OAM & P:

- Gestión de la configuración
- Gestión de fallas

- Administración del comportamiento
- Administración de la seguridad

Los multiplexores deberán proporcionar un canal de comunicación para los mensajes hacia el Centro de Control de Red, con los protocolos QECC a través del canal de comunicación de datos del encabezado (RSOH), para comunicación entre los elementos de la red.

Todas las funciones de los multiplexores deberán ser controladas por software y no se deberá requerir ningún tipo de ajuste manual en el hardware, como puentes de terminales (strappings) o ajuste de potenciómetros e interruptores.

Los multiplexores deberán poder sincronizarse a cualquiera de las fuentes de sincronización siguientes:

- Señal de línea STM-4, 2.4 Gbps
- Señal tributaria STM-4, 622 Mbps
- Señal de sincronía externa G.703 de 2,048 Mbps
- Trama G.703 de 2,048 Mbps
- Generador interno de sincronía

El orden de prioridad de las fuentes de sincronía anteriormente mencionadas, será seleccionable por software desde la terminal portátil o desde el Centro de Control de Red.

El software deberá estar previsto para considerar con falla a la fuente de sincronía si se recibe una señal de alarma de pérdida de señal o una AIS (Alarma Indication Alarma/all one's), en este caso, se seleccionará automáticamente la fuente de sincronía de orden inferior de prioridad que no presente alarmas de falla.

Los multiplexores deberán estar equipados con una interfaz para canal de servicio con acceso a canales de voz (analógicos), separados para comunicación express de terminal a terminal y local para comunicación hacia todos las estaciones terminales del sistema. Se requiere integrar este canal de servicio de órdenes (EOW-Engineering Order Wire) de tal forma, que se establezca un canal compartido (party line) con llamada selectiva entre todas las estaciones.

*II.4.5. - ESPECIFICACIONES ELECTRICAS DE EQUIPOS TERMINALES Y MULTIPLEXORES SDH*

*PRINCIPALES CARACTERISTICAS ELECTRICAS Y OPTICAS*

Parámetros del sistema:

Capacidad de transmisión	622,080 Mbps, nivel STM-4, SDH
Tasa de bits en error (BER)	Menor que $1 \times 10^{-10}$
Tipo de interfaces eléctricas	622.080 Mbps, STM-4 y 2488.32 Gbps, STM-16
Capacidad inserción/derivación	Al menos 252 x c12/2,048 Mbps o 6 x c3/34,368 Mbps o 4 x c4/139,264 Mbps o 4 x STM-1/155.520 Mbps.
Nivel de intercambio de ranuras	nivel vc-2 (para tributarias de tiempo TSI)2,048 Mbps nivel vc-3 (para tributarias de 34,368 Mbps) nivel vc-4 (para tributarias de 139,264 Mbps) nivel STM-1 (para tributaria de 155,520 Mbps)
Forma de onda	NRZ
Código de línea interfaz eléctrica	Que cumpla con las recomendaciones de la UIT-T para este tipo de circuitos. E.G. CMI, que permita una operación óptima del sistema. En caso de proponer alguna otra alternativa, mencionar las ventajas/desventajas de cada una de ellas.

Dispersión cromática	Menor o igual a 1500 ps (nanómetros x kilómetro) para enlaces terrestres
Atenuación entre el conector	Igual o mayor a 29 db para la salida del transmisor y el enlaces terrestres conector de entrada del receptor
Margen de degradación	Igual o menor a 2 db para enlaces terrestres
Longitud de las secciones	Igual o mayor de 85 kilómetros considerando la posibilidad de evolucionar el sistema a nivel STM-16, 2.5 Gbps.
Margen de seguridad en cálculo sistema	3 db
Ganancia del sistema	De acuerdo a la potencia de salida del transmisor y sensibilidad del receptor
Sensibilidad	Menor o igual a -34 dbm
Sobrecarga mínima	Potencia máxima recepción -8 dbm, para un BER de $1 \times 10^{-10}$

## INTERFACES

### INTERFAZ STM-4

Señal digital	622,080 Mbps, STM-4, de acuerdo con las recomendaciones G.707 y G.958 de la UIT-T
Longitud de onda central	1310 ó 1550 nanómetros
Longitud de corte	menor o igual a 1310 nanómetros
Tipo de fuente	Diodo láser tipo InGaAsP-LD o similar que permita una operación confiable y eficiente del sistema que cumpla con el margen de sistema.
Ancho máximo a -20 db	igual o menor a 0.2 nanómetros
Relación máxima de supresión lateral	30 db

Potencia emitida promedio máxima mínima	+2 dbm o mayor - 3 dbm
Relación de extinción	10 db máxima
Impedancia	75 ohms desbalanceados
Amplitud del pulso de salida (terminado en 75 ohms)	1 volt pico-pico (Vpp) $\pm$ 0.1 v
Desconexión automática láser	Protección de desconexión automática del láser en caso de ruptura del cable para evitar daños a los ojos.

*INTERFAZ STM-16*

Velocidad digital	2,048 Mbps $\pm$ 50 ppm
Impedancia	120 ohms balanceados ó 75 ohms desbalanceados
Código	HDB3
Forma de onda de los pulsos	Según la tabla 6 y la figura 15 de la recomendación G.703 de la UIT-T
Alarmas locales	Alarma inmediata Alarma de mantenimiento diferida Alarma remota Señal de mantenimiento
Interfaz hacia terminal portátil	V.24, RS-232c a 9600 bits/seg.
Interfaz hacia el centro de control	De acuerdo a la recomendación G.733 B3 (QX) de la UIT-T

*INTERFAZ DE SINCRONIA*

- Entrada externa y salida :

Velocidad digital	2,048 Mhz $\pm$ 20 ppm ó 2,048 Mbps $\pm$ 20 ppm
Impedancia	120 ohms balanceados 75 ohms desbalanceados
Código	HDB3 para 2,048 Mbps
Forma de onda de los pulsos	Para 2,048 Mhz, de acuerdo a la tabla 10 y a la figura 21 de la recomendación G.703, para 2.048 Mbps, de acuerdo a la tabla 6 y a la figura 15 de la recomendación G.703 de la UIT-T
Formato de la trama para 2,048 Mbps	De acuerdo a la recomendación G.704 de la UIT-T.

*INTERFAZ PARA CANAL DE SERVICIO*

Codificación en PCM	De acuerdo a la ley 'a' de la recomendación G.711 de la UIT-T
Impedancia	600 ohms a 4 hilos balanceados
Niveles de audio	0 dbm a la transmisión y recepción

*INTERFAZ DEL ENCABEZADO (OVERHEAD)*

Canal de datos de 576 Kbps	Contradireccional de acuerdo a la recomendación V.11 de la UIT-T
Canal de datos de 64 Kbps	Codireccional de acuerdo a la recomendación G.703 de la UIT-T

**II.4.6. - CARACTERISTICAS ADICIONALES**

**Alimentación:**

Voltaje de alimentación	- 48 volts corriente directa
-------------------------	------------------------------

**Características Ambientales**

Rango de temperatura	0 a 50 grados centígrados
- Humedad relativa	hasta 95% a 35 grados centígrados

**Características Mecánicas**

Disposición del equipo	La disposición de los componentes del equipo permitirá el acceso por la parte frontal para todos los conectores ópticos y eléctricos.
------------------------	---

**Canal de Servicio**

Tipo	Omnibus entre terminales del sistema.
Llamada selectiva	Con teclado DTMF
Modo de comunicación	Voz cerrada con diadema (headset) o microteléfono, altavoz conmutable para escucha de grupo, control de volumen
Interfaz hacia el multiplexor	Digital

II.4.7. CARACTERÍSTICAS ÓPTICAS EQUIPO MULTIPLEXOR SDH / TERMINAL

Velocidad de línea en interfaz óptica	Operación inicial a una velocidad de transmisión de 622,080 Mbps. Sin embargo, el sistema deberá permitir a futuro la evolución a velocidades de hasta 2.5 Gbps, STM-16, únicamente substituyendo la sección de equipos ópticos y del multiplexor
Código de línea en interfaz óptica	Para una operación óptima del sistema CMI, 5B6B, etc.
Tipo de fibra óptica	Deberá operar con fibra óptica del tipo monomodo, de baja pérdida, con dispersión normal, de acuerdo a la recomendación G.652 de la UIT-T.
Longitud de onda normal	1310 ó 1550 nanómetros
Fuente (source)	Diodo láser tipo InGaAsP-LD o similar que permita una operación confiable y eficiente del sistema de potencia, tal que cumpla con el margen mínimo solicitado del sistema
Longitud de onda pico	En el rango de 1575 nanómetros
Modo de oscilación del láser	Modo longitudinal único (SLM: single longitudinal mode)
Potencia óptica máxima del conector de salida del transmisor	+2 dbm mínimo de salida
Detector óptico	Fotodiodo de avalancha InGaAsP-AFD o similar que mejore sus características de operación y confiabilidad
Sensibilidad del receptor	La potencia medida en el conector de entrada

	del receptor deberá ser igual o menor a -34 dbm para un BER de $1 \times 10^{-10}$
Potencia máxima recibida en el conector de entrada del receptor	-17 dbm
Tipo de conector	ST
Pérdida por inserción del conector	Menor de 0.2 db

#### *II.4.8. - DISTRIBUIDORES PARA LOS BUSES DIGITALES*

Los multiplexores digitales SDH deberán tener equipado distribuidores para los buses digitales procedentes de los sistemas de transmisión, totalmente transparente a las tramas de 2 Mbps en donde todas las señales digitales están igualadas en nivel e impedancia para que sea posible efectuar cualquier combinación de conexiones entre las entradas y salidas de los diferentes componentes del sistema mediante parches de cable coaxial, además los equipos deberán permitir la supervisión de la operación del tipo no intrusivo de las tramas por ejemplo, medir continuamente la tasa de bits en error de un circuito en particular en forma selectiva.

En condiciones normales, los equipos deberán permitir el cableado de los circuitos de comunicación en una configuración específica que se pueda cambiar rápidamente con puentes/parches temporales para, atender la demanda adicional de tráfico hacia una región determinada o aislar un circuito de comunicación con falla.

#### *DESCRIPCION DE LOS DISTRIBUIDORES*

Cada panel del distribuidor deberá estar integrado por módulos conectorizados, con enchufes para terminar los cables coaxiales procedentes de los equipos multiplexores, debiendo tener los siguientes componentes:

- a) Conectores coaxiales estándar para puenteo de los buses de salida y de entrada y para

vigilancia no intrusiva de ambos buses (dual monitoring).

b) Espacio para las etiquetas que identifican al circuito de comunicación.

Los paneles del equipo distribuidor se deberán suministrar totalmente armados y montados en bastidores.

En la ingeniería el detalle de instalación para cada sitio en particular habrá que considerar la atenuación de cada uno de los cables coaxiales que serán conectados entre el distribuidor y los multiplexores, de tal manera que se puedan obtener los mismos valores de nivel para cada una de los componentes de la estación.

## II.5. - ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS SISTEMAS DE ALIMENTACION

Los sistemas de alimentación para los equipos terminales y multiplexores digitales deberán estar integrados por cargador/eliminador de corriente directa conectado en paralelo con un banco de baterías para proporcionar un respaldo de alimentación autónomo a los equipos por un período mínimo de 24 horas.

Como opción, se deberá tener una configuración redundante, ésto es, dos cargadores/eliminadores y dos bancos de baterías por cada estación.

### II.5.1. - CARGADORES / ELIMINADORES

Unidades de fuerza de corriente directa (C.D.), a -48 V.C.D., de la capacidad adecuada en amperios de acuerdo al respaldo solicitado, al consumo de los equipos y régimen de descarga de las baterías propuestas, regulados y filtrados con operación de unidades rectificadoras/eliminadoras conectadas en paralelo con circuitos de comparación de carga, incluyendo medidores de voltaje y corriente de entrada/salida, controles, interruptores termomagnéticos de entrada/salida y distribuidores de C.D.

Las unidades de fuerza deberán estar integradas por los siguientes equipos y accesorios:

1. Cargador/eliminador de baterías con las siguientes características:

Voltaje de alimentación	127 - 220 V.C.A.
Voltaje de flotación	Ajustable de -42 a -50 V.C.D.
Voltaje de igualación	Ajustable de -50 a -56 V.C.D.
Corriente de salida	Al menos 100 Amperes C.D.
Límite de corriente	110% de la capacidad máxima

Regulación de voltaje	$\pm 0.1\%$ para variaciones del voltaje de entrada de $\pm 20\%$
Regulación de carga	$\pm 0.1\%$ del voltaje de salida para variaciones de carga de 0 a 100% de la carga máxima
Ruido eléctrico	$< 32$ dB medidos en un banco de baterías de una capacidad equivalente a 4 veces la capacidad máxima de carga
Carga compartida	Se requieren unidades cargadoras / eliminadoras múltiples, éstas deberán incluir los módulos o circuitos de igualación de voltaje de salida para compartir la corriente de operación total

2. Paneles con portafusibles con capacidad adecuada para la protección de cada una de las cargas.
3. Panel con portafusibles con capacidad de la capacidad para protección y desconexión manual de baterías.
4. Panel para desconexión automática del banco de baterías por bajo voltaje.
5. Panel para control automático de celdas electromotrices, para evitar sobrecarga de las fuentes de alimentación del equipo durante el funcionamiento en igualación.
6. Panel para control simultáneo de los estados de flotación e igualación de los eliminadores, realizándose en forma automática para mantener cargadas todas las baterías.
7. Barra de tierra de cobre para distribución a las diversas cargas.
8. Bastidores autosoportados para montar los equipos cargadores/eliminadores y los accesorios descritos anteriormente.

9. Modulo de señalización de fallas de energía primaria, falla del cargador, falla de baterías, estado de carga del banco de baterías (flotación/igualación) y de fusibles de distribución.

### *II.5.2. - BANCOS DE BATERIAS*

Bancos de baterías para uso industrial compuesto por 24 celdas selladas, tipo plomo - ácido, en forma opcional de plomo - calcio, de recombinación de gases, libres de mantenimiento con voltaje nominal de 2.0 Volts/celda, dimensionados para suministrar una capacidad a determinar de acuerdo al consumo de sus equipos, mínima de 545 Amperes/hora, para un régimen de descarga que demanden los equipos durante 24 horas con voltaje final por celda de 1.75 Volts/celda. Las baterías deberán envasarse en recipientes plásticos de alta resistencia a impactos y a altas temperaturas.

Los bancos de baterías deberán suministrarse en estantes de fierro galvanizado para su montaje y surtirse cargados; también deberán incluir conectores interceldas, cables de interconexión y herramientas para la fijación de los conectores de cada celda.

## **CAPITULO III**

# **ANALISIS DE LA TRAYECTORIA DE LA FIBRA OPTICA Y MEDICIONES**

### III. - ANALISIS DE LA TRAYECTORIA DE LA FIBRA OPTICA Y MEDICIONES

La trayectoria del sistema de fibra óptica, y los sitios que requieren acometida final y la terminación de las fibras ópticas son:

1. Centro Administrativo Oficinas Centrales 2º Piso Torre Ejecutiva
2. Edificio de Telecomunicaciones en la Exrefinería Azcapotzalco.

Las distancias aproximadas entre los sitios que requieren instalación de flexoducto y cable en derechos de vía se indican a continuación:

<b>ENLACE</b>	<b>TIPO DE INSTALACION</b>	<b>LONGITUD (KMS)</b>
<b>CENTRO ADMINISTRATIVO</b>	CANALIZADO EN FLEXODUCTO DIRECTAMENTE ENTERRADO	3
	CANALIZADO EN INTERIORES CENTRO ADMINISTRATIVO CIUDAD DE MEXICO	2
	CANALIZADO EN INTERIORES EN EXREFINERIA AZCAPOTZALCO	3
<b>TOTAL</b>		<b>8 KILOMETROS</b>

Con el propósito de brindar protección adicional al cable, se requiere canalizarlo a través de flexoducto de polietileno de alta densidad (HDPE), de 1.5" de diámetro interior. El flexoducto deberá enterrarse en una zanja (0.40x0.80Mt.) en la guarnición de banquetta sobre pavimento.

### III.1. - ACOMETIDAS FINALES

#### III.1.1. - CENTRO ADMINISTRATIVO OFICINAS CENTRALES CIUDAD DE MEXICO

Longitud: Dos kilómetros

Trayectoria: Del área de equipos de telecomunicaciones del segundo piso de la torre Ejecutiva se deberá canalizar el cable de fibra óptica de interiores por escalerillas existentes hasta el sótano de la torre, de ese punto siguiendo escalerillas existentes llegar hasta el sótano del Edificio C, de este punto continuar hasta el registro telefónico en el área verde del Edificio C, para proseguir por ductería subterránea hasta el registro telefónico de PEMEX en la Calle Lago Xochimilco.

#### III.1.2. - TRAMO CENTRO ADMINISTRATIVO OFICINAS CENTRALES CIUDAD DE MEXICO Y EXREFINERIA AZCAPOTZALCO

Longitud: Tres kilómetros.

Trayectoria: Del registro telefónico de PEMEX de salida en la Calle Lago Xochimilco, ranurar el pavimento para llegar a la guarnición de la banquetta de la Calle Xochimilco acera oriente, cruzar las calles Laguna de Mayrán y Laguna de Términos y el carril de Marina Nacional dirección Occidente a Oriente hasta llegar a la guarnición de banquetta del camellón Marina Nacional dirección Oriente a Occidente (Tacuba). Proseguir por la guarnición de la banquetta del camellón de Marina Nacional hasta la altura de la calle Golfo de Bengala. A partir de este punto realizar un adosamiento al puente que cruza la Avenida Tacuba, hacer un cambio de lado y bajar por la ménsula que sostiene al paso a desnivel, a la altura de la calle Golfo de Tehuantepec, hasta un

nivel de 1.20 metros por debajo del nivel de piso para proseguir por la guarnición de la banquetta, realizar el cruce de la vía del ferrocarril, continuando por la guarnición de la banquetta de la calle Golfo de Tehuantepec hasta la barda perimetral de la Exrefinería de Azcapotzalco, para acceder finalmente por debajo hasta el interior de la barda perimetral de la Exrefinería Azcapotzalco en el punto indicado, se deberá construir un registro telefónico de concreto en este punto.

### *III.1.3. - EXREFINERIA AZCAPOTZALCO*

Longitud: Tres kilómetros

Trayectoria: A partir de la barda perimetral cara interior se deberá continuar con un adosamiento de 1600 metros de longitud a 0.40m de altura sobre la barda con tubería galvanizada de 4" de diámetro, con elementos de sujeción y tornillería galvanizada para descanso de la tubería, por toda la barda perimetral hasta el Sitio Temporal de PEMEX Refinación, en donde se deberán ranurar 45 metros de concreto para ahogar la tubería galvanizada, accedendo a 7 metros de registro telefónico (considerar el remate de la tubería en el interior del registro abocinado) de entrada/salida del Sitio Temporal y terminando el ranurado de concreto del otro lado de la barda perimetral en el interior del predio.

A partir de este punto, se deberá adosar nuevamente la tubería galvanizada en la trabe de descanso de la barda perimetral (paralela a la Av. 5 de Mayo) por aproximadamente 510 metros hasta la puerta de acceso a la planta, en donde se deberán ranurar 18 metros de concreto y pavimento (dos banquetas y calle), para ahogar la tubería hasta el interior del registro telefónico RT-01, rematando la tubería con abocinamiento.

## **III.2. - ESPECIFICACIONES DE INSTALACION DEL FLEXODUCTO Y CABLE DE FIBRAS ÓPTICAS**

### *III.2.1. - REQUISITOS DE INSTALACION DEL FLEXODUCTO Y CABLE EN GUARNICION Y BANQUETA SOBRE EL PAVIMENTO*

#### *III.2.1.1.-REQUISITOS GENERALES*

Todos los requisitos que se establecen en los siguientes puntos para la instalación del cable de fibras ópticas deberán cumplirse totalmente.

#### *III.2.1.2. - PERMISOS Y LICENCIAS*

Para poder iniciar los trabajos de instalación del cable de fibras ópticas, PEMEX Refinación gestionará ante la Delegación Miguel Hidalgo los permisos constructivos de autorización correspondientes. Así mismo, PEMEX Refinación tramitará todos los permisos y licencias necesarios para efectuar todas las siguientes actividades:

- a. Permisos de acceso y construcción en los las instalaciones de PEMEX.
- b. Recorrido de campo en coordinación con las diferentes áreas de PEMEX.
- c. Trabajos de excavación en la trayectoria seleccionada.
- d. Trabajos de instalación de los registros de empalme en las áreas requeridas.
- e. Cruces de vías de ferrocarril y puentes, en donde se requiera.
- f. Cruces con cualquier otra entidad ajena a PEMEX.

- g. Trabajos de excavación y acabados en zona urbana de acuerdo a la trayectoria del sistema.
- h. Trámite de permisos por parte de Dependencias Federales y Estatales como: SEMARNAP, DDF, F.F.C.C., SCT, etc.

### III.2.2. - UBICACION DEL FLEXODUCTO Y CABLE EN GUARNICION Y BANQUETA SOBRE EL PAVIMENTO

La ubicación del flexoducto y cable será en la guarnición de la banqueteta sobre el pavimento en la trayectoria del sistema en la zona urbana. Se incluyen dos cruces con vía de ferrocarril y un adosamiento en puente vehicular en la zona de Tacuba.

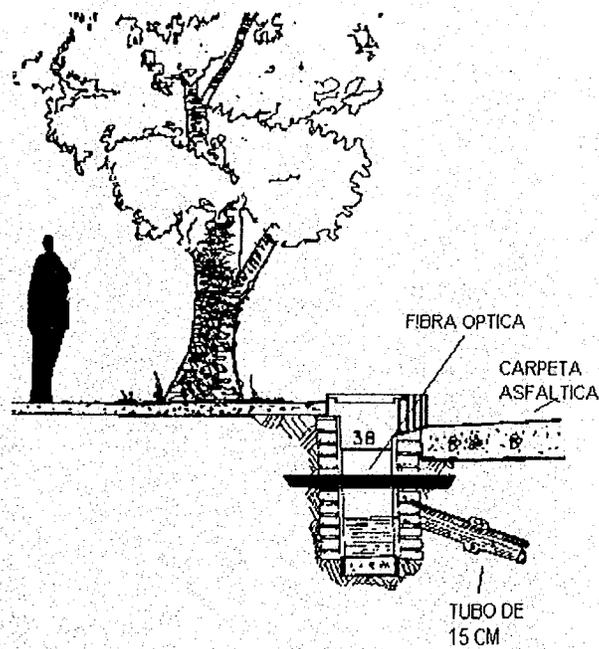


Fig. 3.1 Tendido de fibra óptica sobre el pavimento

### **III.2.2.1. · UBICACION DE REPETIDORES DEL SISTEMA**

Debido a la corta longitud de la trayectoria, no será necesario instalar repetidores intermedios. Sólo se requieren registros de empalme en el interior de la Exrefinería Azcapotzalco y registros de jalado donde se requieran.

### **III.3. - RECOMENDACIONES DE OBSERVANCIA OBLIGATORIA**

En cualquier trabajo que se realice es necesario seguir estrictamente las normas de seguridad de PEMEX, así como las especificaciones requeridas para la ejecución de la obra.

1. Los trabajos de instalación del cable por ningún motivo se permitirá que se realicen en jornadas nocturnas.
2. El material producto del corte (zanja) no deberá ser removido por ningún motivo, de tal manera que una vez instalado el cable se pueda rellenar la zanja en una sola maniobra, reutilizando el pavimento removido y reponiendo lo necesario para afinar el acabado del pavimento.
3. Cualquier daño a instalaciones superficiales de PEMEX o de algún tercero (Telmex, Comisión de Aguas, Drenajes, etc.) en la trayectoria del sistema, deberán ser repuestos y colocados por cuenta de la(s) compañía(s) constructora(s) de la obra, debiendo notificar al supervisor de PEMEX con anticipación.
4. Deberán realizarse constantemente campañas de seguridad para concientizar al personal con la finalidad de evitar accidentes que puedan tener repercusiones sobre los responsables de los mismos durante el proceso de tendido del cable, mismos que pudieran traducirse en pérdidas humanas o daños a las instalaciones, equipos, materiales, bienes a terceros en la zona urbana, de suministro de combustible a consumidores industriales y plantas de

almacenamiento, domicilios particulares, etc.

5. Los señalamientos o barreras preventivas para advertir peligros o desviaciones a vehículos o transeúntes por los trabajos que se efectúen con motivo de estas obras, serán instalados por la(s) compañía(s) constructora(s) encargada(s) de la(s) obra(s) quien(es) será(n) la(s) única(s) responsable(s) de los accidentes que llegaran a producirse por no colocar dichas barreras o señalamientos. En caso de daño(s) a terceros en sus personas o bienes o a cualquier otra instalación de PEMEX, deberá ser notificado inmediatamente al supervisor de PEMEX, debiendo resolverse satisfactoriamente por cuenta y costo de la compañía constructora y en su caso la responsabilidad civil que se finque será responsabilidad exclusiva de la compañía contratista.
6. Se deberá dejar perfectamente intacta la zanja, la tierra de excavación y el acabado del pavimento utilizado en los trabajos de tendido del cable, tal y como se encontraba previo al inicio de dichos trabajos. El supervisor de PEMEX verificará que el acabado se realice de acuerdo a la especificación.
7. La entrada y salida de los equipos y maquinaria deberá evitar al máximo el bloqueo del tráfico vehicular.
8. No se permitirá en ningún caso el uso de explosivos.

### *III.3.1. - CRUCES EN LA TRAYECTORIA DEL CABLE*

Se deberá observar en forma estricta que la zanja que se excave para la instalación del flexoducto y cable de fibra óptica deberá realizarse a una profundidad constante de 0.80 Mts. por 0.40 Mts. de ancho.

En caso de cruces de vías de ferrocarril, se deberá utilizar tuneleo o a cielo abierto debiendo utilizar tubería de 4", de fierro galvanizado, cédula 40 para 'pasar' por debajo de los obstáculos correspondientes a una profundidad mínima de 1.50 metros de la instalación mas profunda.

### **III.4. - INSTALACION DEL FLEXODUCTO Y CABLE**

Los trabajos de instalación del flexoducto y cable deberán cumplir con las especificaciones anteriormente mencionadas. El flexoducto deberá fijarse al piso del fondo de la zanja por medio de grapas plásticas que lo aprisionen procurando mantener una línea recta de tendido evitando 'S', para que cuando se instale el cable, el proceso de jalado sea mas rápido.

#### *III.4.1. - AREAS Y REGISTROS DE EMPALME*

Las áreas de empalme deberán ubicarse a un lado de la trayectoria del cable de fibra óptica y se estima que sólo será necesario construir registros de empalme en el interior de la Exrefinería de Azcapotzalco. El cierre y registro de empalme deberá enterrarse, instalando un poste de concreto de señalamiento que así lo indique, con la leyenda visible pintada preformada en el cuerpo del poste. Las áreas de empalme deberán ubicarse de acuerdo al tipo de fibra propuesto por el fabricante.

#### *III.4.2. - PROTECCION MECANICA ADICIONAL*

A lo largo de la trayectoria del sistema, cualquier situación que no haya sido considerada (por ejemplo: obstáculos no considerados, etc.), deberá consultarse, previo al inicio de cualquier trabajo, para su autorización al supervisor de PEMEX, para tomar la mejor decisión de solución y resolver la mejor trayectoria en un lapso no mayor a dos días calendario. La instalación del cable deberá considerar la protección mecánica descrita para los cruces de ferrocarriles, para asegurar que la instalación del cable se efectúe de una forma confiable, segura y accesible.

### III.5. - SEGURIDAD

Todos los trabajos desarrollados durante el proceso de instalación del flexoducto y cable a lo largo de la trayectoria, deberán seguir estrictamente la trayectoria marcada.

En todo momento se deberán observar y cumplir todos los requisitos de seguridad aplicables en la Norma No.03.0.02, denominada "DERECHOS DE VIA DE LAS TUBERIAS DE TRANSPORTE DE FLUIDOS" y la Norma No.07.3.13, denominada "REQUISITOS MINIMOS DE SEGURIDAD PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCION, OPERACION Y MANTENIMIENTO E INSPECCION DE TUBERIAS DE TRANSPORTE", emitidas por las dependencias de sistemas de ductos y de seguridad e higiene industrial institucional, respectivamente.

Cualquier siniestro, accidente y/o daño a instalaciones de PEMEX, por incumplimiento a cualquiera de los requisitos de seguridad o de alguna recomendación de tipo constructiva de PEMEX, y los daños que pudiera ocasionar a terceros, serán responsabilidad única y exclusiva de carácter civil y económica, por los daños causados y serán de oficio legalmente perseguidos y/o reclamados. Para garantizar el resarcimiento de daños a PEMEX por este tipo de situaciones, se deberá extender a favor de PEMEX una fianza o seguro, expedida por alguna compañía aseguradora mexicana o americana de prestigio, contra daños a terceros incluyendo en éste último a cualquier instalación de PEMEX que resulte afectada.

## **CAPITULO IV**

# **ESPECIFICACION DE LA INSTALACION DEL CABLE DE FIBRA OPTICA**

#### **IV. - ESPECIFICACION DE LA INSTALACION DEL CABLE DE FIBRA OPTICA**

La ruta propuesta deberá ser analizada en campo previo al inicio de los trabajos de instalación para determinar los métodos más eficientes, efectivos y seguros de instalación del flexoducto y cable de fibras ópticas. En el proceso de evaluación de cada propuesta, se verificará que estén incluidas todas las consideraciones de diseño solicitadas.

##### **IV.1. - ANALISIS DE RUTA**

###### *IV.1.1. - RECORRIDO DE CAMPO*

Se deberá efectuar un recorrido físico de campo para inspeccionar la ruta. Una vez que las zanjas estén excavadas, se deberá proceder a tender el flexoducto y el cable en el interior de la zanja, fijando el flexoducto en el fondo de la cepa con grapas plásticas para sujetar el cable y evitar que haga 'S' que pudiera dificultar el proceso de jalado del cable por su interior.

Debido a que no existen ductos en operación, todos los trabajos se considerarán de riesgo moderado, pudiendo realizar trabajos de instalación de tendido del cable con maquinaria o en forma manual una vez que PEMEX Refinación autorice la ejecución de los trabajos.

###### *IV.1.2. - INSPECCION FISICA DE LA RUTA*

Efectuar un recorrido físico de toda la ruta propuesta de la trayectoria del cable a fin de obtener información más completa y real. En caso procedente, esta visita deberá notificarse con toda anticipación y realizarse en coordinación con PEMEX Refinación.

#### *IV.1.3. - ESTUDIO TOPOGRAFICO*

Para la elaboración de planos de ingeniería de trazo y perfil y solo en caso de que la información proporcionada por PEMEX no sea lo suficientemente completa, se deberá someter a consideración de PEMEX Refinación la realización de un estudio topográfico complementario en el tramo que lo requiera, el tipo de terreno, contenido de roca, ríos, y en general cualquier obstáculo que deba tomarse en consideración para los trabajos de instalación del cable, incluyendo en ellos: kilometraje del sistema, los registros de empalme, numero y ubicación de postes de concreto, cruces de calles, cruces de ductos de PEMEX, cruces de vías de ferrocarril, áreas urbanas, puentes, etc. Como parte de la información a incluir están las coordenadas geográficas, para las cuales se recomienda utilizar equipo de posicionamiento geográfico automático (GPS) para las los sitios de instalación.

#### *IV.1.4. - PLANOS DE LA RUTA*

Como parte de la ingeniería de instalación se deberán elaborar planos en software (Autocad de Autodesk), así como las impresiones y los disquetes conteniendo los planos, de cada una de las rutas solicitadas. Estos planos deberán describir exactamente el trazo y perfil de la ruta propuesta, obstáculos, cruces de puentes, kilometraje de la trayectoria, sitios de empalme y kilometraje, tipo de terreno, acometidas urbanas, y en general la información que se considere sea de utilidad para la localización de fallas, etc.

Como se mencionó, se deberá considerar la entrega de estos planos digitalizados en un sistema de información basado en software, que permita facilitar su manejo y edición posterior por parte de PEMEX Refinación.

Para elaborar estos planos de ruta se deberá partir de fuentes confiables de referencia como son las cartas topográficas del INEGI, escala 1:50,000. Los planos de construcción deberán elaborarse incluyendo en cada uno, tramos de trayectoria de tres kilómetros de longitud con el

detalle descrito anteriormente.

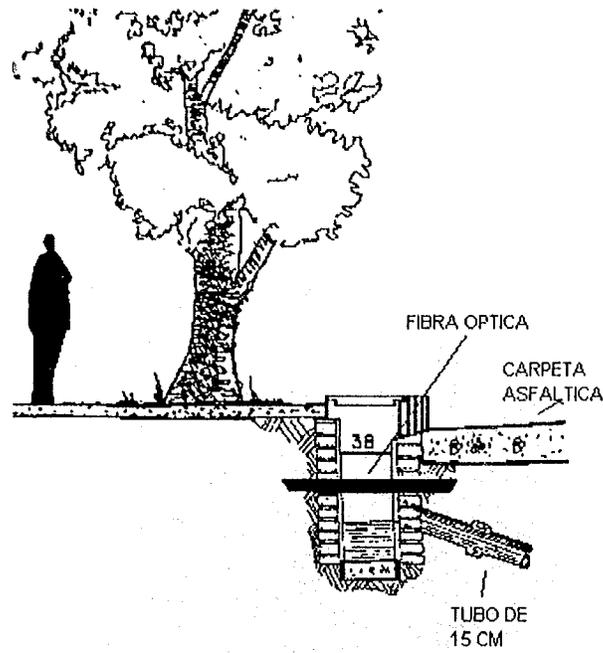
#### IV.2. - REQUISITOS DE INSTALACION DEL CABLE DE FIBRAS OPTICAS

Se deberá indicar la relación de maquinaria de que disponga y que se pretenda utilizar en la etapa de instalación del sistema.

Para agilizar, eficientar y optimizar los trabajos de instalación del cable, se deberá utilizar maquinaria que de acuerdo a la experiencia se recomiende utilizar.

El proveedor está en absoluta libertad de proponer la maquinaria que de acuerdo a su experiencia sea la mas adecuada para estas aplicaciones. Debe considerarse la posibilidad de utilizar dispositivos repartidores de carga a piso para la maquinaria propuesta, a fin de minimizar la carga de compresión sobre el pavimento.

El proveedor deberá elaborar y entregar a PEMEX Refinación en forma semanal, a la atención del supervisor de PEMEX, un reporte con el resumen de los trabajos efectuados en los diferentes frentes de trabajo, indicando con detalle, el avance en kilómetros del cable instalado, el volumen de obra realizado, recursos humanos y materiales utilizados en dicha semana productiva de trabajos, observaciones sobre los mismos y, de ser posible, la cuantificación económica de los diferentes frentes de trabajo por semana.

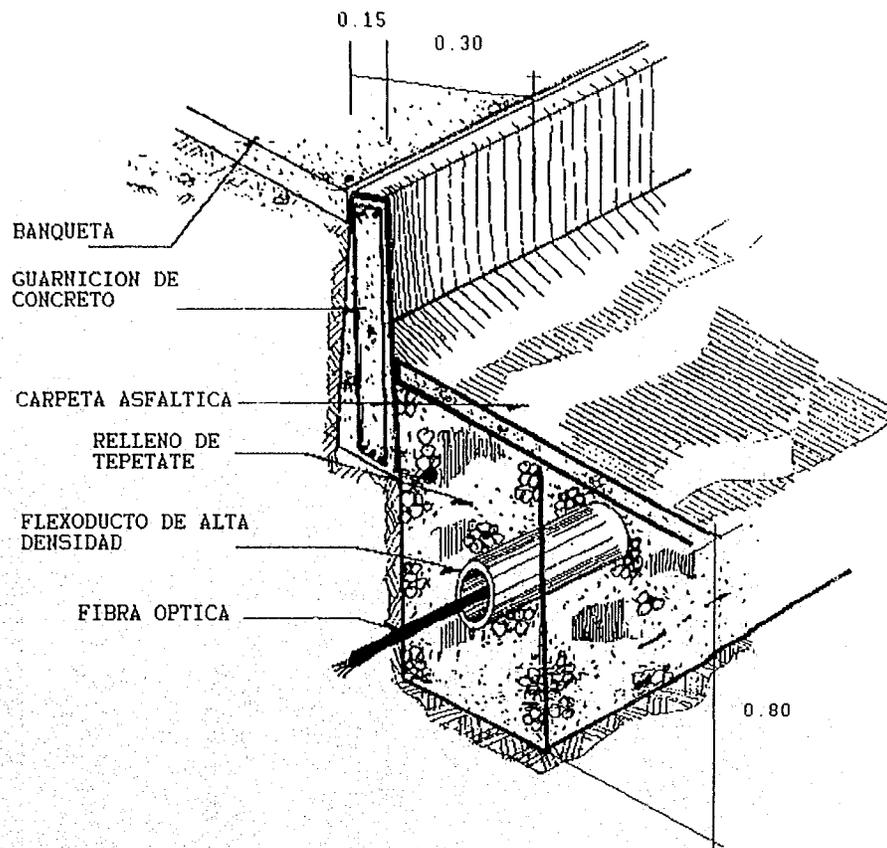


*Fig. 4.1 Tendido de fibra óptica sobre el pavimento a la altura de una alcantarilla*

#### **IV.2.1.- DIMENSIONES DE LA CEPA**

La cepa/zanja en donde se instalará el flexoducto y el cable deberá ser de las siguientes dimensiones:

Ancho :           0.40 metros  
 Profundidad :   0.80 metros



*Fig. 4.2 Diagrama de tendido de fibra óptica sobre el pavimento*

Estas dimensiones se deberán mantener constantes a lo largo de la trayectoria del cable y a lo largo de la trayectoria del sistema en la zona urbana.

Una vez que se instale el flexoducto en el fondo de la cepa, se deberá rellenar la cepa con la misma tierra excavada para su protección.

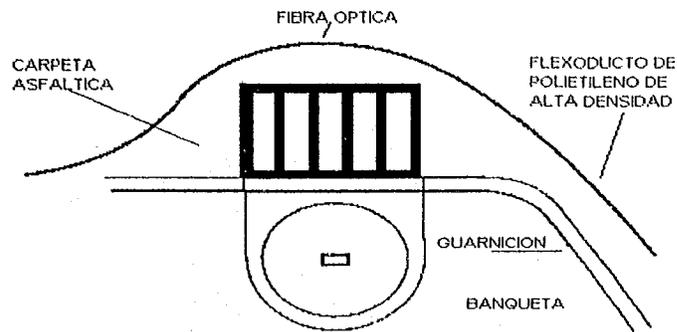


Fig. 4.3 Tendido de fibra óptica sobre el pavimento a la altura de una alcantarilla

#### IV.2.2. - POSTERIA DE CONCRETO PARA SEÑALIZAR TRAYECTORIA

No se deberá señalar la trayectoria del cable. Únicamente se deberá considerar el suministro e instalación de postes de concreto enterrados a una profundidad de 0.60 metros dejando descubierto 1.50 metros. Los postes deberán tener acabado con pintura de aceite en color blanca para señalar la ubicación de registros de empalme, número y kilometraje de registros de empalme, y, en general, la información de referencia mínima indispensable, con una leyenda que indique que se trata de fibra óptica, con la observación de agregar a estos postes una franja de pintura de aceite color negra de 0.10 metros alrededor del poste en su parte superior incluyendo la sección cuadrada del mismo para su fácil identificación.

#### IV.2.3. - PROTECCION DE LA ZONA DE EMPALMES

Todas los cierres y registros de empalme incluyendo los excedentes de longitud de cable que se dispongan para cada dirección, deberán instalarse enterrados para garantizar su protección, indicando en los postes correspondientes la existencia de un registro de empalme pintando en la

parte superior del poste una franja de 0.10 metros en color negro incluyendo la sección del poste.

#### *IV.2.4. - FUERZAS DE TRACCION*

La fuerza de tracción aplicada al cable durante todo el proceso de canalización en el flexoducto no deberá exceder en ningún momento el valor indicado de fuerza de tracción que recomiende el fabricante.

#### *IV.2.5. - FUERZAS AXIALES*

Deberá verificarse que las fuerzas aplicadas durante el proceso de jalado del cable no excedan en ningún momento el valor indicado para fuerzas axiales recomendados por el fabricante.

#### *IV.2.6. - RADIO DE CURVATURA MINIMO*

El radio de curvatura mínimo no deberá exceder el valor establecido para condiciones temporales o permanentes durante todo el proceso de instalación.

#### *IV.2.7. - TEMPERATURA DE INSTALACION*

Durante el proceso de instalación la temperatura del cable no deberá exceder, en ningún momento, los valores máximos sin degradación especificados por el fabricante.

### **IV.3. - REQUISITOS DE INSTALACION DEL CABLE**

#### *IV.3.1. - INSTALACION DEL CABLE EN REGISTROS TELEFONICOS*

Una vez que se llegue a las instalaciones de PEMEX, se deberán utilizar las redes telefónicas y sus registros existentes para acceder a las áreas de equipos de telecomunicaciones de la PEMEX Refinación. Para tal efecto se proporciona una relación de planos de las instalaciones, que interconectará el sistema, ilustrando las redes y sus registros telefónicos.

Estos planos también deberán elaborarse en software, tal y como se solicitó para los planos de trazo y perfil de la trayectoria.

#### *IV.3.2. - FUERZA DE TRACCION*

La fuerza de tracción aplicada al cable durante el proceso de jalado en el flexoducto deberá determinarse considerando la longitud del cable, peso, fuerza de tensión máxima, coeficiente de fricción, radio de curvatura mínimo, etc. observando los valores especificados del fabricante en este aspecto.

#### *IV.3.3. - FUERZAS AXIALES*

Deberá comprobarse que las fuerzas aplicadas durante el proceso de jalado del cable no excedan lo establecido por el fabricante del cable.

#### *IV.3.4. - RADIO DE CURVATURA MINIMO*

El radio de curvatura mínimo no deberá exceder los valores establecidos con carácter temporal o permanente del fabricante.

#### *IV.3.5. - TEMPERATURA DE INSTALACION*

Durante todos los trabajos de instalación la temperatura del cable no deberá exceder en ningún momento los rangos especificados por el fabricante del cable.

#### *IV.3.6. - VELOCIDAD DE TRACCION*

Cuando se utilice maquinaria para tender el cable, la velocidad para hacerlo así como la fuerza de tensión aplicada deberán ser continuamente monitoreadas para evitar exceder el valor especificado por el fabricante y en consecuencia daño al cable.

#### *IV.3.7. - IDENTIFICACION DEL CABLE*

En las instalaciones en interiores o en registros telefónicos se deberá ya sea marcar el cable para su fácil y rápida identificación y protección. Se seleccionará el método más eficiente, ya sea por medio de impresión de fábrica sobre la chaqueta exterior del cable de una leyenda (por ejemplo: PEMEX / cable de fibra óptica / no tocar), adheribles, por cambio de color de la chaqueta exterior del cable amarilla o naranja, a diferencia del color negro para toda la ruta principal, etc.

#### **IV.4. - INSTALACION DE CABLES EN INTERIORES**

Los cables en interiores de las estaciones deberán canalizarse a través de los ductos de las redes telefónicas y/o registros de cada instalación hasta acceder al cuarto de equipos de telecomunicaciones. Ya dentro del cuarto de equipos, el cable deberá instalarse a través de charolas de escalerillas; durante la visita de campo se determinaran las rutas mas apropiadas para canalizar el cable en cada instalación, tal y como se solicita para los equipos. En caso necesario, se deberá considerar el suministro de escalerillas en las estaciones que así lo requieran.

#### *IV.4.1. - POSICION DEL CABLE*

El cable deberá instalarse presentado de tal manera que el riesgo a sufrir daños sea mínimo. Se recomienda instalar el cable sobre las escalerillas.

#### *IV.4.2. - ETIQUETAS DE IDENTIFICACION*

En las instalaciones en interiores o en registros telefónicos se deberá, marcar el cable para su fácil y rápida identificación y protección. Se seleccionará el método más eficiente, ya sea por medio de impresión de fábrica sobre la chaqueta exterior del cable de una leyenda (por ejemplo: PEMEX / Cable de Fibra Optica, No Tocar), etiquetas adheribles, por cambio de color de la chaqueta exterior del cable amarilla o naranja, a diferencia del color negro para toda la ruta principal, etc.

#### *IV.4.3. - FUERZA DE TENSION*

A fin de no exceder la fuerza de tensión de carga mínima especificada por el fabricante del cable, éste deberá instalarse fijado firmemente a las charolas de escalerillas con sujetadores (cinchos, cáñamo, etc.) espaciados a una distancia de un metro cada uno.

#### **IV.5. - CIERRES, EMPALMES Y REGISTROS DE EMPALMES**

Los empalmes de fibras ópticas deberán protegerse herméticamente por medio de cierres de empalme, que deberán ser de tipo cerrado (encapsulado), herméticos de material polietileno de alta densidad, que impida exponer los empalmes al exterior o a daños causados por fuerzas externas. El cierre de empalme deberá disponer de entrada para la inyección de algún tipo de gas inerte (nitrógeno) para presurizarlo e impedir la condensación de humedad y entrada de polvo o agua a su interior.

#### *IV.5.1. - REQUISITOS PARA PREPARAR LOS EMPALMES*

Las uniones de las fibras ópticas deberán realizarse espaciados, una distancia que se fijará de acuerdo a la calidad (dispersión, atenuación, etc.) de la fibra propuesta (dispersión normal) y a la ingeniería del sistema, tomando en consideración las características de atenuación del fabricante del cable.

#### *IV.5.2. - TIPOS DE EMPALME*

Las características de las fibras monomodo requieren emplear técnicas de empalme con un alto grado de precisión, para lo cual se deberá considerar el tipo de técnica de empalme por fusión.

Los empalmes deberán hacerse en áreas de trabajo adecuadas, generalmente en áreas protegidas contra el polvo.

Los trabajos en las áreas de empalmes deberán realizarse bajo condiciones ambientales favorables. En los lugares en donde se efectúen estos empalmes, se deberán efectuar pruebas de atenuación y las adicionales requeridas para comprobar la correcta operación del empalme.

#### *IV.5.3. - REGISTROS DE EMPALME*

Los registros de empalme para alojar los cierres de empalmes del cable de fibras ópticas, deberán ser de material dieléctrico. La forma y tipo de los registros de empalme serán propuestos considerando que deberán instalarse bajo tierra y no deberán requerir mayor acondicionamiento.

Los registros deberán permitir el enrollamiento de un mínimo de 20 metros de cable en su interior, 10 para cada dirección. Los registros deberán ser sellados herméticamente, disponer de orificios para el acceso/salida del cable; las entradas/salidas deberán estar protegidas con gomas o silicón para brindar total hermeticidad. Asimismo, deberá disponer de algún tipo de cerradura

con llave universal, de cierre hermético para protección del acceso al interior del registro. El registro deberá disponer de herrajes de sujeción del cable excedente en su interior así como el cierre de empalme.

Para cada registro de empalme se solicita la instalación de un poste de concreto para señalizarlo con una leyenda preformada y pintada en negro en cada punto de empalme.

#### **IV.6. - DISTRIBUIDOR OPTICO (DO)**

La ubicación definitiva del distribuidor óptico dentro de las casetas de equipos de telecomunicaciones se realizará durante la visita de campo, dejando marcado en el piso el sitio óptimo para ello. El distribuidor óptico deberá fijarse de una manera efectiva y firme al bastidor del distribuidor óptico; de preferencia, deberá estar instalado en el mismo bastidor de los equipos terminales ópticos.

##### *IV.6.1. - IDENTIFICACION DEL DISTRIBUIDOR OPTICO*

El bastidor deberá ser etiquetado para su rápida identificación utilizando etiquetas de material anticorrosivo que permitan trabajos de crecimiento futuros.

En las estaciones terminales; el bastidor del distribuidor óptico deberá instalarse de preferencia en la misma fila que los equipos existentes o lo más cercano posible a los equipos terminales ópticos. La ubicación del bastidor del distribuidor óptico se ubicará durante la visita de campo.

La instalación del distribuidor óptico en el bastidor deberá ser de tal forma que permita la libre instalación de los elementos del distribuidor óptico.

##### *IV.6.2. - CONDICIONES DE OPERACION*

El distribuidor deberá instalarse en áreas en donde las condiciones de operación cumplan lo especificado en condiciones ambientales.

La instalación del bastidor del distribuidor óptico deberá permitir el crecimiento a futuro.

#### *IV.6.3. - SEGURIDAD*

Los trabajos de instalación, así como sus resultados, deberán realizarse observando todos los requisitos de seguridad e higiene establecidos en las estaciones por PEMEX Refinación.

#### **IV.7. - MEDICIONES**

Deberán efectuarse todas las mediciones necesarias para comprobar y registrar que el cable de fibras ópticas no fue dañado durante los trabajos de instalación, para garantizar las características de propagación y el estado de operación del sistema. El sistema deberá operar satisfactoriamente en la ventana para la que fue diseñado, con la atenuación máxima permitida de acuerdo a sus características de diseño e ingeniería.

Las mediciones básicas para comprobar que las fibras ópticas no se dañaron se muestran a continuación:

- Atenuación
- Dispersión
- Potencia transmitida y recibida
- Margen del enlace
- Verificar los resultados anteriores contra los cálculos de enlace

#### *IV.7.1. FIBRAS OPTICAS*

Durante los trabajos de instalación en cada sección del cable, se deberán medir todos los parámetros de atenuación, así como la atenuación adicional producida por los empalmes. Los resultados deberán registrarse y compararse punto a punto a fin de verificar que el valor total de atenuación del sistema cumpla con los valores calculados en la ingeniería de enlace del sistema.

Para verificar ésto, se requieren instrumentos de medición tales como: generador de potencia óptico y un detector de alta sensibilidad. Para verificar la sensibilidad del receptor, se deberá disponer de atenuadores ópticos, así como medidores de potencia.

#### *IV.7.2 OTRAS MEDICIONES*

Se deberán efectuar las siguientes mediciones:

1. Potencia de transmisión
2. Potencia de recepción
3. Dispersión (backscattering)
4. Apertura numérica de cada fibra.
5. Ancho de banda utilizando los métodos en el dominio de la frecuencia y del tiempo.
6. Sensibilidad del receptor.

# **CAPITULO V**

## **INSTALACION DE EQUIPOS OPTICOS Y MULTIPLEXORES SDH**

## V. - INSTALACION DE EQUIPOS OPTICOS Y MULTIPLEXORES SDH

El objetivo de este capítulo es dar las especificaciones de los trabajos de adecuaciones a realizar en los sitios para la instalación del enlace de fibra óptica, y hacer notar que es necesario cumplir con las normas de PEMEX correspondientes y así poder garantizar el buen funcionamiento y operación de los equipos de telecomunicaciones que se instalaran en las instalaciones de PEMEX Refinación.

### V.1. - DISTRIBUCION DE LOS EQUIPOS

Los bastidores para los diferentes equipos solicitados deberán montarse a un lado de los equipos existentes en las estaciones en las ubicaciones definitivas que se determinaran detalladamente durante la visita de campo; los equipos deberán fijarse firmemente al piso utilizando tornillos galvanizados y taquetes de expansión en la parte inferior a piso y, en caso de requerirse para brindar mayor firmeza, utilizando canaletas de fierro de 1 1/2" de longitud por cara, fijada en la parte superior de los bastidores, pintadas de color gris para su fijación a techo o pared de acuerdo a como se defina en la visita de campo.

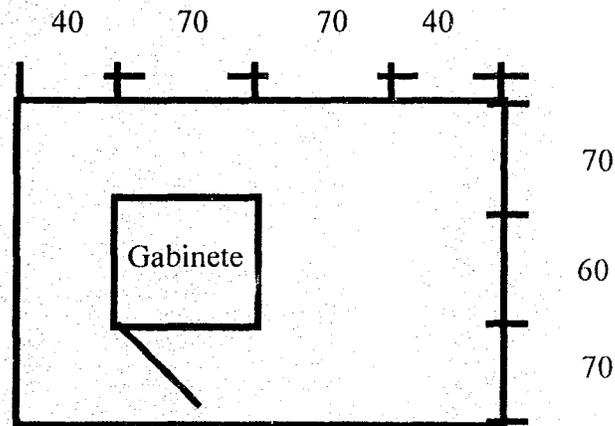


Fig. 5.1 Espacio requerido por el gabinete

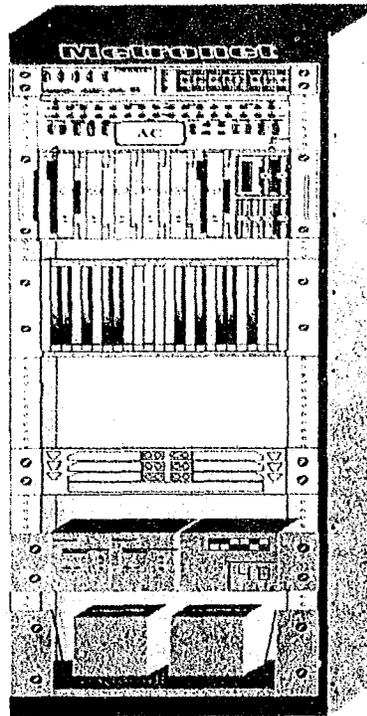


Fig. 5.2 Gabinete tipo

#### V.1.1. - ALIMENTACION DE LOS EQUIPOS

Los equipos deberán alimentarse de los sistemas de alimentación solicitados, debiendo considerar el cableado desde el distribuidor de corriente directa del sistema de alimentación hasta los equipos. El sistema de alimentación, se ubicará de preferencia junto a los equipos de transmisión por fibra óptica; y el gabinete de baterías, se ubicará también en el área de equipos. Su ubicación definitiva se hará durante el recorrido de campo.

Las pastillas termomagnéticas del distribuidor deberán ser de una capacidad apropiada para soportar la carga de los equipos. Se seleccionarán las pastillas en el orden de arriba a abajo y de derecha a izquierda.

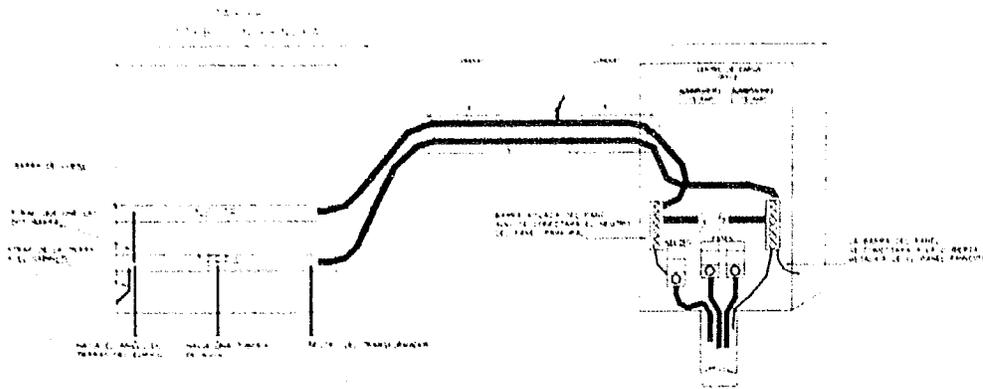


Fig. 5.3 Tablero eléctrico

La distribución de la carga y la asignación de las pastillas termomagnéticas deberá ser calculada de acuerdo a las características eléctricas del equipo activo instalado.

Para el cableado de alimentación, se deberán utilizar las charolas de las escalerillas instaladas en las estaciones, utilizando cable color rojo, calibre AWG N° 8 aislado. En el distribuidor se deberá indicar con todo detalle la posición del equipo (bastidor) y el nombre del equipo.

V.1.2. - TIERRA

Los bastidores deberán aterrizarse a las terminales de tierra (barras de cobre) de cada estación utilizando cable calibre AWG N° 8 color negro, aislado, utilizando tuercas y roldanas de cobre para su fijación a la barra de cobre de cada estación. En la conexión de tierra del lado del equipo deberán utilizarse los puntos de tierra recomendados por el fabricante. Durante la visita de campo a las estaciones, se ubicaran físicamente las placas de tierra en cada estación; en el caso de las casetas prefabricadas, se deberá considerar la elaboración de un pozo de tierra.

### V.1.3. - ALARMAS

Todas las alarmas disponibles en el equipo deberán de cablearse con cables multicolores (multipares telefónicos) al distribuidor en la estación, identificando claramente el cable multipar utilizado, así como cada una de las alarmas.

## V.2. - INSTALACION DE LOS EQUIPOS TERMINALES OPTICOS Y MULTIPLEXORES SDH

Las áreas para instalar los equipos terminales ópticos y multiplexores SDH, será en instalaciones de PEMEX.

### V.2.1. - SUMINISTRO DE ALIMENTACION

Para el suministro de alimentación de corriente directa (CD) a los equipos se deberán utilizar los sistemas de alimentación solicitados (cargadores/rectificadores así como su banco de baterías). Los conductores para corriente directa deberán ser por lo menos de calibre AWG N° 12 con cubierta plástica de aislamiento. Se deberá considerar un cable para cada polaridad. Se deberán suministrar cables de color rojo y azul para la alimentación de corriente directa.

Para el suministro de alimentación de corriente alterna (CA) deberán utilizarse conductores calibre AWG número 14 con cubierta plástica de aislamiento. Se deberá considerar un cable para cada polaridad. Se deberán suministrar cables de color blanco y negro para la alimentación de corriente alterna.

Para la conexión a tierra (barra de cobre) se deberá utilizar cable del calibre AWG 2/0 de color negro. En la instalación del cable, se deberá tener especial cuidado de no cruzar las trayectorias de los cables de CA con los de CD a lo largo de las charolas de las escalerillas.

### V.2.2. - *INSTALACION DEL BASTIDOR DEL DISTRIBUIDOR OPTICO*

Este bastidor deberá instalarse en el mismo lugar donde se encuentran los bastidores de los equipos.

### V.2.3. - *SISTEMAS DE TIERRA*

El Sistema de Tierras es un punto muy importante en el que se debe tener un cuidado especial, ya que puede representar deficiencias en la operación de los equipos de cómputo y de telecomunicaciones y que puede llegar a dañarlos.

Las especificaciones mínimas a cumplir respecto al Sistema de Tierra son:

- La barra de tierra debe ser de cobre de 2" de ancho por 10" de largo como mínimo y deberá de estar sujeta a la pared mediante aislantes de neopreno (Tipo Manzanitas).
- El cable que va hacia el Sistema de Tierras del usuario final debe estar unido a la barra de cobre mediante una zapata ponchable de doble ojillo, el cable será multifilar de acero.
- Todas las zapatas que se conecten a la barra de tierra tendrán que ser ponchables y de doble ojillo cuando el calibre lo permita (fusiones con soldadura Cadwell son permitidas).
- Debe derivarse un cable de calibre 6 desde esta barra de cobre hasta la terminal de tierra en el centro de carga.
- El Sistema de Tierra, debe cumplir con una resistencia máxima de 4 ohms.

- Se recomienda que todas las tierras de equipos, sistema eléctrico, etc. debe tener la misma referencia, es decir, deben estar conectadas al mismo sistema para evitar bucles de tierra y posibles daños a equipos por alguna sobrecarga eléctrica; es por eso que en caso de existir un anillo de tierra que rodea el edificio, la estructura del edificio, las deltas y electrodos de tierras independientes, deberán estar unidas a la barra de tierra principal en donde se une el neutro de la energía eléctrica.
- Una vez instalado el centro de carga, se deberá medir el voltaje entre la barra del neutro y la barra de tierra y el resultado nunca deberá ser mayor a 0.6 volts entre el neutro y la tierra física.

## **CAPITULO VI**

# **OPERACION Y MANTENIMIENTO DEL CABLE DE FIBRA OPTICA Y MULTIPLEXORES**

## VI. - OPERACION Y MANTENIMIENTO DEL CABLE DE FIBRA OPTICA Y MULTIPLEXORES

Los equipos terminales ópticos y multiplexores SDH deberán cumplir las siguientes especificaciones de operación para garantizar una operación de gran confiabilidad y calidad.

### VI.1. - ADMINISTRACION DEL SISTEMA

El sistema de administración de red del sistema de fibra óptica estará basado en las Recomendaciones M.3010 para gestión de redes SDH, incluyendo las interfaces Q.3, Recomendación G.773, entre los diferentes elementos de la red SDH.

El sistema de administración de red deberá incluir los servicios de gestión de fallas, reconfiguración de los sistemas, vigilancia del comportamiento del sistema y seguridad del mismo, de acuerdo a la división ISO/OSI establecida por la UIT-T. El sistema deberá incluir las siguientes funciones:

- Gestión de fallas
- Vigilancia de eventos y alarmas
- Despliegado de gráficas y texto de alarmas
- Estadística de eventos y alarmas
- Reconocimiento de eventos y alarmas
- Análisis de alarmas en cadena
- Comportamiento del sistema
- Monitoreo del comportamiento (Recomendaciones G.821 y G.826 de la UIT-T)
- Estadística de comportamiento
- Análisis de la estadística

- Ajuste del umbral de los parámetros de comportamiento
- Reconfiguración de los sistemas :
- Telecontrol
- Gestión de trayectorias
- Conmutación para protección
- Información para control del reloj
- Conmutación de fuentes de reloj
- Modificación de la configuración de los elementos de la red
- Funciones de mantenimiento tales como bucles
- Seguridad del sistema
- Registro de usuarios del centro de control de red
- Control de acceso de usuarios con varios niveles de privilegios
- Niveles de seguridad y claves para los diferentes niveles de acceso

El sistema de administración de red incluirá todos los módulos de software para la reconfiguración en campo de la base de datos, así como un editor gráfico para la reconfiguración de pantallas de presentación, para adaptarlo a modificaciones en la topología de la red de acuerdo a las necesidades de PEMEX Refinación.

Las pantallas de presentación gráfica del sistema de administración de red deberán adoptar la siguiente jerarquía:

- Presentación de la red
- Esquemas de rutas
- Zonas de mantenimiento
- Esquemas de disposición de bastidores en la sala de equipo
- Esquemas del equipo

- Disposición de módulos del equipo
- Aquellas que mejoren la función de administración de la red

La navegación en las pantallas de presentación gráfica del sistema de administración de red será mediante mouse (ratón).

El sistema de administración de red constara de hardware y software, que permitan la operación y monitoreo equipos terminales ópticos, y otros elementos de red y una estación de trabajo configurada como servidor, basada en los principios de sistemas abiertos y en el modelo de cómputo cliente-servidor, con las siguientes características:

La estación de trabajo del sistema de administración será instalada en el 4º piso del Edificio B2 en el Centro Administrativo Oficinas Centrales de la Ciudad de México, por lo que deberá incluir cables de interconexión, módems, amplificadores de línea, cable de fibra para interfaces, conectores y accesorios para conectar ese servidor con los multiplexores SDH instalados. Y con los equipos terminales ópticos y multiplexores SDH y unidades remotas de supervisión de cada sitio del sistema.

## **VI.2. - FACILIDADES EN LOS EQUIPOS TERMINALES OPTICOS**

### **VI.2.1. - ALARMAS**

En el estado de operación normal de los equipos terminales, los equipos deberán proporcionar los dispositivos necesarios para generar alarmas como resultado de fallas o desviaciones en los niveles de operación establecidos. Las alarmas deberán ser de tipo audible y de fácil visualización en los equipos, en la tablilla o en el módulo correspondiente. Las alarmas deberán ser fácilmente transmitidas a través del sistema de supervisión remoto, con la facilidad de aislarlas en forma local o remota, de acuerdo a su importancia. Las alarmas deberán poder jerarquizarse en forma dinámica para cada tipo de alarma (urgente, no urgente, de servicio, etc.)

### *VI.2.2. - INSTRUMENTOS DE MEDICION INCORPORADOS*

A fin de obtener en cualquier momento información sobre las condiciones de operación en los equipos terminales, se deberán equipar instrumentos de medición incorporados a los equipos para monitorear los parámetros de operación principales, tales como: tasa de bits en error (BER), corriente de polarización del láser, potencia de salida del láser, voltaje de las fuentes de alimentación, sincronía, etc.

### *VI.2.3. - AUTODIAGNOSTICO*

Los equipos terminales deberán tener las facilidades necesarias para su autodiagnóstico, que permita la identificación de fallas o desviaciones de los niveles de operación nominales y que permita también su localización y descripción de la tarjeta o modulo dañado.

### *VI.2.4. - PUNTOS DE MEDICION*

Para su correcta operación, los equipos terminales deberán disponer de los puntos de medición necesarios para conectar instrumentos de medición externos. Estos puntos deberán estar claramente identificados, de fácil acceso y su utilización no deberá afectar en forma alguna el estado de operación normal de los equipos.

### *VI.2.5. - INSTRUMENTOS DE MEDICION*

Se deberán incluir los instrumentos de medición necesarios para garantizar todas las condiciones de operación de los equipos; los instrumentos deberán estar estandarizados bajo las recomendaciones mas recientes de la UIT-T y deberán encontrarse en el mercado con marcas de reconocido prestigio y pertenecientes a grandes compañías fabricantes de instrumentos de medición que proporcionen garantía y mantenimiento a dichos instrumentos.

### *VI.2.6. - HERRAMIENTAS Y ACCESORIOS*

Se deberán incluir todas las herramientas y accesorios necesarios para garantizar la correcta operación de los equipos, en cantidades adecuadas a los equipos propuestos. Estas herramientas y accesorios deberán encontrarse fácilmente en el mercado.

### *VI.2.7. - SOPORTE TECNICO*

Para los equipos terminales y multiplexores, se deberá contar un soporte técnico eficaz, oportuno y especializado, en México, que garantice una gran continuidad y confiabilidad del sistema durante las pruebas de alineación iniciales y puesta en operación, así como durante el periodo de garantía y post-garantía. Se deberá tener en su oficina en México, suficiente cantidad de refacciones de todos los equipos propuestos adicionales a las refacciones que PEMEX Refinación haya adquirido.

### *VI.2.8. - CONFIABILIDAD*

Los equipos terminales deberán ofrecer una gran confiabilidad en todos sus componentes. Es necesario que los equipos terminales tengan una configuración redundante (1+1) de línea con conmutación automática; la redundancia de los equipos se deberá proponerse de acuerdo a los requerimientos de confiabilidad y calidad solicitados.

Los equipos terminales deberán presentar una gran modularidad para la fácil sustitución de módulos/tarjetas al presentarse fallas y con el propósito principal de reducir al mínimo los tiempos fuera de operación de los equipos.

En caso de que los equipos terminales requieran durante su operación ser manejados con precaución o con ciertos cuidados, se deberán señalar en forma visible, en idioma español de preferencia, en cada tarjeta o módulo, los pasos a seguir sin abreviaciones.

Asimismo, en los equipos o componentes electrónicos que puedan sufrir daños por malos manejos o que puedan provocar daño a la integridad física del personal de operación, se deberán incluir señales en letras rojas en aquellas partes del equipo que los requieran.

#### *VI.2.9. - CONDICIONES AMBIENTALES*

El equipo deberá ser capaz de operar bajo las siguientes condiciones:

- Rango de humedad relativa 70 a 95% sin condensación
- Rango de temperatura -5° C a +50° C

#### *VI.2.10. - DOCUMENTACION TECNICA*

Toda la información técnica (planos generales, planos de detalle, manuales, instructivos, procedimientos de alineación, mantenimiento, operación, etc.) relacionados con la operación de los equipos deberán suministrarse en idioma español de preferencia, elaborados en base a copias reproducibles. Como ya se menciono anteriormente, todos los planos que se generen del proyecto deberán elaborarse en software. Se deberán entregar todos los planos impresos en impresoras de colores de alta calidad y resolución y almacenados en medio digital para su futura edición por PEMEX Refinación.

#### *VI.2.11. - PROTOCOLOS DE RECEPCION*

Se deberán elaborar los protocolos de recepción de los equipos terminales y multiplexores SDH que incluyan todas las secciones que integran los equipos suministrados y deberán ser entregados a PEMEX Refinación para su revisión y autorización.

### **VI.3. - ESPECIFICACIONES DE MANTENIMIENTO**

#### *VI.3.1. - PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO*

Se deberá contar con toda la información relacionada con los procedimientos de mantenimientos preventivos y correctivos a realizarse al flexoducto y cable de fibras ópticas, en los que se incluye la periodicidad del mantenimiento, los equipo requerido para detección de fallas, equipos y herramientas necesarios para efectuar empalmes y en general, todos los procedimientos de mantenimiento.

#### *VI.3.2. - LOCALIZACION DE LA TRAYECTORIA DE LAS AREAS DE EMPALMES, FLEXODUCTO Y CABLE*

Con el objeto de optimizar los procedimientos de mantenimiento preventivo y/o correctivos, se deberán cumplir todas las especificaciones de instalación establecidas.

Adicionalmente, se proporcionar todos los planos generados y utilizados durante los trabajos de instalación del cable, que deberán contener toda la información necesaria para auxiliar al personal en la ubicación de las trayectorias del cable, así como de los registros de empalmes existentes.

#### *VI.3.3. - PROCEDIMIENTOS DE REPARACION DEL FLEXODUCTO, CABLE O DE EMPALMES*

Se deberá contar con toda la información relacionada con los procedimientos empleados en la reparación de fallas en el flexoducto, cable o en los puntos de empalme.

#### *VI.3.4. - LOCALIZACION DE LA TRAYECTORIA DEL CABLE EN DUCTOS*

A fin de optimizar los procedimientos de mantenimiento preventivo y/o correctivo, se deberán cumplir todas las especificaciones de instalación establecidas.

Adicionalmente, se deberá proporcionar los planos utilizados durante los trabajos de instalación del cable, que contienen la información necesaria como apoyo en la localización de la trayectoria del cable y sus empalmes.

#### **VI.4. - PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO**

Se deberá proporcionar toda la información relacionada con los procedimientos de mantenimientos preventivos y correctivos del cable de fibra óptica en ductos, periodicidad recomendada para la aplicación de los procedimientos de mantenimiento, el equipo requerido para la localización de fallas en el cable (equipo para extraer el cable de los ductos, equipo para localizar la falla, equipos para realizar empalmes, etc.), las herramientas necesarias para realizar los procedimientos de mantenimiento, etc.

#### *VI.4.1. - LOCALIZACION DE LA TRAYECTORIA DEL CABLE EN DUCTOS*

A fin de optimizar los procedimientos de mantenimiento preventivo y/o correctivo, se deberán cumplir todas las especificaciones de instalación establecidas.

Adicionalmente, se deberá proporcionar los planos utilizados durante los trabajos de instalación del cable, que contienen la información necesaria como apoyo en la localización de la trayectoria del cable y sus empalmes.

#### *VI.4.2. - PROCEDIMIENTOS PARA REPARACION DE CABLES O EMPALMES*

Se deberá proporcionar toda la información relacionada con los diferentes métodos empleados para la reparación de cables en ductos y/o de empalmes.

#### *VI.4.3. - REQUERIMIENTOS DE PERSONAL, EQUIPO, HERRAMIENTAS Y REFACCIONES*

Se deberá contar con un cálculo estimado del personal técnico que considere para efectuar los procedimientos de operación y mantenimiento de los cables de fibras ópticas incluidos en el sistema, así como una recomendación sobre la cantidad de equipo de medición, de empalmes, herramientas, accesorios y refacciones necesarios para las actividades de operación y mantenimiento de los equipos.

#### **VI.5. - ESPECIFICACIONES DE MANTENIMIENTO EQUIPOS EN TERMINALES Y MULTIPLEXORES SDH**

Esta sección establece los requerimientos mínimos que se deberán cumplir relacionados con el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos multiplexores SDH que incluye los terminales utilizados en el sistema.

##### *VI.5.1. - PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO*

Se deberá contar con toda la información relacionada con los procedimientos de mantenimiento preventivo requerido para cada componente, tarjeta, modulo o unidad de los equipos terminales, multiplexores digitales SDH, sistemas de alimentación, que incluye periodicidad recomendada para su aplicación, los instrumentos de medición recomendados, herramientas y refacciones necesarias para efectuar los procedimientos de mantenimiento preventivo sin afectar la operación del sistema.

### *VI.5.2. PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO*

Se deberá proporcionar toda la información relacionada con los procedimientos de mantenimiento correctivo, periodicidad recomendada, instrumentos de medición requeridos, herramientas y refacciones necesarios para efectuar los procedimientos de mantenimiento correctivo sin afectar la operación del sistema.

## CONCLUSIONES

Este sistema de transmisión entre el Centro de Cómputo Principal ubicado en Marina Nacional y el Centro de Cómputo Alterno ubicado en la Exrefinería Azcapotzalco, fue diseñado con la única finalidad de proveer replicación en línea de los sistemas de cómputo, principalmente para la aplicación SAP/R3 y los sistemas de respaldo de información.

Con el antecedente de que se cuenta con una red cuyo backbone principal es de fibra óptica y está constituido por una malla de conmutadores ATM, el enlace principal hacia los equipos donde reside SAP/R3 es un puerto ATM a 155 Mbps, por lo que se decide utilizar la misma tecnología para comunicar los dos Centros de Cómputo, pero con un ancho de banda que permita replicar las bases de datos, respaldos y recuperación de los servidores y de otras actividades diarias entre los dos Centros de Cómputo sin saturar el ancho de banda existente. Es por estas consideraciones que se decide utilizar un ancho de banda de 622 Mbps y se deja preparada la infraestructura para un aumento de velocidad a 2.4 Gbps, esto gracias a que el ancho de banda que proporciona la fibra óptica depende de los equipos finales y no propiamente de la fibra.

Otro factor decisivo en optar por un enlace de fibra óptica es que entre los dos Centros de Cómputo existe una distancia aproximada de 8 kilómetros, que hacen más viable la utilización de un enlace de fibra óptica monomodo que permite utilizarlo hasta en distancias de 15 Kilómetros, ya que no se requiere de repetidores o reforzadores de señal en el trayecto; y que un enlace basado en par de cobre, posiblemente si los necesitara ya que estos son susceptibles a tener pérdidas derivadas de inducciones eléctricas, que en este caso serían algo común ya que en el trayecto se atraviesan líneas de alta tensión de la Comisión Federal de Electricidad y el Sistema de Transporte Colectivo Metro.

Dado que ATM utiliza fibra óptica para enlaces que requieren anchos de banda grandes, y que en el Centro de Cómputo Principal es utilizada esta tecnología para interconectar las diferentes áreas de trabajo y sistemas de cómputo, se da como paso a seguir el uso de esta tecnología ante otras como FDDI o Gigabit Ethernet, que implicaría tener dos tecnologías conviviendo y

---

Conclusión

aumentando los puntos de falla, así como equipo capaz de realizar el intercambio de información y la curva de aprendizaje de esta tecnología.

Otra ventaja que puede obtenerse de una red ATM es la posibilidad de diferenciar el tráfico, con la finalidad de darle prioridades o estableciendo niveles de servicio entre los diferentes servidores, es decir, se puede definir un ancho de banda fijo para el caso de los servidores que lo requieran, como es el caso de la replicación de la base de datos de SAP/R3 y el respaldo de los servidores; así como un ancho de banda variable para actividades de monitoreo y administración y esporádicamente la conexión de usuarios a la aplicación.

Existen dos interfaces físicas que permiten el transporte de celdas ATM, éstas son SONET y SDH, de las cuales se elige SDH, ya que implementa la redundancia de manera más eficiente y permite realizar de una manera más sencilla funciones de extracción e inserción de información que se va a utilizar para comunicar los conmutadores ATM a 622 Mbps. Es necesario que los multiplexores cuenten con tarjetas STM-4 (SDH), que sería el equivalente a un OC-12 (SONET), en los extremos del enlace e interfaces STM-16 en todo el trayecto, con la finalidad de poder agregar tramas STM-4 (hasta un total de 4 STM-4) en un futuro.

El problema que se presenta es cómo llevar a cabo el tendido de fibra óptica entre los dos Centros de Cómputo, es por eso que se realiza el estudio de la trayectoria donde deberá pasar el tendido de fibra óptica, basándose en el derecho de vía con el que cuenta PEMEX en la zona.

El sistema de comunicación planteado tiene la característica de que si se requiere una tasa de transmisión más alta, está preparado para aceptarlo, sólo será necesario la sustitución de las tarjetas en los multiplexores. La única limitación es la tecnología, ya que hasta el momento no se ha llegado a saturar el canal, es decir la fibra óptica. No obstante, ya se desarrollan nuevas tecnologías como DWDM que permitirán el transporte de señales ópticas multiplexadas, utilizando el medio actual, la fibra óptica.

---

Conclusión

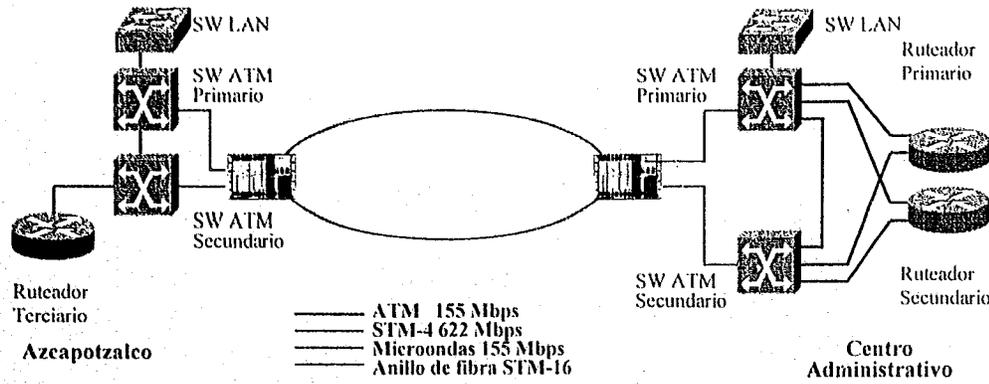


Fig. Diagrama de interconexión

Conclusión

## APENDICES

APENDICE A

CRITERIOS DE ENTRADA Y SALIDA CON RESPECTO AL ESTADO DE INDISPONIBILIDAD

En este apéndice se incluyen los criterios para definir un estado de indisponibilidad en una transmisión y aplicarlos en las definiciones de parámetros. Hay que tener cuidado de no confundir los conceptos de este apéndice, con el concepto de disponibilidad de la red el cual señala el porcentaje del tiempo en que la red o un enlace estarán funcionando adecuadamente y que se explican en el capítulo II.

A.1 CRITERIOS PARA UN SOLO SENTIDO

Un periodo de indisponibilidad comienza con el primero de diez eventos SES consecutivos. Estos diez segundos se consideran parte del tiempo de indisponibilidad. Un nuevo periodo de disponibilidad comienza con el primero de diez eventos no SES consecutivos. Estos diez segundos se consideran que forman parte del tiempo de disponibilidad. La siguiente figura ilustra la definición.

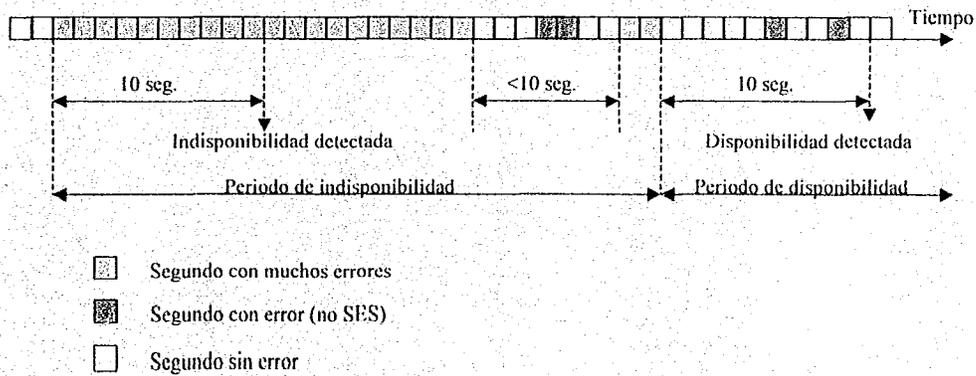
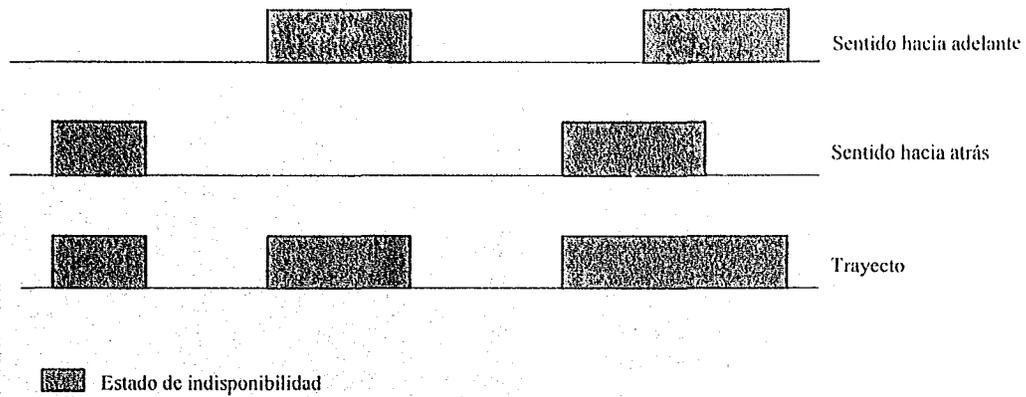


Fig. A.1 Ejemplo de determinación del tiempo de indisponibilidad

## A.2 CRITERIO PARA UN TRAYECTO BIDIRECCIONAL

Un trayecto bidireccional está en un estado de indisponibilidad si uno o ambos sentidos están en el estado de indisponibilidad. Esto se muestra en la siguiente figura.



*Fig. A.2 Ejemplo del estado de indisponibilidad del trayecto*

## APENDICE B

### RELACION ENTRE LA SUPERVISION DE LA CALIDAD DE FUNCIONAMIENTO DE LOS TRAYECTOS DE LA JERARQUIA DIGITAL PLESIOCRONA Y LOS PARAMETROS BASADOS EN BLOQUES

#### GENERALIDADES

En la siguiente tabla se muestran los tamaños de bloque para la supervisión en servicio de la calidad de funcionamiento de trayectos PDH.

#### ANOMALIAS

Las condiciones de anomalías en servicio se utilizan para determinar la característica de error de un trayecto PDH cuando el trayecto no está en estado defectuoso. Se definen dos categorías de anomalías siguientes relacionadas con la señal entrante:

- $a_1$  Una señal de alineación de trama con error.
- $a_2$  Un EB indicado por un ECD.

#### DEFECTOS

Las tres categorías de defectos relacionados con la señal entrante son las siguientes:

- $d_1$  Pérdida de señal (LOS).
- $d_2$  Señal de indicación de alarma (AIS).
- $d_3$  Pérdida de alineación de trama (LOF).

ESTIMACION DE LOS PARAMETROS DE LA CALIDAD DE FUNCIONAMIENTO

En la tabla siguiente se indica el conjunto de parámetros que debe ser estimado y los criterios de medición relacionados de acuerdo con el tipo de trayecto considerado.

TIPOS	CONJUNTOS DE PARAMETROS	CRITERIOS DE MEDICION
1	ESR	Se observa un ES cuando, durante un segundo, se produce al menos una anomalía $a_1$ o $a_2$ o un defecto $d_1$ a $d_3$ .
	SESR	Se observa un SES cuando, durante un segundo, se producen al menos "x" anomalías $a_1$ o $a_2$ o un defecto $d_1$ a $d_3$ .
	BBER	Se observa un BBE cuando se produce una anomalía $a_1$ o $a_2$ en un bloque que no forma parte de un SES.
2	ESR	Se observa un ES cuando, durante un segundo, se produce al menos una anomalía $a_1$ o un defecto $d_1$ a $d_3$ .
	SESR	Se observa un SES cuando, durante un segundo, se producen al menos "x" anomalías $a_1$ y un defecto $d_1$ a $d_3$ .
3	ESR	Se observa un ES cuando, durante un segundo, se produce al menos una anomalía $a_1$ o un defecto $d_1$ a $d_2$ .
	SESR	Se observa un SES cuando, durante un segundo, se observan al menos "x" anomalías $a_1$ o un defecto $d_1$ a $d_2$ .
4	SESR	Se observa un SES cuando, durante un segundo, se producen al menos un defecto $d_1$ o $d_2$ .

CAPACIDADES DE SUPERVISION EN SERVICIO Y CRITERIOS PARA LA DECLARACION DE PARAMETROS DE CALIDAD DE FUNCIONAMIENTO

La tabla siguiente proporciona directrices sobre los criterios para la declaración de un evento SES en trayectos PDH, la cual contiene ejemplos de los criterios  $x$  de SES de ISM, para formatos de señales con capacidades EDC.

Velocidad binaria Kbit/s	1544	2048	44736
Recomendación	G.704	G.704	G.752
Tipo EDC	CRC-6	CRC-4	Comprobación de paridad de bit
Bloques/segundo	333	1000	9398
Bits/bloque	4632	2048	4760
Umbral de SES utilizado en equipos desarrollados antes de la aceptación de la Recomendación G.826	$x=320$	$x=805$	$x=45$ ó $x=2444$ como se sugiere en la Recomendación M.2100
Umbral de ISM basado en SES según Recomendación G.826 (30% de bloques con error)	Nota: 1	Nota: 1	$x=2444$
Notas: 1 Debido al hecho que existe una gran población de sistemas en servicio, los criterios para la declaración de un SES no variá para los formatos de trama de estos sistemas.			

## APENDICE C

### MARCO REGULATORIO

El sistema de transmisión digital por fibra óptica de PEMEX Refinación, deberá operar en la jerarquía de red digital síncrona, SDH, y estará basada en las recomendaciones del libro azul de la UIT-T siguientes:

- G.703 Características físicas y eléctricas de las interfaces digitales jerárquicas.
- G.704 Estructuras de tramas síncrona utilizadas en los niveles jerárquicos 1544, 6312, 2048, 8448 y 44736 Kbps.
- G.707 Velocidades de la jerarquía digital síncrona, STM-1 A 155.520 Kbps y STM-4 a 622.080 Kbps.
- G.708 Interfaz de nodo para la red (network node interface) para SDH, ubicación de los NNI, definiciones, estructura de trama y funciones de overhead.
- G.732 Estructura de trama E1.
- G.709 Estructura de multiplexaje síncrono, estructura básica de multiplexaje, método de multiplexaje, punteros, descripción del overhead de trayectoria, mapeo de tributarios en los contenedores virtuales.
- G.774 Modelo de gestión de información para SDH.
- G.781 Estructura de las recomendaciones sobre el equipo de multiplexaje SDH.
- G.782 Tipos y características generales del equipo de multiplexaje SDH, definiciones, revisión

de las funciones del equipo, tipos de equipo, especificaciones de comportamiento.

- G.783 Características a bloques funcional de los multiplexores SDH, definiciones, funciones de transporte, funciones de trayectorias de bajo y alto orden, funciones de gestión y de funciones de temporización, especificaciones de bailoteo de fase y amplitud (jitter and wander).
- G.784 Gestión de las redes SDH, definiciones, gestión de la red SDH y funciones q.800 gestión, canales de control integrados (embedded control channels, ECC), arreglo de protocolo para los ECC.
- G.957 Interfaces ópticas para equipos y sistemas relacionados con SDH, clasificación de interfaces, parámetros ópticos, valor de los parámetros, consideraciones de ingeniería.
- G.958 Sistemas de línea digital basados en SDH, para cable de fibra óptica, definiciones, tipos de sistemas y fibras, diseño, encabezados de transmisión, características generales de temporización, jitter y comportamiento de errores, disponibilidad y confiabilidad, aspectos operacionales.
- G.sna1 Arquitectura de redes de transporte basadas en SDH, vocabulario, arquitectura funcional, protección y restauración, sistema de sincronización, elección de mapeo de velocidad primaria.
- G.sna2 Comportamiento y capacidad de gestión de la red de transporte.
- G.821 Parámetros de comportamiento a errores y objetivos para conexiones digitales internacionales a velocidad constante a régimen básico o superior.
- G.826 Control de bailoteo de fase y amplitud (jitter y wander) dentro de las redes digitales.

**APENDICE D**

**RELACION ENTRE LA SUPERVISION DE LA CALIDAD DE FUNCIONAMIENTO DE LOS TRAYECTOS DE LA JERARQUIA DIGITAL SINCRONA Y LOS PARAMETROS BASADOS EN BLOQUES**

**GENERALIDADES**

Conversión de las mediciones de BIP en bloques con error.

A continuación se describe el método para convertir mediciones de BIP en bloques con error. Como la presente norma define un bloque de bits consecutivos asociados con un trayecto, cada BIP-n (paridad de entrelazado de bits, orden "n") del encabezado del trayecto SDH pertenece a un solo bloque definido. A los efectos de este apéndice, una BIP-n corresponde a un bloque.

Tamaño de bloque para la supervisión de trayectos SDH.

Los tamaños de bloque para la supervisión en servicio de la calidad de funcionamiento de trayectos SDH se indican en la siguiente tabla:

Velocidad binaria del trayecto SDH kbits/s	Tipo de trayecto	Tamaño de bloque (bits)	Tamaño del bloque SDH (bits)	EDC
1 664	VC-11	800 - 5000	832	BIP-2
2 240	VC-12	800 - 5000	1120	BIP-2
6 848	VC-2	2000 - 8000	3424	BIP-2

Valoridad binaria del trayecto SDH Kbits/s	Tipo de trayecto	Tamaño de bloque (bits)	Tamaño del bloque SDH (bits)	EDC
48 960	VC-3	4000 - 20000	6120	BIP-8
150 336	VC-4	6000 - 20000	18792	BIP-8
m x 6848	VC-2-mc		3424	m x BIP-2
34 240	VC-2-5c	6000 - 20000	17120	BIP-2
601 344 000	VC-4-4c	15000 - 30000	75168	BIP-8

**Anomalías**

Las condiciones de anomalías en servicio se utilizan para determinar la características de error de un trayecto SDH cuando el trayecto no está en un estado defectuoso. Se define la siguiente anomalía:

- a, Un EB indicado por un EDC.

**Defectos**

Los dos cuadros siguientes muestran los defectos utilizados en la presente norma.

Defectos en el extremo cercano	Tipo de trayecto
LP UNEQ	Aplicable a trayectos de orden inferior
LP TIM	
TU LOP	
TU AIS	
HP LOM	
HP PLM	

**Apéndice**

Defectos en el extremo cercano	Tipo de trayecto
HP UNEQ	Aplicable a trayectos de orden superior
HP TIM	
AU LOP	
AU AIS	

Mediciones de eventos de calidad de funcionamiento mediante cómputos globales de errores de paridad.

En esta subcláusula se ofrece orientación sobre los equipos diseñados para sumar cada violación de paridad de entrelazado de bits en el segundo completo en vez de utilizar el bloque BIP-n para detectar y contar bloques con errores como se recomienda.

Los cómputos globales de violaciones de paridad de entrelazado de bits (BIP) se pueden utilizar para estimar el número de bloques con errores. Como una hipótesis simplificadora, se puede considerar que el cómputo global de las violaciones de paridad de entrelazado de bits en un segundo equivale aproximadamente al número de bloques con error en ese segundo. Se recomienda la siguiente relación para BIP-2 y BIP-8, aunque puede tender a sobrestimar los bloques con error en el caso de BIP-8.

$$E \approx P$$

Donde E es el número de bloques con error en el periodo de medición y P es el número de violaciones de paridad en el periodo de medición.

### Estimación de los parámetros de calidad de funcionamiento

Para trayectos de transmisión SDH, el conjunto completo de parámetros de calidad de funcionamiento se estimará utilizando los siguientes eventos.

ES.- Se observa un ES cuando, durante un segundo, se produce al menos una anomalía  $a_i$ , o un defecto de acuerdo con las tablas anteriores. Para un evento ES, el cómputo real de EB no es pertinente, sólo es significativo el hecho de que se ha producido un EB un segundo.

SES.- Se observa un SES cuando, durante un segundo, se produce por lo menos "x" EB, derivados de la anomalía  $a_i$ , o un defecto. El valor de "x" se obtiene multiplicando el número de bloques por segundo por 0.3 (de acuerdo con la definición de SES). El umbral de BIP resultante en un SES se muestra en la siguiente tabla para cada tipo de trayecto SDH. Estos valores deben ser programables dentro del equipo SDH.

Tipo de trayecto	Umbral para SES
VC-11	600
VC-12	600
VC-2	600
VC-3	2400
VC-4	2400
VC-2-5c	600
VC-4-4c	2400

## ESTIMACION DE EVENTOS DE CALIDAD DE FUNCIONAMIENTO EN EL EXTREMO DISTANTE DE UN TRAYECTO.

Las siguientes indicaciones disponibles en el extremo cercano se utilizan para estimar los efectos de calidad de funcionamiento (que se producen en el extremo distante) para en sentido inverso:

RDI y REI de trayecto de orden superior y de orden inferior.

RDI es el trayecto de orden superior o de orden inferior son los defectos que se estiman la ocurrencia de SES en el extremo distante.

REI de trayecto de orden superior o de orden inferior son anomalías que se utilizan para determinar la ocurrencia de ES, BBE y SES en el extremo distante.

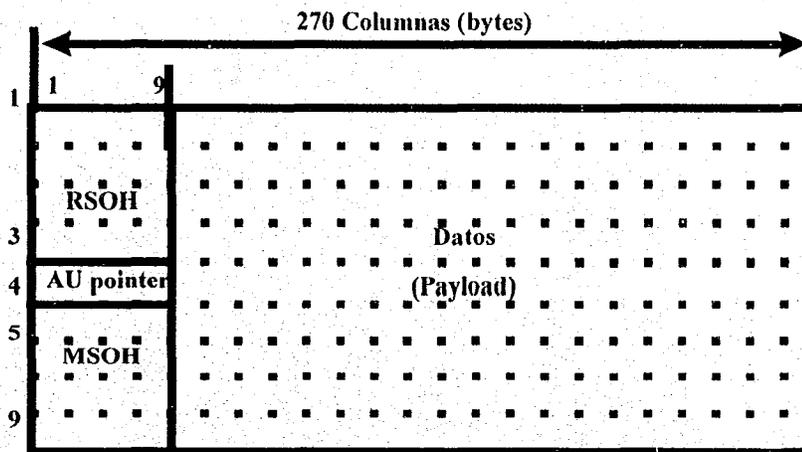
**APENDICE E**

**DESCRIPCION DE LA SECCION DE ENCABEZADOS DE UN FRAME STM-1**

Los nueve primeros bytes de cada una de las nueve líneas son utilizados como encabezados, la norma G.707 define dos áreas en la parte de encabezado:

El Encabezado de la Sección de Regeneración (RSOH por sus siglas en inglés)

El Encabezado de la Sección de multiplexaje (MSOH por sus siglas en inglés)



A1	A1	A1	A2	A2	A2	J0	X	X
B1	•	•	E1	•		F1		
D1	•	•	D2	•		D3		
AU POINTER								
B2	B2	B2	K1			K2		
D4			D5			D6		
D7			D8			D9		
D10			D11			D12		
S1					M1	E1		

## FUNCION DE LOS BYTES DEL ENCABEZADO

A1, A2	Alineación y sincronización del frame.
B1, B2	Bytes de paridad BIP-8 y BIP-N.
D1... D3	$Q_{ECC}$ Mantenimiento de la red.
D4... D12	$Q_{ECC}$ Mantenimiento de la red.
E1, E2	Conexión de voz.
F1	Mantenimiento.
J0(C1)	Identificador de ruta.
K1, K2	Conmutación Automática del Control de Protección (APS).
S1	Indicador de Reloj.
M1	Reconocimiento de error en la transmisión.
•	Dependiente del medio utilizado (radio, satélite).
X	Reservado para uso nacional.

## GLOSARIO

- **AAL:** ATM Adaption Layer (Capa de Adaptación ATM) Colección de protocolos estandarizados que adapta el tráfico de usuario a un formato de celdas. El AAL se divide en la Subcapa de Convergencia (CS) y en la Subcapa de Segmentación y Reensamble (SAR).
- **AAL1:** AAL de tipo 1 Protocolo estándar utilizado para el transporte de tráfico CBR (Constant Bit Rate) como audio y video y para la emulación de circuitos basados en TDM (por ejemplo E1, T1).
- **AAL2:** AAL de tipo 2 Protocolo estándar para soportar el servicio VBR (Variable Bit Rate) dependiente del tiempo (VBR-RT) de tráfico orientado a conexión como audio y video paquetizado.
- **Ancho de Banda:** La gama de frecuencias disponible para las señales; la diferencia entre las frecuencias altas y bajas de una banda, se mide en hertzios.
- **Hertzios:** Velocidad a la que puede transmitir información un canal de comunicación, con independencia del soporte físico que se utiliza. Por ejemplo, el cable telefónico tradicional puede dar lugar a canales de comunicación con distinto ancho de banda, según la tecnología que emplee (RDSI, ADSL, etc.).
- **ANSI:** American National Standards Institute. (Instituto de Estándares de USA.) Organismo estadounidense dedicado a emitir estándares para la industria. Fue el encargado de definir el conjunto de caracteres que se usan en Windows.
- **Arquitectura de Red:** Un juego de principios de diseño incluyendo la organización de funciones y la descripción del formato de datos y procedimientos: las bases para el diseño y la mejora de una red (ISO).

- **ATM:** Asynchronous Transfer Mode (Modo de Transferencia Asíncrono) Protocolo de transmisión orientado a conexión basado en celdas de longitud fija (paquetes) de 53 Bytes (incluyendo una cabecera de 5 Bytes). Actualmente se puede decir que ATM más que un simple protocolo es una tecnología que permite compartir eficientemente canales de comunicación entre múltiples usuarios además de ofrecer el concepto de Calidad de Servicios (QoS) para la creación de conexiones óptimas de acuerdo a la aplicación.
- **Baudio:** Unidad de las señales de velocidad. La velocidad en baudios es el número de cambios de líneas (en frecuencia, amplitud etc.) o eventos por segundo. A baja velocidad, cada evento representa solamente un bit. La velocidad en baudios es igual a bps. Según se incrementa la velocidad, cada evento representa más de un bit, y la velocidad no es realmente igual a bps.
- **B-ISDN:** Broadband Integrated Services Digital Networking (Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha) Plataforma de protocolos introducida por la ITU-T para soportar la transmisión de alta velocidad integrada para la transmisión de datos, audio y video de la misma manera. ATM surgió como un estándar de transporte de la plataforma.
- **Bit (Binary Digit):** La unidad más pequeña de información en un sistema binario, un uno o un cero Cantidad de Errores de Bit/Prueba de Cantidad de Errores de Bloque (BERT/BLERT) Una técnica de comprobación de errores que compara el patrón de los datos recibidos con un patrón de datos transmitidos a una determinada calidad en la línea de transmisión.
- **Bps:** bits por segundo. Velocidad de transmisión a una tasa de 1 bit por segundo.
- **Broadband:** Un canal de comunicación que tiene un mayor ancho de banda que un canal de voz y es potencialmente capaz de obtener mayores velocidades de transmisión.

- **Buffer:** Un dispositivo de almacenamiento utilizado para compensar la diferencia entre la velocidad y el flujo de los datos entre dos dispositivos.
- **Byte:** Una unidad de información, normalmente mas corta que una "palabra" del ordenador. Ocho bits es lo mas común. También se denomina "carácter". CCITT (Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía)— Una asociación internacional que indica estándares de comunicaciones mundiales (tales como, V.21, V.22, y X.25). Sustituida por la ITU-TSS.
- **Canales Virtuales (VC Virtual Channels):** Esta función se realiza por medio del subcampo del encabezado llamado VCI y consiste en utilizar un identificador que se asigna en el establecimiento de la conexión. El VCI tiene solamente un significado local sobre el enlace entre los nodos ATM y se traducirá en cada nodo. Cuando se libera la conexión, los valores del VCI en los enlaces abarcados también serán liberados y podrán ser reutilizados por otras conexiones.
- **CBR Constant Bit Rate (Tasa de Bit Constante):** Una de las cinco clases de servicio de ATM, la cual soporta la transmisión de una corriente continua de bits de información donde el tráfico, tal como voz y video, necesita ciertos requerimientos de QoS.
- **Celda:** Unidad básica de transmisión para ATM. Es un paquete de 53 Bytes compuesto de 5 bytes de encabezado y 48 bytes de datos (payload). En la fuente el tráfico del usuario se segmenta en celdas y en el destino se reensamblan.
- **Circuitos Virtuales (VC Virtual Circuit) ATM** utiliza circuitos virtuales para crear enlaces individuales de la red para transportar células de longitud fija de 53 bytes entre los nodos de la red. Las células de diferentes nodos pueden compartir un circuito virtual cuando viajan hacia un mismo destino. Estos circuitos virtuales llevan todas las transmisiones de datos entre los nodos y mantienen la secuencia correcta de células y calidad de servicio a lo largo de toda

la transmisión. Un circuito virtual puede atravesar más de un switch ATM. Existen dos tipos de circuitos virtuales, Circuitos Virtuales Permanentes (PVCs) y Circuitos Virtuales Conmutados (SVCs).

- **Circuitos Virtuales Conmutados (SVC):** Los circuitos virtuales conmutados, son creados dinámicamente para cada transmisión. Los Circuitos Virtuales Conmutados son similares a la red telefónica de voz, en donde las conexiones entre dos puntos extremo de la red son creados dinámicamente para cada transmisión. Los SVC pretenden determinar la ruta disponible más corta desde la fuente hasta el destino. Los SVC se establecen y liberan por el Plano de Control (Señalización).
- **Circuitos Virtuales Permanentes (PVC):** Los Circuitos Virtuales Permanentes son conexiones "permanentes" entre dos nodos de la red y operan como una línea física dedicada. En una implementación de PVC, la conectividad de red entre dos nodos es configurada estáticamente en los switches, y el Identificador de Circuito Virtual (VCI Virtual Circuit Identifier) para cada nodo remoto es configurado en cada estación extremo. Los PVC se establecen o liberan a través del Plano de Gestión.
- **Conexiones Virtuales:** Se ha mencionado que una de las características básicas de ATM es la funcionalidad limitada en el encabezado, por lo que no se necesitan las funciones de dirección de origen y destino ni número de secuencia (para la resecuenciación) que son necesarias en las redes no orientadas a conexión. Cada conexión virtual se va a identificar por un número (identificador), que tiene solamente un significado local para cada enlace en la conexión virtual. Por lo tanto la función básica que queda en el encabezado es la identificación de la conexión virtual. Esta función es realizada por dos subcampos del encabezado: VCI (Virtual Channel Identifier) y el VPI (Virtual Path Identifier). El campo VCI identifica dinámicamente conexiones; el campo VPI identifica estáticamente las conexiones.

- CRC (Comprobación Cíclica de Redundancia): un mecanismo básico de comprobación de errores para enlaces de nivel en transmisiones de datos; una característica del enlace de nivel de (típicamente) los protocolos de comunicación de datos. La integridad de los datos en una trama recibida o de un paquete, se comprueba a través de un algoritmo polinomial, que lleva la trama y cuando coincide con el resultado que ha fijado el dispositivo que esta enviando y lo ha incluido (lo mas corriente es 16-bits) se introduce en la trama.
- CSMA: Carrier Sense Multiple Access. (Acceso Múltiple por Detección de Portadora.)
- CSMA/CD: Carrier Sense Multiple Access/ Collision Detection. (Acceso Múltiple por Detección de Portadora/ Detección de Colisión.)
- Digital: Transmisiones en las cuales los datos se codifican con un uno (1) o cero (0).
- Datagrama: Modo de transporte de paquetes donde los paquetes se enrutan independientemente y pueden seguir diferentes rutas, por lo cual no hay garantía en la secuencia de entrega.
- DCE: Data Communications Equipment (equipo de comunicaciones de datos) Dispositivo ubicado donde el usuario final, típicamente un módem u otro dispositivo de comunicaciones, que actúa como un punto de acceso al medio de transmisión.
- DQDB: Distributed Queue Dual Bus. (Bus Dual con Cola Distribuida.) El estándar IEEE 802.6 es un protocolo de MAN basado en paquetes de 53 Bytes que puede soportar servicios integrados isocronos orientados o no a la conexión. Se implementa como dos buses unidireccionales configurados en una topología de anillo.

- DS-0: Señal Digital 0 Interfaz física para transmisión digital a una tasa de 64 Kbps. Corresponde al canal básico de voz.
- DSU: Data Service Unit (Unidad de Servicio de Datos) Equipo en el usuario final que actúa como una interfaz entre servicios de bajas velocidades y circuitos de más alta velocidad.
- E-1: Señal Digital Europea 1 Estándar europeo (utilizado en Colombia) para la interfaz física digital a 2.048 Mbps.
- E.164: Formato de dirección de 8 bytes definido por la ITU-T. En ATM se usa para redes públicas siendo ofrecido por los operadores de telecomunicaciones.
- ETHERNET: Transporta la información sobre una LAN por coaxial o par telefónico a una velocidad de 1 a 10 Mbps.
- FDDI: Fiber Distributed Data Interface Estándar definido por el ANSI para la implementación de una LAN de alta velocidad (100 Mbps) sobre un anillo dual de fibra óptica.
- Frame Relay: Tecnología eficiente de conmutación de paquetes que permite la entrega confiable de paquetes sobre circuito virtuales (VC). Mucha de la funcionalidad de la capa de red se manipula en la capa de Enlace. Algunos de los conceptos usados en Frame Relay han sido incorporados en ATM.
- HDLC (High - Level Data Link Control: El estándar internacional del protocolo de comunicaciones definido por la ISO.
- IEEE: Institute of Electrical and Electronic Engineers (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) Organización de estándares y especificaciones que cubre actividades en el área

de computadoras y electrónica.

- IETF: Internet Engineering Task Force (Comité de Tareas de Ingeniería de Internet) Cuerpo que inicialmente fue responsable por el desarrollo de las especificaciones requeridas para la implementación interoperable de IP. Uno de los trabajos de la IETF se ha enfocado en la implementación de IP clásico sobre ATM.
- Interfaz: Una definición compartida por las características físicas de interconexión, las características de las señales y el significado de las señales intercambiadas.
- Internet: Es el sistema global de redes interconectado por TCP/IP que incluye más de 30 millones de usuarios del sector privado, instituciones educativas y del gobierno, y personas independientes.
- IP: Internet Protocol, Protocolo de red que brinda un servicio no orientado a conexión (datagrama) al protocolo de transporte más alto. Tiene la responsabilidad de descubrir y mantener la información de la topología de la red y de enrutar los paquetes a través de redes homogéneas o heterogéneas.
- ISDN: Integrates Services Digital Network (Red Digital de Servicios Integrados) Modelo de referencia del protocolo adoptado por la ITU-T para brindar un servicio digital extremo a extremo e interactivo para datos, audio y video. ISDN está disponible como BRI, PRI e B-ISDN.
- ITU-T: International Telecommunications Union - Telecommunications Standard Sector (Unión Internacional de las Telecomunicaciones - Sector de estándares de Telecomunicaciones) Cuerpo de recomendaciones, especificaciones y estándares internacionales formales, inicialmente conocido como CCITT. La ITU-T hace parte de la

Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) fundado en 1948 y auspiciado por las Naciones Unidas para promover los temas relacionados con Telefonía y telegrafía

- Kbps: Kilobits per second. Velocidad de transmisión de mil bits por segundo.
- LAN: Red de Area Local Un red que hace interconexión entre PCs, terminales, estaciones de trabajo, servidores, impresoras y otros periféricos a una alta velocidad sobre distancias cortas.
- LAN Emulation Es una técnica que especifica las interfaces y protocolos necesarios para proveer a las LAN soportes de conectividad y funcionalidad en un desarrollo ATM.
- MAN: Metropolitan Area Network Este termino describe a una red que provee una conectividad digital de una área regional a una metropolitana. La MAN realiza el enlace entre las LANs Y WANs.
- Mbps: Megabits per second Velocidad de transmisión de un millón de bits por segundo.
- Multiplexor: Un dispositivo que divide la facilidad de transmisión en dos o mas subcanales, bien dividiendo la banda de frecuencia en bandas mas estrechas (División de Frecuencias) o asignando un canal común a varios dispositivos transmisores, una cada vez (División en el Tiempo).
- Niveles de Red: Nivel 3 en el modelo OSI; la entidad lógica de la red que da servicio al nivel de transporte: responsable de asegurarse de que los datos pasen a él desde el nivel de transporte, sean dirigidos y entregados a través de la red.
- Nodo: Un punto de interconexión de una red. Normalmente, un punto en el cual un número de terminales o circuitos "tail" conectados a la red. NRZ

- **NSAP: Network Services Access Point. (Punto de Acceso al Servicio de Red)** Una de sus funciones es identificar el DTE para una única dirección.
- **OAM: Operations and Maintenance (Operación y Mantenimiento)** Acción administración y supervisión permanente de la red a través del monitoreo.
- **OSI: Open Systems Interconnection. (Interconexión de Sistemas Abiertos)** El modelo de referencia OSI introducido por la ISO contiene 7 campos, los cuales especifican los protocolos y funciones requeridos para la comunicación entre dos nodos usando una infraestructura de red.
- **Paquete:** Un grupo de bits (incluyendo señales de datos y de control) transmitidos como un conjunto dentro de una red de conmutación de paquetes Normalmente menor que un bloque de transmisión.
- **PAYLOAD:** Parte de la celda ATM que contiene la información que se va a transportar. (Ocupa 48 bytes).
- **PDH: Plesiochronous Digital Hierarchy (Jerarquía Digital Plesincrónica).** Una jerarquía que hace referencia a las interfaces DS-0, DS-1, DS-2 y DS-3 para transmisión digital. Originalmente desarrollada para llevar eficientemente la voz digitalizada por cableado.
- **QoS (Quality of Service):** Este término se refiere a los parámetros que caracterizan el tráfico en una conexión virtual.
- **Red:** Un grupo de nodos interconectados, una serie de puntos, nodos o estaciones conectadas por canales de comunicación; el conjunto de equipos a través de los cuales se realizan las

conexiones entre las estaciones de datos.

- **Reloj:** Término abreviado para las fuentes de señales de tiempo que se utilizan en una transmisión síncrona. Mas general: las fuentes de señales de tiempo secuencial de eventos electrónicos.
- **SAP:** "System Analyze and Programment Wicking" (la denominación más tarde se cambió por Systems, Applications and Products in Data Processing).
- **SAP/R3:** Software y versión, de la compañía Systems, Applications and Products in Data Processing.
- **SDH:** Synchronous Digital Hierarchy. (Jerarquía Digital Síncrona) Una jerarquía que determina las interfaces de señal par una muy alta velocidad de transmisión sobre enlaces de fibra óptica.
- **SONET:** Synchronous Optical Network (Red Optica Síncrona) Un estándar definido por la ANSI para velocidades altas y mayor calidad digital en transmisión óptica. En Norteamérica se reconoce como el standard para SDH.
- **STM:** Synchronous Transfer Mode. Donde el tiempo es asignado a cada canal para transmisiones periódicas.
- **STM-1:** Synchronous Transport Module-1 La ITU-T define para SDH la interfaz física para la transmisión digital en ATM a una rata de 155.52 Mbps.
- **Tiempo de Respuesta:** El tiempo que transcurre entre el final de un mensaje y el comienzo de la respuesta; incluye un retardo de terminal y un retardo de red. Contra más rápida sea la

respuesta del protector de tensión a una descarga de tensión; también se llama "clamp time".

- **Topología de Red:** La relación física y lógica de los nodos en la red; el arreglo esquemático de los enlaces y nodos de la red: las redes normalmente tienen topología de estrella, anillo, árbol o bus, y alguna otra combinación.
- **Transmisión Asíncrona:** Transmisión en la cual el intervalo de tiempo entre los caracteres transmitidos deben ser una longitud desigual. La transmisión es controlada por los bits de arranque y parada al principio y al final de cada carácter.
- **Transmisión Síncrona:** Transmisión en la cual los bits de datos se envían a una velocidad fija, con el transmisor y el receptor sincronizados. La transmisión sincronizada elimina la necesidad de bits de arranque y parada. Compárese con la transmisión síncrona.
- **Trayectos Virtuales (VP Virtual Paths):** Los Trayectos Virtuales son conexiones semipermanentes entre dos puntos extremo que tienen que transportar un número muy grande de conexiones simultáneas. Este concepto se conoce también como red virtual. En este concepto, los recursos disponibles de la red son asignados en forma semipermanente para permitir que su manejo sea simple y eficiente. Para establecer esta red virtual, se define otro campo en el encabezado, llamado VPI (Virtual Path Identifier).
- **WAN: Wide Area Network.** Es una red que abarca grandes distancias y usualmente utiliza circuitos telefónicos.
- **X.25:** Protocolo utilizado para la conmutación de paquetes y es soportado por circuitos virtuales y servicios de Datagrama.

## BIBLIOGRAFIA

- Computer Communications

K.G. Beauchamp and G.S.Poo

International Thompson Computer Press

- PDH, Broadband ISDN, ATM, and All That:

A Guide to Modern Networking, and How it Evolved

P. Reilly

Silicon Graphics

- SONET: Synchronous Optical Network

R.J. Riehl

Defence Information Systems Agency

- Introducción a la Fibra Optica y el Láser

Edward L. Safford

Ed. Paraninfo, 1988

- Cableado de Redes

M.Schwartz

Ed. Paraninfo, 1996

- Comunicaciones Opticas

JoseMartín Sanz

Ed. Paraninfo, 1996

- Test Solutions for Digital Networks

Basic principles and measurement techniques for PDH, SDH, ISDN, and ATM

by Roland Kiefer

---

Bibliografía

- Broadband Networking ATM, SDH and SONET

Mike Sexton, Andy Reid

Artech House, 1997.

- ATM technology; an introduction. 2a. ed.

Boisseau, Marc

London, UK

International Thompson Computer Press , ©1996.

**DIRECCIONES DE INTERNET:**

Foro ATM

<http://www.atmforum.com>

Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU)

<http://www.itu.int/>

Instituto de ingenieros en Electricidad y Electrónica

<http://www.ieee.org/>