



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES**

**PLANTEL ARAGON**

18  
2eg

**"PROYECTO DEL BACKBONE DE LAS  
OFICINAS CENTRALES DE PEMEX"**

**T E S I S**  
Que para obtener el Título de  
**INGENIERO EN COMPUTACIÓN**

**P r e s e n t a**

**GABRIELA LORENA ESCAMILLA TOLOZA**

**ASESOR: ING. MARIO ALFREDO IBARRA PEREYRA**

**SAN JUAN DE ARAGON, ESTADO DE MEXICO.**

**1996**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**

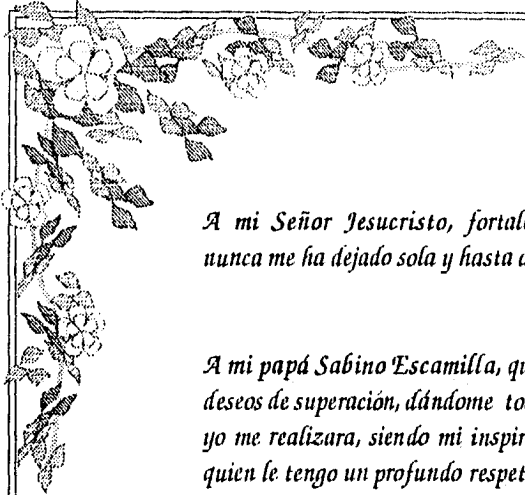


**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**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.



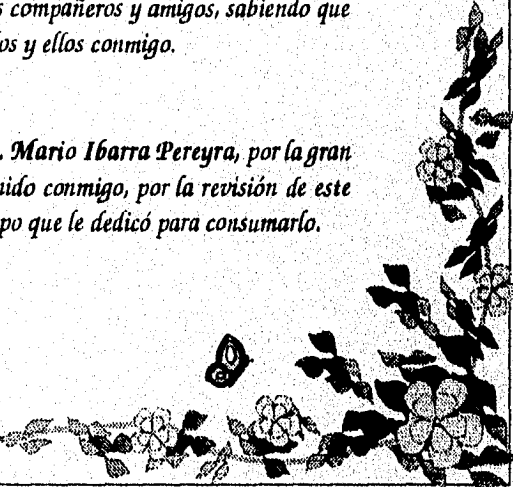
*A mi Señor Jesucristo, fortaleza de mi vida, quien nunca me ha dejado sola y hasta aquí ha estado conmigo.*

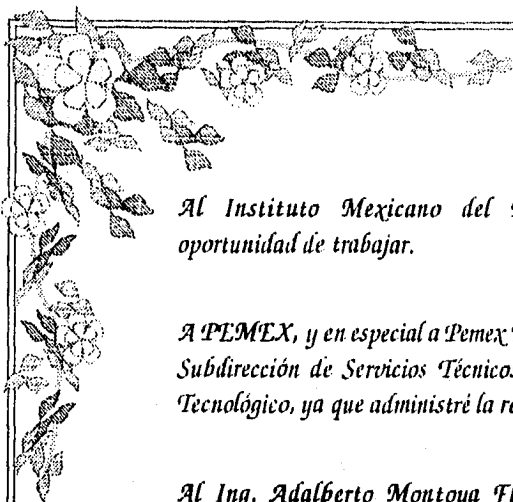
*A mi papá Sabino Escamilla, quien me ha inyectado los deseos de superación, dándome todo lo que tenía para que yo me realizara, siendo mi inspiración y mi apoyo. Y a quien le tengo un profundo respeto, admiración y cariño.*

*A mi mamá y amiga Estella, quien me ha dado lo mejor de su vida, admirando su carácter, su paciencia y bondad, agradeciéndole su cariño y sus palabras de aliento.*

*A cada uno de mis hermanos Henry, Mario y Daniel, quienes han sido mis compañeros y amigos, sabiendo que puedo contar con ellos y ellos conmigo.*

*A mi asesor, el Ing. Mario Ibarra Pereyra, por la gran paciencia que ha tenido conmigo, por la revisión de este trabajo y por el tiempo que le dedicó para consumarlo.*





*Al Instituto Mexicano del Petróleo, por darme la oportunidad de trabajar.*

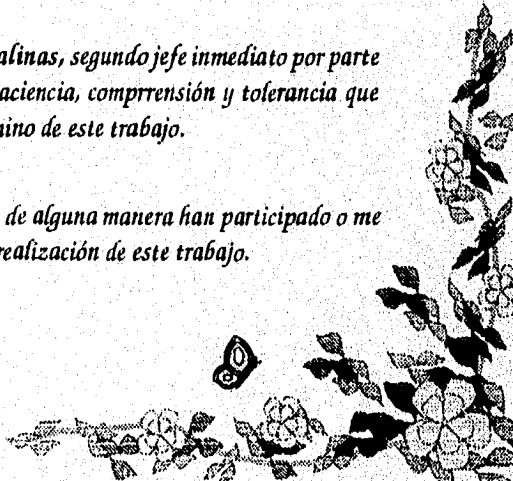
*A PEMEX, y en especial a Pemex Exploración y Producción, Subdirección de Servicios Técnicos, Gerencia de Desarrollo Tecnológico, ya que administré la red.*

*Al Ing. Adalberto Montoya Flores, Jefe inmediato por parte de PEMEX, por haberme instruido y por su apoyo que me dio durante el tiempo que he trabajado con él, distinguiéndole como una noble persona.*

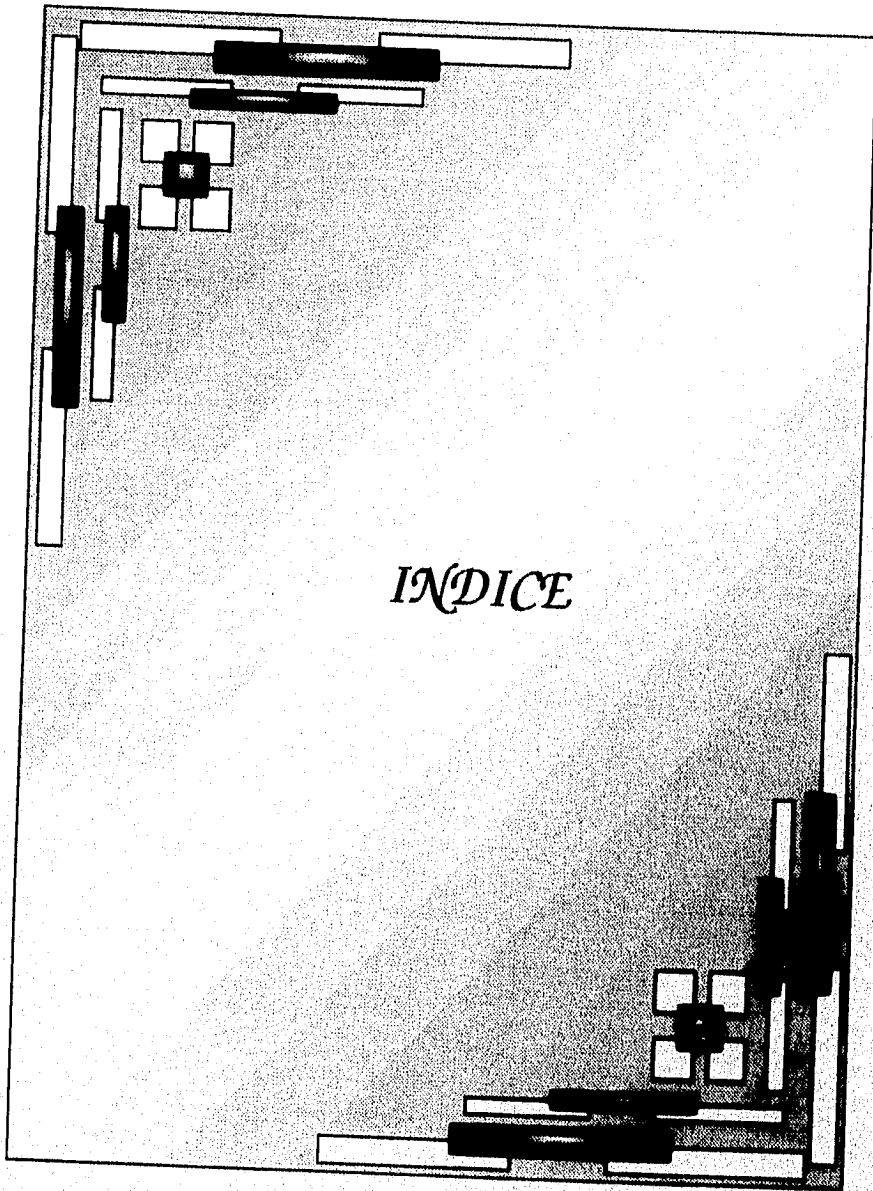
*A la Sra. Alicia del Valle, por que además de ser mi chofer y mi conciencia, ha estado pendiente de todos mis asuntos, ofreciendome su amistad en forma desinteresada.*

*Al Ing. Lisandro Salinas, segundo jefe inmediato por parte de PEMEX; por la paciencia, comprensión y tolerancia que tuvo al apoyar el término de este trabajo.*

*A cada uno de los que de alguna manera han participado o me han apoyado para la realización de este trabajo.*







*INDICE*

---

**PROYECTO DEL BACKBONE DE  
LAS OFICINAS CENTRALES DE PEMEX**

**INDICE**

	PÁGINA
<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I</b>	<b>7</b>
<b>CARACTERISTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISION</b>	
<b>1.1 CONCEPTOS BASICOS</b>	<b>9</b>
1.1.1 TECNICAS DE MODULACION PARA LA TRANSMISION DE INFORMACION	11
1.1.2 VELOCIDAD DE TRANSMISION	16
1.1.3 CAPACIDAD DE UN CANAL	17
1.1.4 MULTICANALIZACION (MULTIPLEXAJE) DE SEÑALES	18
1.1.5 CONEXION ENTRE TERMINALES DE COMUNICACION	21
1.1.6 MODOS DE COMUNICACION Y OPERACION EN LINEAS ENTRE DOS SISTEMAS DE COMUNICACION.	21
1.1.7 LINEAS CONMUTADAS Y NO CONMUTADAS.	23
<b>1.2. CLASIFICACION DE LOS MEDIOS DE TRANSMISION</b>	<b>24</b>
1.2.1 CABLES PAR TRENZADO	25
1.2.2 CABLE COAXIAL	27
1.2.3 GUIA DE ONDAS	31
1.2.4 FIBRA OPTICA	32
1.2.5 MICROONDAS	33
1.2.6 INFRARROJO	37

---

---

	PÁGINA
<b>CAPITULO II</b>	<b>39</b>
<b>ELEMENTOS DE CONEXION EN UN SISTEMA CON FIBRA OPTICA</b>	
<b>II.1 CARACTERISTICAS</b>	<b>41</b>
II.1.1 REFLEXION INTERNA TOTAL	44
II.1.2 ANGULO DE ADMISION Y APERTURA NUMERICA	46
II.1.3 CLASIFICACION DE LOS RAYOS DE LUZ QUE SE PROPAGAN EN LA FIBRA OPTICA	48
II.1.4 MODOS DE PROPAGACION Y TIPOS DE FIBRAS OPTICAS	49
<b>II.2 PERDIDAS EN LAS FIBRAS OPTICAS Y MOTIVOS DE ATENUACION DE LA SEÑAL</b>	<b>53</b>
II.2.1 ABSORCION	53
II.2.2 DISPERSION	54
II.2.3 POR DISTORSION GEOMETRICA Y MANIPULACION DE LA FIBRA	56
<b>II.3 PROCESO DE FABRICACION DE LAS FIBRAS OPTICAS</b>	<b>58</b>
II.3.1 DOBLE CRISOL	59
II.3.2 CVD (CHEMICAL VAPOR DEPOSITION)	60
II.3.3 MCVD (MODIFIED CHEMICAL VAPOR DEPOSITION)	61
II.3.4 PCVD (PLASMA CHEMICAL VAPOR DEPOSITION)	62
<b>II.4 DISPOSITIVOS DE CONEXION EN UN SISTEMA CON FIBRA OPTICA</b>	<b>63</b>
II.4.1 EMPALMES	63
II.4.2 CONECTORES	66
<b>II.5 COMPONENTES OPTICOS</b>	<b>67</b>
II.5.1 FUENTES EMISORAS DE LUZ	67
II.5.2 FOTODETECTORES	73
II.5.3 RECEPTORES OPTICOS	78

---

	PÁGINA
<b>II.6 CABLE CON FIBRA OPTICA</b>	<b>80</b>
II.6.1 CLASIFICACION DEL CABLE OPTICO	81
<b>CAPITULO III</b>	<b>85</b>
<b>ENLACES DE FIBRA OPTICA EN REDES DE AREA LOCAL (LAN)</b>	
<b>III.1 CARACTERISTICAS DE LAS LAN</b>	<b>88</b>
III.1.1 TRANSMISION EN LAS LAN	89
III.1.2 VELOCIDAD DE TRANSMISION	92
III.1.3 TOPOLOGÍA O ARQUITECTURA DE RED	92
III.1.4 MEDIOS DE COMUNICACION	99
III.1.5 PROTOCOLOS	100
<b>III.2 PRINCIPALES ORGANIZACIONES Y ESTANDARES DE LAS REDES LAN</b>	<b>109</b>
III.2.1 MODELO OSI. ESPECIFICACIONES DE LA INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION (ISO)	109
III.2.2 ESPECIFICACIONES DEL INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERS (IEEE).	115
III.2.3 ESPECIFICACIONES DEL AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (ANSI)	118
<b>III.3 CONEXION ENTRE REDES LAN</b>	<b>120</b>
III.3.1 REPETIDOR (REPEATER)	121
III.3.2 PUENTE (BRIDGE)	122
III.3.3 RUTEADOR (ROUTER)	123
III.3.4 COMPUERTA (GATEWAY)	125

---

**INDICE**

---

	<b>PÁGINA</b>
<b>III.4 RED DE AREA METROPOLITANA MAN (METROPOLITAN AREA NETWORK)</b>	<b>127</b>
<b>III.5 WAN (WIDE AREA NETWORK) REDES DE COBERTURA AMPLIA</b>	<b>127</b>
<b>III.6 SISTEMAS BAJO FIBRA OPTICA</b>	<b>128</b>
<b>III.7 EJEMPLOS DE REDES BAJO FIBRA OPTICA</b>	<b>130</b>
III.7.1 RED FASNET	132
III.7.2 RED EXPRESSNET	133
III.7.3 RED DATAKIT (FRASER 1987)	134
III.7.4 RED FIBERNET II (SCHIMIDT Y COLS., 1983)	135
III.7.5 RED S/NET (AHUJA 1983)	136
 <b>CAPITULO IV</b>	 <b>137</b>
<b>CONFIGURACION DEL BACKBONE DE LAS OFICINAS CENTRALES DE PEMEX</b>	
 <b>IV.1 ANTECEDENTES</b>	 <b>139</b>
 <b>IV.2 DEFINICION DEL BACKBONE FDDI (INTERFACE DE DATOS DISTRIBUIDOS PARA FIBRAS)</b>	 <b>143</b>
 <b>IV.3 CARACTERISTICAS DEL BACKBONE FDDI</b>	 <b>145</b>
IV.3.1 ESPECIFICACIONES DEL ESTANDAR FDDI	145
IV.3.2 TOPOLOGIA DEL BACKBONE FDDI	147
IV.3.3 DESCRIPCION DE LAS ESPECIFICACIONES DEL ESTANDAR FDDI	151
A) SUBCAPA DEPENDIENTE DEL MEDIO FISICO PMD.	151
B) SUPCAPA FISICA PHY.	157
C) CONTROL DE ACCESO AL MEDIO MAC	163
D) SUPCAPA DE ADMINISTRACION DE ESTACIONES SMT.	181

---

	PÁGINA
<b>IV.4 CARACTERISTICAS DE LOS DISPOSITIVOS DE COMUNICACIONES DEL BACKBONE FDDI.</b>	<b>196</b>
IV.4.1 ESTACIONES DAS SAS	197
IV.4.2 CONCENTRADORES DAC Y SAC	198
IV.4.3 PUENTES	199
IV.4.4 RUTEADORES	202
<b>IV.5 OBJETIVOS ESPECIFICOS PARA LA INSTALACION DEL BACKBONE FDDI EN LAS OFICINAS CENTRALES DE PEMEX.</b>	<b>203</b>
<b>IV.6 ESTUDIO DEL MERCADO DE LA DEMANDA DEL SERVICIO</b>	<b>204</b>
IV.6.1 SERVICIOS QUE PROPORCIONARA	204
IV.6.2 ESTIMACION DE LA DEMANDA DEL SERVICIO DE LA RED DE ALTA VELOCIDAD (FDDI).	205
<b>IV.7 ESTUDIO TECNICO</b>	<b>207</b>
IV.7.1 ESTUDIO DE TRAFICO	207
IV.7.2 EQUIPOS EN REDES LOCALES Y SISTEMAS DE COMPUTO, UBICADOS EN LAS OFICINAS CENTRALES DE PEMEX.	208
<b>IV.8 INSTALACION DEL FDDI</b>	<b>210</b>
IV.8.1 UBICACION DEL EQUIPO QUE CONFORMA EL FDDI	210
IV.8.2 CABLEADO	211
IV.8.3 CONDICIONES DE LAS AREAS A UTILIZAR EL SERVICIO	211
IV.8.4 ESTANDARES DEL FDDI A CUMPLIR	211
IV.8.5 CARACTERISTICAS DEL EQUIPO FDDI Y CARACTERISTICAS DEL MEDIO DE TRANSMISION.	212
IV.8.6 VELOCIDADES Y PROTOCOLOS A SOPORTAR POR EL FDDI.	214
IV.8.7 SOFTWARE DE ADMINISTRACION DE LA RED, Y PRIORIDADES DEL ADMINISTRADOR.	215

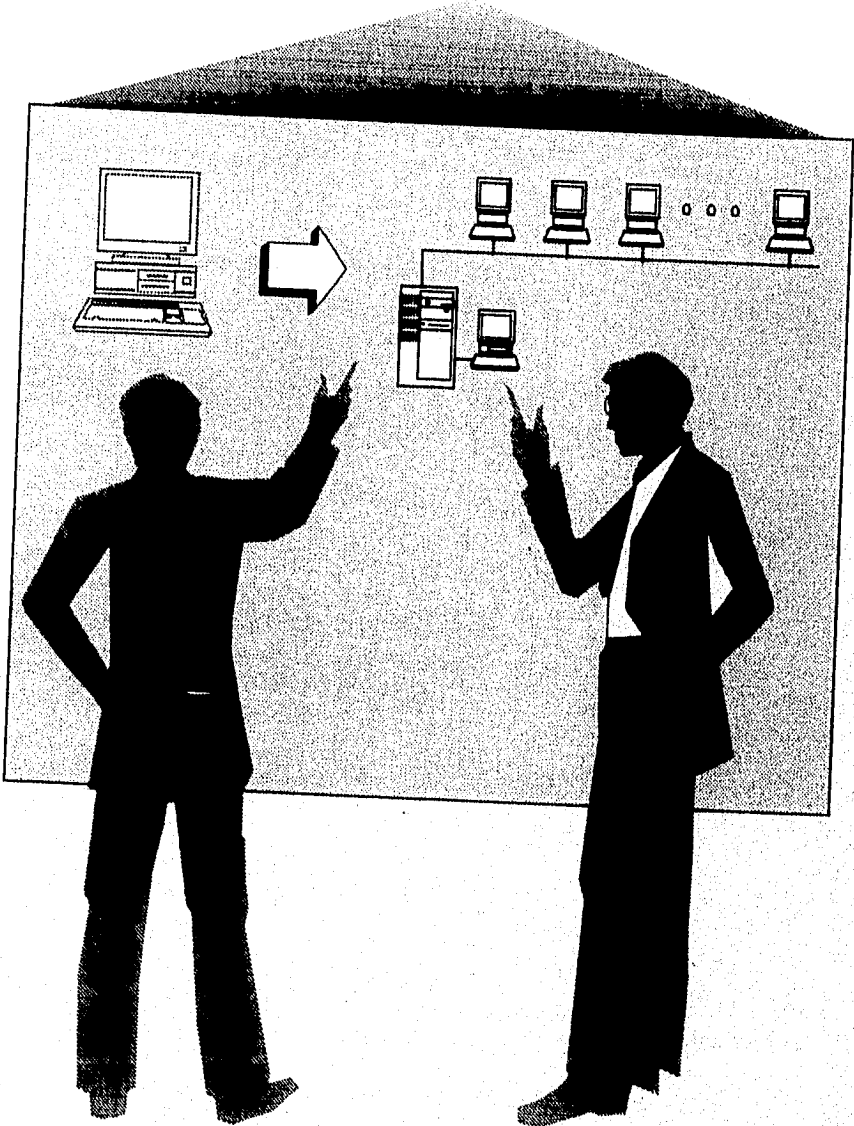
---

**INDICE**

---

	<b>PÁGINA</b>
<b>IV.9 ALCANCES DEL PROYECTO</b>	<b>216</b>
IV.9.1 ETAPAS PARA LA INSTALACION DEL FDDI.	<b>217</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>227</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>233</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>247</b>

# INTRODUCCION





## **INTRODUCCION**

La necesidad de transmisión de información, ha llevado a la humanidad a la búsqueda de mejores medios de comunicación. La historia nos relata cómo la necesidad de comunicación y de envío de información está evolucionando continuamente. Desde la forma más primitiva, como era el envío de mensajes que eran llevados por corredores en antiguas culturas, así como utilización de jinetes a caballo (nace el correo). Se descubre la electricidad y con ello la utilización de los impulsos eléctricos en aparatos como el telégrafo de Samuel Morse, y asimismo, la utilización de las propiedades de las señales eléctricas, para la transmisión de mensajes de voz (esto fue en 1876, con Alexander Graham Bell), a través de líneas telefónicas, naciendo así los canales de comunicación analógica y de datos.

A partir de entonces se instalaron complejas redes telefónicas, para ligar localidades de diferentes partes del mundo. Y no fue sino hasta 1940, cuando se produce la primera liga entre dispositivos de cómputo y de comunicaciones, desde Dartmouth College en New Hampshire, a una calculadora en los laboratorios Bell en New York, (con líneas telegráficas) por el doctor George Stibitz.

Al final de 1950, ya era un hecho la unión entre la computación y comunicaciones, empezando con la utilización de líneas telegráficas y después con líneas telefónicas.

Pronto varias terminales fueron conectadas a un procesador central, y salen al mercado productos que facilitan estas uniones. Nacen nuevos conceptos y tecnologías, así como configuraciones entre computadoras y comunicación. Surgen las primeras redes.

## INTRODUCCION

---

Actualmente existen muchas innovaciones en el campo de la computación, y sobre todo en el diseño de sistemas de comunicaciones de datos, arquitectura de redes, procesamiento y transmisión de información, que tienen una gran variedad de aplicaciones.

Con esto, el desarrollo de múltiples tecnologías donde cada una de ellas maneja su propio formato de comunicación, ha propiciado que se piense en una unificación universal para que se estandarice la comunicación entre máquinas de diferentes fabricantes y tecnologías.

Ante esta situación, el organismo internacional conocido como CCITT (Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía) ha sido el pionero en tratar de lograr que la comunicación entre máquinas diferentes, sea posible a través de un conjunto de estándares que agrupa varios protocolos y que es conocido como el modelo ISO/OSI.

Este modelo proporcionó los principios que se usarían para normalizar la comunicación entre equipos que día con día son requeridos por un gran número de usuarios. Dentro de este proceso las redes juegan un papel cada vez más importante, de ahí que elegir la red adecuada no es una tarea fácil.

La búsqueda de mejor tecnología en conductores, que ofrezcan una eficiente transmisión de información, ha guiado a los investigadores al campo de la óptica en busca de técnicas para usar la luz como portadora de información.

Al surgir en 1960 la invención de un dispositivo que genera un intenso haz luminoso, casi coherente (sus rayos viajan en forma paralela) conocido como rayo láser, se vislumbró la posibilidad de transmitir señales en forma de luz, y se dio a la búsqueda de un medio conveniente para transmitir esta luz, esto guió hacia las pruebas con fibras de vidrio, pues ya se utilizaban para transmitir luz a corta distancia, para iluminar tableros e imágenes en establecimientos comerciales; es entonces cuando nace el concepto de comunicación por fibra óptica.

La transparencia de las fibras ópticas al principio era insuficiente para una transmisión a larga distancia, y por lo tanto tendía a atenuar la señal considerablemente. En 1966, se comprobó que la atenuación tenía mucha relación con el material y que se podía disminuir al eliminar las impurezas de la fibra de vidrio.

En 1972, los laboratorios americanos de Corning Glass, presentaron unas fibras ópticas de sílice dopado monomodo, con una atenuación máxima de 20 dB/km., con esto se abrió paso al diseño de sistemas con fibras ópticas, obteniéndose grandes progresos actualmente.

Es por esto que la fibra óptica se ha hecho atractiva para la transmisión digital de información, ya que se han probado varios enlaces en los cuales se ha visto que sus características la favorecen ya que ofrece una amplia garantía y seguridad en transmisión.

Pienso que la búsqueda de nuevas tecnologías de comunicación y transmisión de información así como su aplicación, deben ser encaminadas a satisfacer las necesidades funcionales de cada empresa, que tenga la posibilidad de evolucionar, permitiendo mejoras para que no sean obsoleta en unos cuantos años, que el costo justifique su implementación, y que permita la incorporación de más áreas al servicio que se proporcione.

PEMEX (Petróleos Mexicanos) es una de estas empresas que tiene una necesidad grande de evolucionar en todos los aspectos, y en especial en el manejo de la información muchas veces de carácter vital para la toma de decisiones. Es por ello que esta búsqueda de nuevas tecnologías es continua.

El objetivo de mi tesis es exponer un ejemplo de comunicación a alta velocidad de calidad, que utiliza fibra óptica como medio de transmisión, el cual fue proyectado como una respuesta para las necesidades de comunicación entre las diferentes redes de una empresa grande como lo es PEMEX.

## INTRODUCCION

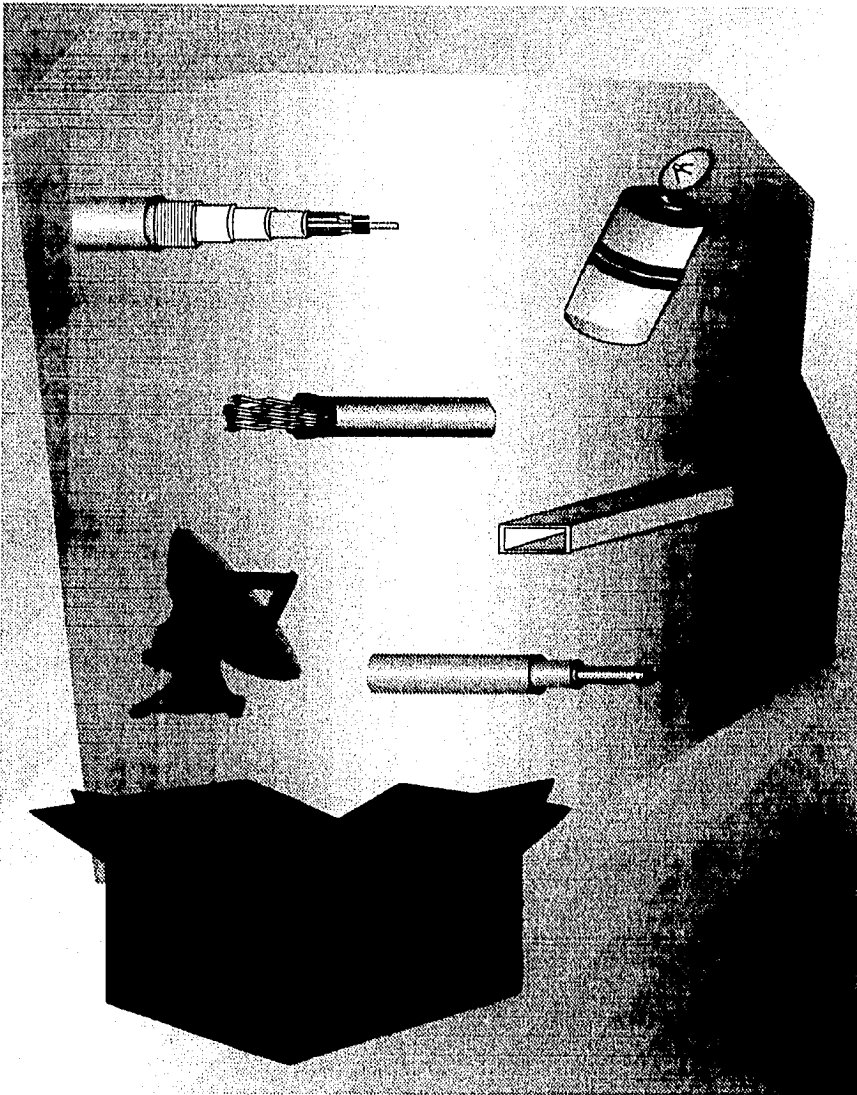
La tesis contiene 4 capítulos temáticos:

- Capítulo 1. Presentando algunos conceptos básicos de comunicaciones, además de presentar las características y tipos de los medios de transmisión.
- Capítulo 2. Presentando las características de las fibras ópticas, así como su manipulación, y componentes necesarios para sistema con fibra óptica.
- Capítulo 3. Nos da un panorama de las características y estándares que se aplican a las redes LAN, así como diferentes ejemplos de redes que utilizan fibra óptica.
- Capítulo 4. Presenta la tecnología, estructura, y funcionamiento que soporta el Backbone de fibra óptica de las oficinas centrales de PEMEX, conocido como FDDI.
- Conclusiones. Conclusiones finales del proyecto de Backbone FDDI, con respecto a su instalación y aplicación.

Todos los capítulos se complementan, siendo los tres primeros de conocimientos que se necesitan para aplicarlos en el cuarto, donde se detalla la estructura (topología), protocolo, conexión, configuración, resolución a fallas, y funcionamiento actual del Backbone FDDI (Interfase de datos distribuidos por fibra óptica), en PEMEX, ubicado en Av. Marina Nacional # 329 y Ejército Nacional # 216, México D. F., conocido como las oficinas centrales de PEMEX, (Sede México).

# CAPITULO I

## CARACTERISTICA DE LOS MEDIOS DE TRANSMISION



## CAPITULO I

### **CARACTERISTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISION**

Una transmisión de datos, implica el uso de un medio a través del cual éstos sean transportados; así, cuando hablamos de generación, transmisión, recepción y distribución de señales de Información nos referimos a los componentes físicos tales como los equipos, antenas, aparatos y accesorios, los cuales proveen los canales físicos que se necesitan para realizar dicha comunicación, a estos se les denomina "medios de transmisión".

#### **1.1. CONCEPTOS BASICOS**

Las vías de comunicación, también llamados canales de comunicación, son aquellas en las que se transporta una señal de Información, éstas pueden ser líneas de metal, fibras ópticas o el espacio (aire o vacío).

Notemos que los canales de Información son las señales que viajarán a través de los canales de comunicación.

Las líneas de transmisión están compuestas por pares de hilos conductores generalmente de cobre, que conducen las señales en forma de voltajes y corrientes variables.

Las fibras ópticas son hilos de vidrio de algunas micras de diámetro de extrema transparencia; capaces de conducir una enorme cantidad de información, sin interferencias debidas al ruido o a la diafonía.

El espacio, ya sea aire o vacío, es un canal de comunicación bastante problemático; en el que tiene más pérdidas, más interferencias y más facilidad para que un intruso tome la información que no le pertenece.

Con respecto a las señales podemos hablar de 2 tipos:

- ⇒ Analógicas, que pueden tener un número infinito de valores dentro de un rango finito de voltajes.
- ⇒ Digitales, las que tienen un número finito de valores discretos en un rango dado de voltajes, generalmente se tiene una potencia entera de 2, o sea  $2^n$  valores (2, 4, 8, 16 32, 64, etc.)

Sean analógicas o digitales, las señales tienen una característica común, que es el ancho de banda, o sea, la diferencia entre la frecuencia máxima y la frecuencia mínima de la señal.

En una señal analógica, cualquier recorte o filtrado de su ancho de banda, implica pérdida de información. En una señal digital, el recorte de su ancho de banda, teóricamente no perjudica o elimina la información contenida.

### 1.1.1 TÉCNICAS DE MODULACIÓN PARA LA TRANSMISIÓN DE INFORMACIÓN

Las técnicas de modulación que se utilizan para transmitir información definen como el medio es usado para acarrear la señal.

Dependiendo del tipo de modulación a usar, las características del mensaje y la portadora que se usará para modular, se pueden tener una clasificación de 4 grupos o categorías:

- 1) Transmisión de mensajes analógicos usando portadora senoidal.
- 2) Transmisión de mensajes digitales usando portadora senoidal.
- 3) Mensajes analógicos que son periódicamente muestreados y transmitidos en forma de pulsos.
- 4) Mensajes digitales usando portadora en forma de pulsos.

Los dos tipos de técnicas o métodos de modulación, son:

A) ANALÓGICA

B) DIGITAL

**A) ANALÓGICA.** Este tipo de transmisión, es la más antigua, ya que trabaja con señales analógicas, y se usa principalmente en telefonía, y aparatos que cambian la señal para que pueda viajar por líneas telefónicas, como los modems.

Aquí se utiliza una portadora senoidal, la cual se puede modular en amplitud, fase o frecuencia, de acuerdo con la señal a transmitir. (Ver fig. 1.1)



Matemáticamente la señal portadora tiene la forma:

$$C(t) = A \cos [Wct + \phi(t)]$$

Donde: A → Amplitud instantánea de la portadora  
Wct → Frecuencia de la Portadora  
 $\phi(t)$  → Desviación de fase instantánea de la portadora

**Ahora:**

Si el mensaje =  $m(t)$  y k es una constante

- Si  $A = k m(t)$  tenemos una modulación de amplitud (AM).
- Si  $Wc = k m(t)$  tenemos una modulación por frecuencia (FM).
- Si la fase  $\phi(t) = k m(t)$  tenemos una modulación de fase (PM).

Para el caso de que sea información de naturaleza binaria, los tres parámetros cambiarían en dos niveles, por lo que tendríamos que:

- Para la modulación de la amplitud, como se toman dos niveles de voltaje sería OOK (On-Off Keyed) o ASK (Amplitud Shift Keyed).
- Para la modulación de fase, la fase de la portadora se cambia por  $\pi$  radianes ( $180^\circ$ ) y se le denomina PSK (Phase Shift Keyed).
- Para la modulación de la frecuencia, la señal portadora toma dos frecuencias predeterminadas para 0 y 1 a enviar, y se le denomina FSK (Frequency Shift Keyed).

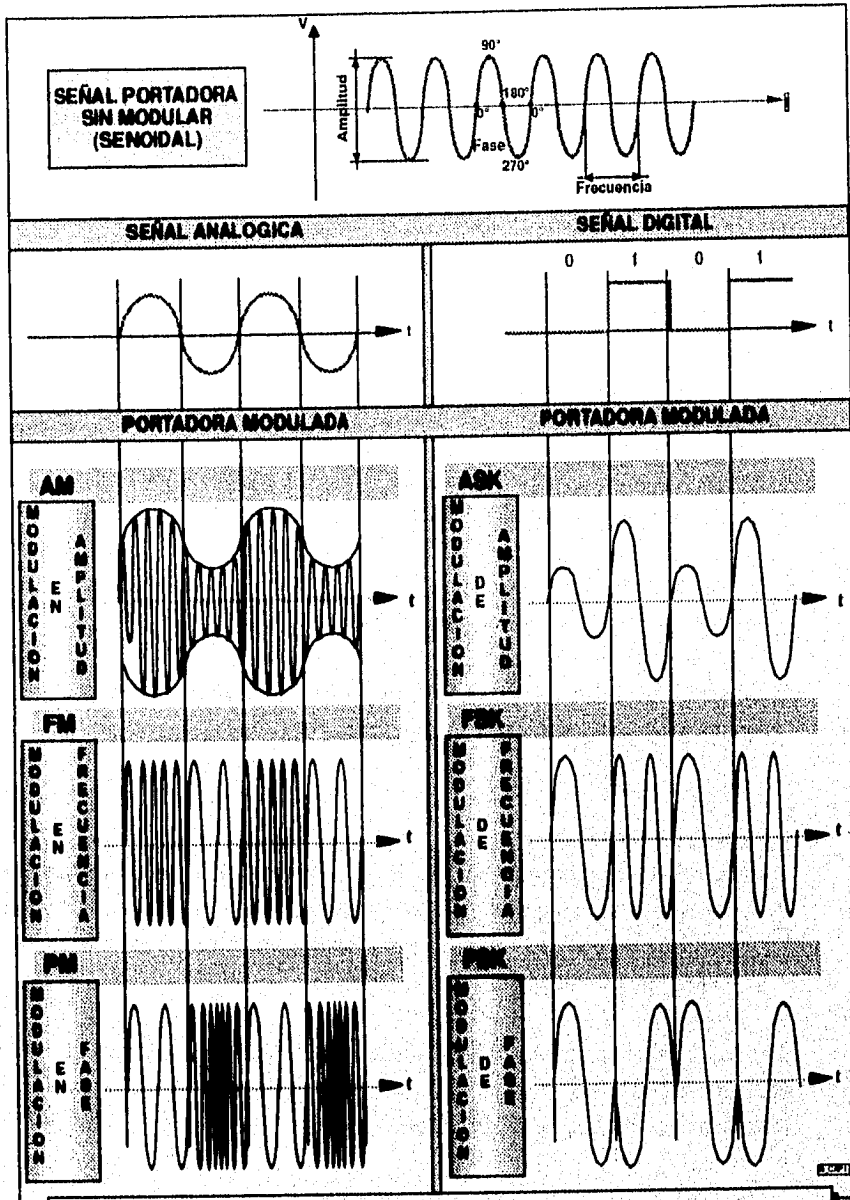


FIG. I.1 FORMAS DE ONDAS PARA MODULACION DE SEÑAL ANALOGICA Y DIGITAL

**B) DIGITAL.** Aquí se transmite señales de tipo digital (unos y ceros), en lugar de señales continuas. y además en el envío de voz, información, música o imágenes, pueden mezclarse (multiplexar), las señales haciendo la comunicación más eficiente.

Para transmitir señales continuas en forma discreta se aplica los principios del método de modulación por codificación de pulsos denominado PCM (Pulse Code Modulation). ( Ver fig. 1.2 )

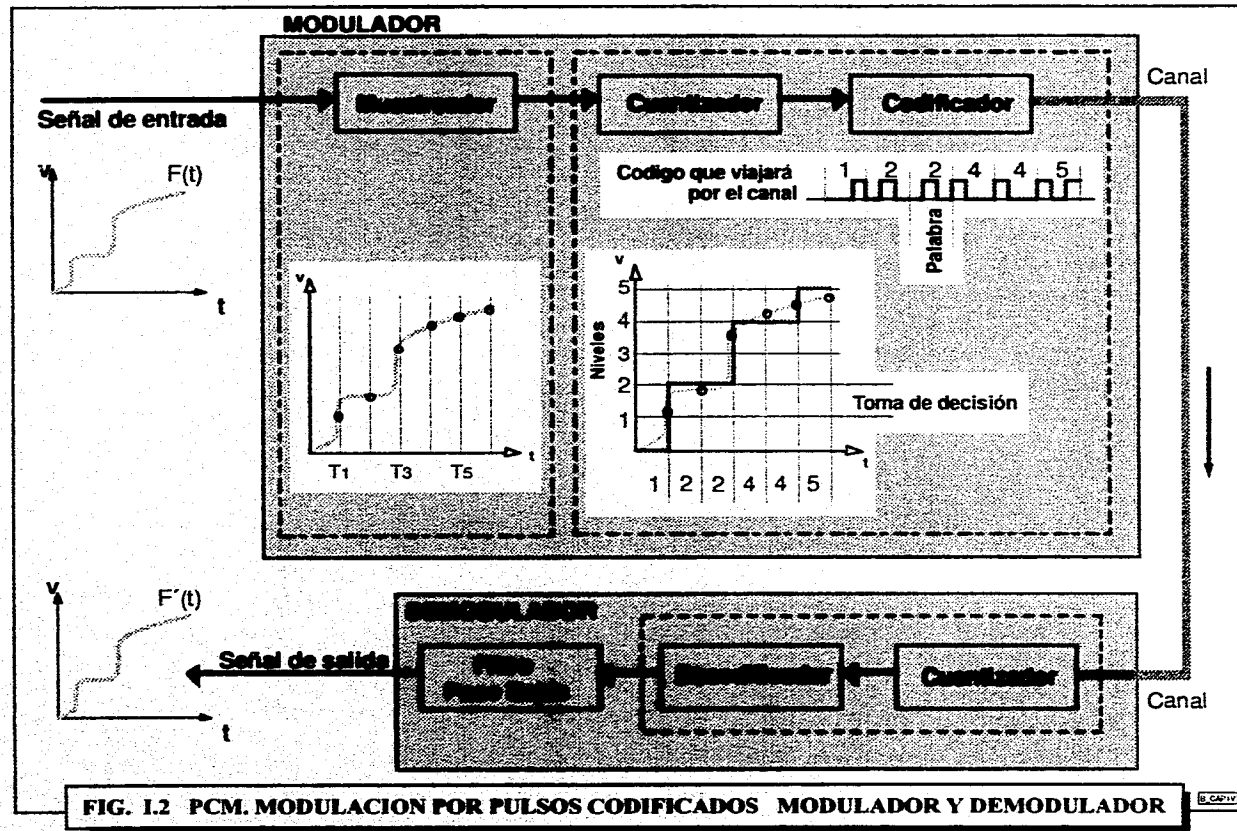
Para la modulación digital sus pasos son:

- 1) Muestreo. A la señal analógica se le toman muestras de voltaje, este proceso debe ser a razón de 2 veces el ancho de banda por segundo.
- 2) Cuantificación. Aquí a las muestras se les asigna un valor según su voltaje, tomando rangos de decisión, para ajustarlos.
- 3) Codificación. A los valores que se tienen se les asigna un código de tipo binario, para poder ser transmitido por el canal, en forma de palabra.

Para el demodulador:

La señal digital proveniente del canal es amplificada para compensar las pérdidas que hubiera sufrido en el camino, luego es unido en bloques para ser decodificado y, por último, pasa por un filtro paso-bajas para obtener una señal analógica.

Algunos sistemas presentan: bit de paridad, envío de la señal de reloj, cantidad de bits que conforman la palabra, etc., presentándose así otras versiones mejoradas del PCM como es el DPCM.



CARACTERISTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISION

### 1.1.2. VELOCIDAD DE TRANSMISION

La velocidad de transmisión de las señales digitales (que no es igual a la velocidad de propagación), se mide en bauds, que se define como el recíproco de la duración de un solo pulso.

$$V.P. = \frac{1}{T_p} \text{ [bauds]}$$

Nótese que se habla de la duración de un pulso y no de la duración de un bit, ya que un pulso puede corresponder a varios bits.

En efecto, en una señal digital de 4 niveles de voltaje, cada pulso equivale a 2 bits y así mismo, su anchura (o duración) es la de 2 bit; entonces podemos decir que si se transmite a  $n \frac{\text{bits}}{\text{seg.}}$ , se transmite a  $\frac{n}{2} \frac{\text{pulsos}}{\text{seg.}}$  o sea  $\frac{n}{2}$  bauds.

De la misma forma, en una señal digital de 8 niveles, cada pulso corresponde a 3 bits de forma que si se transmiten  $n \frac{\text{bits}}{\text{seg.}}$  se transmite  $\frac{n}{3}$  bauds.

$$\text{En general: } n \frac{\text{bits}}{\text{seg.}} = \frac{n}{\text{Log}_2 M} \text{ bauds}$$

siendo M el número de niveles de la señal digital.

### 1.1.3. CAPACIDAD DE UN CANAL

La capacidad de un canal de comunicaciones es el número de bits/seg., que este puede transportar o transmitir. H. Nyquist, estudió esto en base a un canal sin ruido y ancho de banda finito (1924), observó que al pasar una señal arbitraria por un filtro paso-bajas con un ancho de banda  $AB$ , se podía reconstruir la señal con un muestreo de  $2AB$  por segundo.

Si esta señal tiene  $n$  niveles de voltaje el teorema de Nyquist establece que la máxima velocidad de datos será  $2 AB \log_2 n$  [bits/s].

Más adelante, Claude Shannon completó el estudio con ruido aleatorio (1948). El ruido de un canal se produce por la naturaleza del propio canal y nunca se puede eliminar por completo. Generalmente en comunicaciones se usa un valor que es el cociente que existe entre la potencia de la señal ( $S$ ) y la del ruido ( $R$ ), la cual se le denomina *relación Señal/Ruido* ( $S/R$ ). A partir de este estudio se estableció la "*Ley de Shannon*" para la capacidad máxima de un canal ruidoso:

$$\text{capacidad} = AB \log_2 (1 + S/R)$$

donde:

$AB$  = Ancho de banda del canal de comunicación.

$S/R$  = relación señal / ruido

Observemos que podemos mejorar la capacidad de un canal, si aumentamos el ancho de banda o si aumentamos  $S/R$ .

---

!La relación señal a ruido también se le puede indicar con

$$\frac{S}{R} = 10 \log_{10} \left( \frac{S}{R} \right) \text{ [dB]}$$

#### 1.1.4. MULTICANALIZACION (MULTIPLEXAJE) DE SEÑALES.

Quando se desea transmitir información de varias fuentes, de información que están en un solo punto a través de un canal, podemos multiplexar estas señales, o sea, enviarlas por el mismo canal sin que se revuelvan..

Los dos métodos básicos para el multiplexaje de señales son:

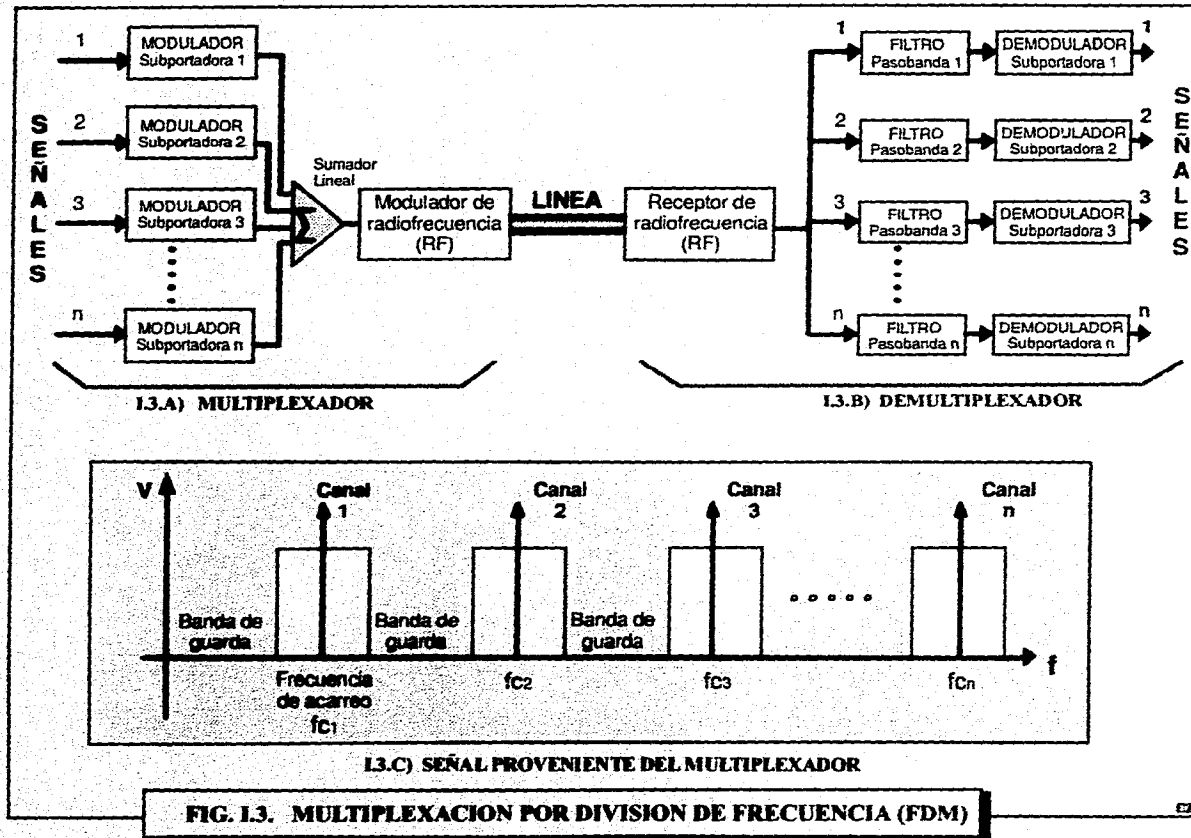
##### A) MULTIPLEXAJE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA (FDM)

Es el método de dividir el ancho de banda disponible en un medio físico en un número de canales independientes. Aquí todas las señales operan al mismo tiempo, con diferentes frecuencias.

En esta técnica, cada mensaje modula a una portadora en forma independiente, estas ondas son alimentados a un circuito sumador lineal, formando una señal compuesta, la cual será transmitida a través del medio (fig. III.3.A). La señal resultante puede ser transmitida por cables o el espacio.

Cada canal ocupa una parte del ancho de banda, existiendo bandas de guarda entre éstos, (fig. III.3.C), lo cual sirve para prevenir un cruce de canales o traslape.

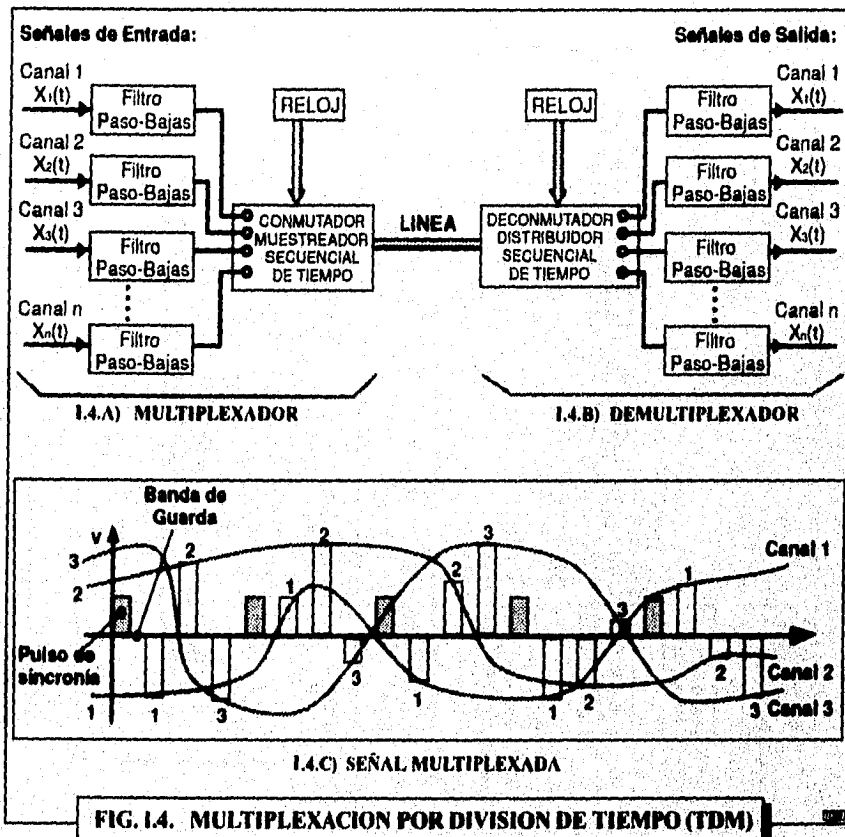
La señal multiplexada luego de viajar por la línea llega al receptor de FDM (fig. III.3.B), este está compuesto por un receptor de radio frecuencia el cual toma el ancho de banda y acomoda la señal FDM, luego esta sale hacia cada filtro paso-banda que selecciona en forma individual cada canal, posteriormente llega al detector de la subportadora de cada canal, obteniéndose las señales demultiplexadas.





**B) MULTIPLEXAJE POR DIVISIÓN DE TIEMPO**

El multiplexaje por división de tiempo (TDM) consiste en darle "turno" a cada señal para que use exclusivamente el canal de comunicación. Estos turnos duran algunos microsegundos y se repiten cada pocas decenas de microsegundos (típicamente 4 microsegundos, cada 125 microsegundos). Este proceso suele complementarse con una conversión A/D y D/A para que la transmisión sea en binario. Esto se puede ver en la fig. 1.4.



### 1.1.5. CONEXION ENTRE TERMINALES DE COMUNICACION

**Punto a Punto.** Es la unión de solo dos dispositivos que reciben o aceptan información usando un medio de comunicación. Pueden transmitir lotes de información, y además pueden utilizar varios medios físicos.

Es fácil de implementar, pues su tecnología es simple, convencional, y por lo tanto barato.

**Multipunto.** Es la unión de varios sistemas secundarios o dispositivos a un sistema de control central. Puede o no haber comunicación entre los puntos secundarios.

### 1.1.6. MODOS DE COMUNICACION Y OPERACION EN LINEAS ENTRE DOS SISTEMAS DE COMUNICACION

Estas pueden ser (Ver fig. 1.5):

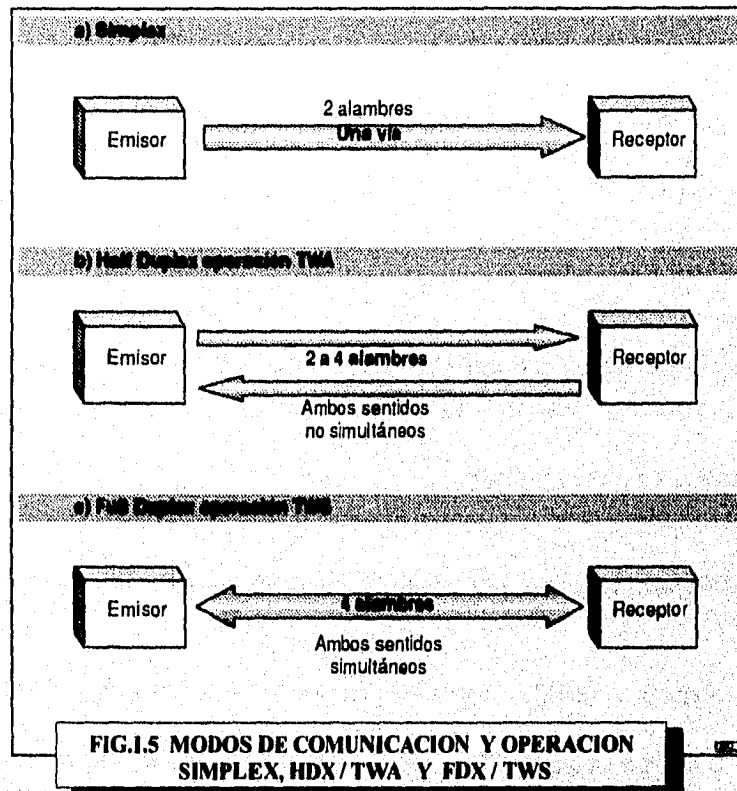
**Simplex.** Este es de una sola vía, con comunicación en un solo sentido.

**Half Duplex (HDX).** La comunicación tiene dos vías alternadas (2/4 alambres):

- HDX/Operación TWA (Two Ways Alternated) Transmisión en ambos sentidos, pero no es simultánea, pues cada par transmite en un sentido.

**Full Duplex (FDX).** La comunicación es en ambos sentidos, y además simultánea (4 alambres).

- FDX/Operación TWS (Two Ways Simultaneos) Transmisión simultánea en ambos sentidos, de distinta frecuencia.



**1.1.7. LINEAS CONMUTADAS Y NO CONMUTADAS**

Para enlaces entre un punto y otro, pueden tenerse 2 opciones:

**A) Línea privada o no conmutada.** Esta se compone de una conexión punto a punto, por lo que la comunicación es directa, sin pasar por ningún otro tipo de dispositivo que la pudiera desviar.

**B) Línea conmutada o pública.** Esta se compone de una conexión multipunto, ya que se compone de varios conmutadores, y tiene varias opciones de conectarse.

	<b>LINEA PRIVADA O NO CONMUTADA</b>	<b>LINEA CONMUTADA O PUBLICA</b>
<b>VENTAJA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiene una aplicación específica, siendo económica, para volumen pequeño.</li> <li>• En algunos sistemas de comunicación está sólo como una alternativa de comunicación.</li> <li>• Es rápida, por su única conexión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maneja altos volúmenes de información, provenientes de diferentes puntos.</li> <li>• Si se daña alguna parte, puede usar otras vías para continuar con la transmisión.</li> </ul>
<b>DESVENTAJA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se puede bloquear, si se daña esta conexión.</li> <li>• Se vuelve cara si tiene un manejo de información elevada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiene costo elevado, si se utiliza con poco volumen, además de volverse inflexible.</li> </ul>

## I.2 CLASIFICACIÓN DE LOS MEDIOS DE TRANSMISION

La clasificación general de los medios de transmisión se hace en base a:

- a) El ambiente de instalación.
- b) El equipo.
- c) La aplicación y requerimiento.
- d) Factor economía (costo/beneficios) y su oferta.
- e) Capacidad de transmitir información (bits por segundo).
- f) Distancia máxima que puede transmitir (Extensible).
- g) Conectividad (adición de nodos o interconexión con otros elementos).
- d) Topologías.

Esta clasificación queda de esta manera:

### FÍSICO O TERRESTRE.

Cable par trenzados

Cable coaxial

Guía de ondas

Fibra óptica

Banda angosta  
Banda ancha

### ESPACIO

Microondas

Infrarrojo

Radio frecuencia

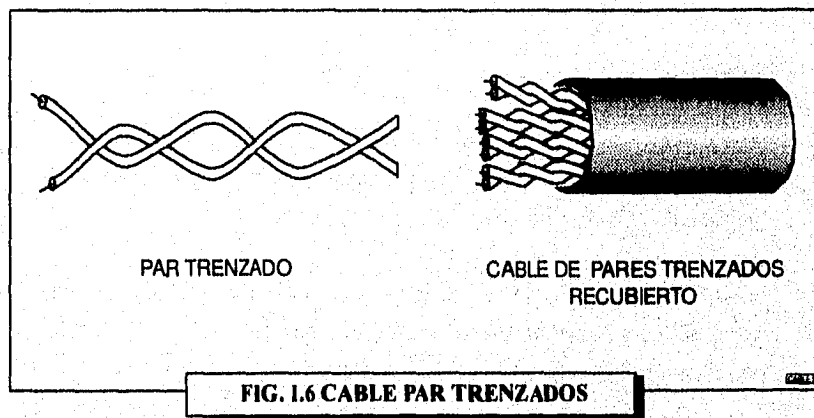
Veamos algunas características de estos.

### 1.2.1. CABLES PAR TRENZADO

Siendo uno de los más antiguos, usados y de tecnología común, se compone de dos alambres de cobre forrados con un material aislante; los cuales están entrelazados en forma helicoidal (Ver fig. 1.6). Estos cables, se unen de esta forma para reducir la interferencia eléctrica que pudieran sufrir por la cercanía de otros pares. cuando forman un cable.

El cable se forma de la siguiente manera: Cada par se blinda en forma individual con cinta de aluminio; para después ser unidos los pares y en conjunto ser blindados con una cinta de aluminio y una malla de alambre de cobre estañado, finalmente se termina con una cubierta de PVC o FEP (material dieléctrico).

Su uso más común es en centrales de conmutación digital y transmisión de información.



CARACTERÍSTICAS:

- El diámetro de los alambres desnudos está en el rango de 0.3 a 0.6 mm.
- Puede tener de 12 a 24 canales de voz
- Máxima distancia: Hasta 3 Km.
- Pueden transmitir señales analógicas y digitales.
- Modo de operación: HDX o FDX
- Máxima velocidad de transmisión: 4 Megabits/Seg.
- Máximo número de nodos de conexión: Hasta 1024.
- Ventajas:
  - Bajo costo.
  - Es fácil de conseguir
  - Fácil instalación (Tecnología bien conocida)
- Desventajas
  - Ancho de banda limitado.
  - Tiene una baja inmunidad al ruido, e interferencias, por lo tanto necesita una protección extra especial (blindaje, ductos etc.).

Pueden ser de:

- Grado voz o capacitancia normal. Son cables con aislamiento de PVC (cloruro de polivinilo) o PE (polietileno). La capacitancia entre conductor es de 90 a 115 pfd/m, con cubierta externa de PVC antinflamable.
- Grado Información o baja capacitancia. son de conductor de cobre con aislamiento individual de PE celular y FEP (fluorotileno propileno) consiguiendo una capacitancia baja del orden de 40 pfd/m.

## 1.2.2. CABLE COAXIAL

El cable coaxial está constituido de un alambre conductor en el centro, el cual está cubierto por un material aislante, es envuelto por otro conductor que usualmente es una malla trenzada la cual se convierte en un blindaje contra radiaciones de radio frecuencia (RF), y por último tiene una cubierta de protección de plástico. (Ver fig. 1.7.A)

Los cables coaxiales convencionales son conocidos como cables RG, y se utilizan para el manejo de señales de RF, en sistemas CATV. (Ver fig. 1.7.B)

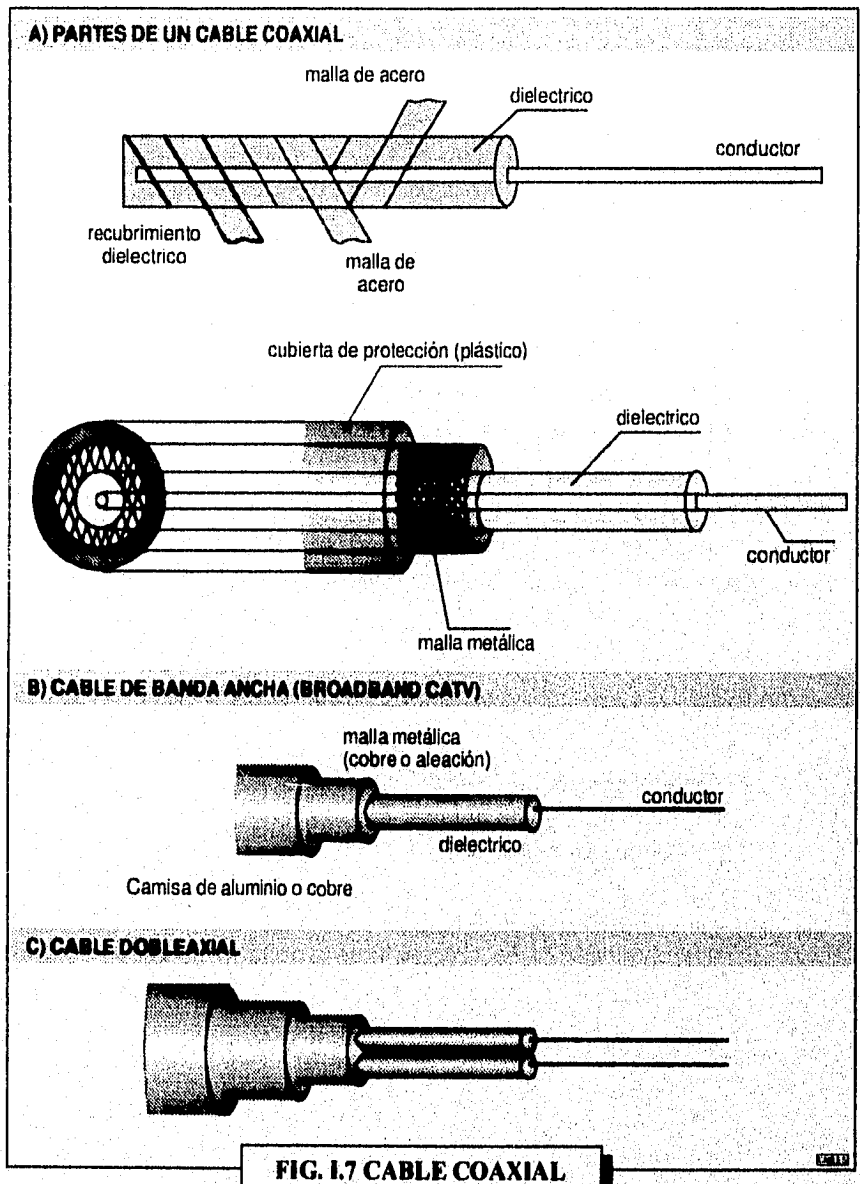
Los cables coaxiales de diseño especial pueden tener más de un conductor interno (Ver fig. 1.7.C), o tener material dieléctrico de alta velocidad de propagación (ejemplo: PE o FEP), y tener más de un blindaje (ejemplo: cable Ethernet).

La clasificación por su ancho de banda los divide en dos tipos:

- A) Cable coaxial de banda angosta o banda base.
- B) Cable coaxial banda ancha.

Veamos algunas características de estos.





**A) CABLE COAXIAL DE BANDA ANGOSTA O BANDA BASE**

Estos cables se usan para conexiones en redes de área local y transmisión, ya que pueden transportar datos y voz digital; habiendo más de 150 variedades. Se le conoce por su impedancia de 50 Ohms. Ejemplo de estos es el cable Ethernet.

**CARACTERISTICAS:**

- Señal: Digital simple, de un solo canal.
- Modo de operación: HDX.
- Se le considera como una vía pasiva, pues la energía viene de la estación del usuario.
- Por sus características de construcción necesita enchufes especiales para la conexión física.
- Máximo número de nodos de conexión o dispositivos: Hasta 1024.
- Máxima distancia: 10 km.
- Máxima velocidad de transmisión: 10 Megabits/seg. Puede transporta 40% de carga. Se le considera estable, pero necesita ductos extras para ambientes hostiles.
  
- Ventajas:
  - Amplia capacidad con bajo error en rutas de velocidad moderada.
  - Costo moderado
  - Fácil de Instalar (Tecnología conocida simple,)
  - Configuración flexible
  
- Desventajas
  - Altos errores en rutas en alta velocidad
  - Limitado ancho de banda (40% de ancho de banda en carga solamente)
  - Requiere amplificadores de línea para extenderse.

## B) CABLE COAXIAL BANDA ANCHA

Su aplicación es en el campo de la televisión por cable (sistemas de CATV) ya que puede transmitir sonido, información y video simultáneamente, también voz y video en tiempo real.

Se le conoce también por su impedancia de 75 Ohms. (Ver fig. 1.7.B)

### CARACTERISTICAS:

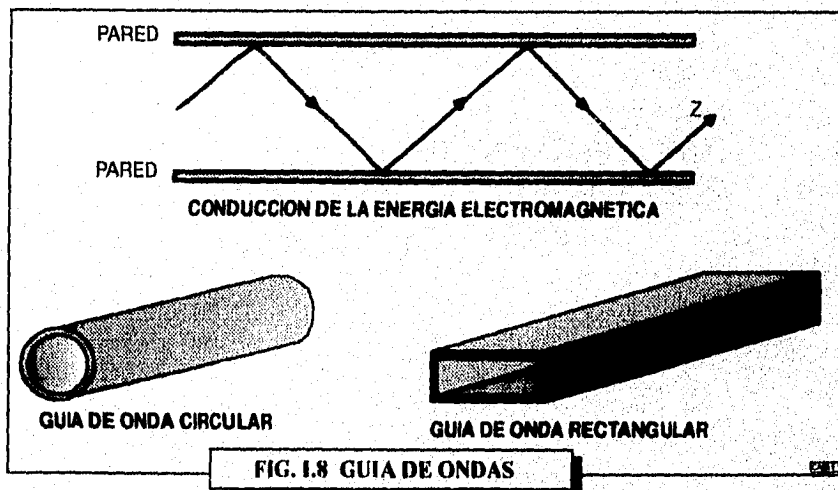
- Transmisión analógica.
- Señal portadora de radio frecuencia modulada por lo que usa módem de RF.
- Modos de operación: hdx, con dos canales fdx
- Instalación complicada componentes CATV.
- Usa amplificadores.
- Máximo ancho de banda: 400 Mhz.
- Velocidad usual de 10 megabits/seg., puede transportar el 100% de la carga.
- Máximo número de Nodos de conexión o dispositivos: Hasta 25,000 con alcance de 5 kms.
- Máxima distancia: 50 Km.
- Tipo de señal : Multicanal.
  
- Ventajas:
  - 100 % del ancho de banda de carga.
  - Más inmunidad
  - Es resistente, no necesita conducto.
  
- Desventajas
  - Alto costo
  - Necesita modems

### 1.2.3. GUIA DE ONDAS

Las guías de ondas son tubos metálicos rectangulares o circulares, a través de los cuales viajan las microondas, que son señales con longitud de onda del orden de cm. Se conduce dentro de ellas la energía electromagnética, por medio de reflexiones continuas siendo limitada por sus fronteras. y no por corrientes superficiales. (Ver fig. 1.8.) Su costo es elevado, y es limitado a la transmisión de señales en el edificio donde esté el equipo transmisor - receptor.

#### CARACTERISTICAS:

- La energía electromagnética viaja a lo largo de la guía mediante reflexiones continuas, siendo limitada por las fronteras de ésta, por lo que la impedancia, potencia y atenuación se expresan con campos eléctricos y magnéticos.
- Presenta atenuaciones pequeñas en el rango de las microondas.
- Opera en un solo modo de propagación a un ancho de banda de transmisión determinado o requerido, atenuando los otros modos de orden superior, por lo que transmite la frecuencia portadora eficientemente.



#### **I.2.4. FIBRA OPTICA**

La señal eléctrica es convertida en pulsos de luz por un modulador y transmitida a través de una fibra, en el extremo receptor, la luz es reconvertida usando diodos fotoeléctricos.

Soporta transmisión de voz, datos y video.

##### **CARACTERISTICAS:**

- Máximo número de Nodos de conexión o dispositivos: Hasta 1024.
- Máxima distancia: 10 kms.
- Velocidad de transmisión: Usualmente de 500 Megabits/Segundo.

##### **- Ventajas:**

- Inmune a las interferencias eléctricas
- Alto ancho de banda
- Segura

##### **- Desventajas**

- Alto costo
- Requiere instalación cuidadosa
- Conexiones punto a punto

### 1.2.5. MICROONDAS

Su medio físico es el espacio aéreo, y la transmisión de información es en línea recta. Este tipo de comunicación es costosa, por los dispositivos que necesitan.

Sus aplicaciones son:

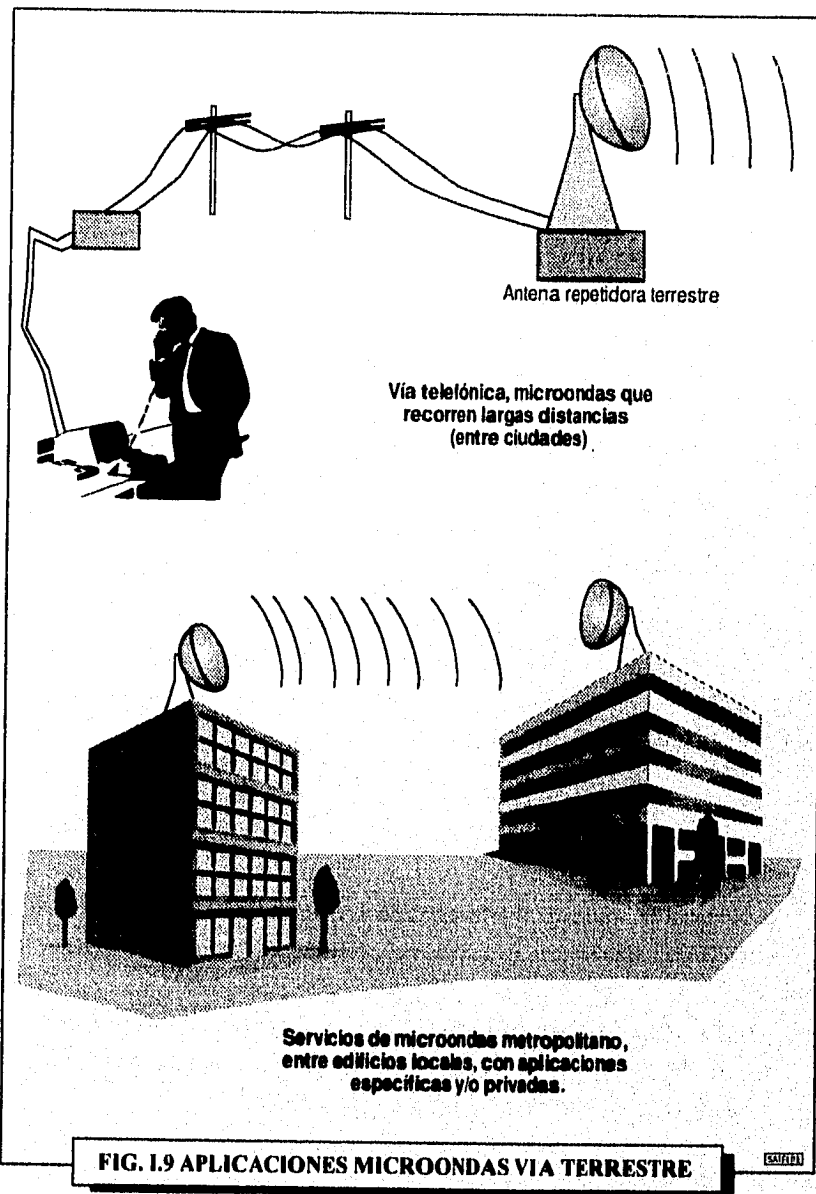
- Redes entre ciudades, ya que puede transmitir digitalmente en forma de ondas de radio de corta longitud, y tener comunicación por medio de antenas repetidoras y circuiterías interconectadas con el receptor.
- Redes metropolitanas privadas y aplicaciones específicas. En la ciudad varios edificios pueden comunicarse a través de antenas en el techo.
- Redes de largo alcance con satélites. Su aplicación entra en el área de envío de señales de televisión o telefonía, a través de satélites, ya sea con estaciones terrenas provistas de antenas emisoras y receptoras; y repetidores ya sean fijos (terrenas) o móviles (Camiones, barcos, etc.).

#### **CARACTERISTICAS:**

##### **1) Aplicación vía terrestre.**

La transmisión de información es entre antenas, y operan en forma directa o canalización múltiple. Tiene la capacidad de transmitir miles de canales de voz a largas distancias con repetidores, y transmisión de datos.

La distancia geográfica promedio para aplicaciones terrestres puede ser de 40 km, pudiendo ser afectada la señal por accidentes geográficos (colinas, edificios, curvatura terrestre, etc.) Ver fig. 1.9.



## 2) Aplicación via satélite.

Los Satélites son dispositivos que se colocan en el espacio con la finalidad de recibir información y luego retransmitirla; éstos reciben un haz de microondas, que ha sido enviado por una antena la cual puede estar en una estación terrena o en una móvil, a una cierta frecuencia, y luego la envía con otra frecuencia a una antena receptora ( fija o móvil). (Ver fig. 1.10.)

Los Satélites geoestacionarios giran alrededor de la tierra a 35,680 km, sobre el ecuador, dando una vuelta al planeta en 24 horas, con lo cual abarcan una amplia zona de la tierra. Para evitar caos de información entre varios satélites se acordó a nivel internacional a quién se le iba asignar espacios (ranuras orbitales), así como el rango de frecuencias.

Para telecomunicaciones Vía Satélite se le designó una banda de frecuencias para que el satélite reciba información que es de 3.7 a 4.2 GHz y de 5.925 a 6.425 GHz para que la envíe, siendo ésta la más utilizada. Además la separación entre satélites, debe ser aproximadamente 2880 kms equivalente a 4° visto desde la tierra.

Otra banda disponible para telecomunicaciones está entre 12 y 14 GHz, y el espaciamiento puede ser hasta de 1° , pero tiene un problema, son microondas pequeñas que pueden ser fácilmente absorbidas por la lluvia; y la banda de 20 a 30 GHz , pero aquí el equipo es demasiado caro.



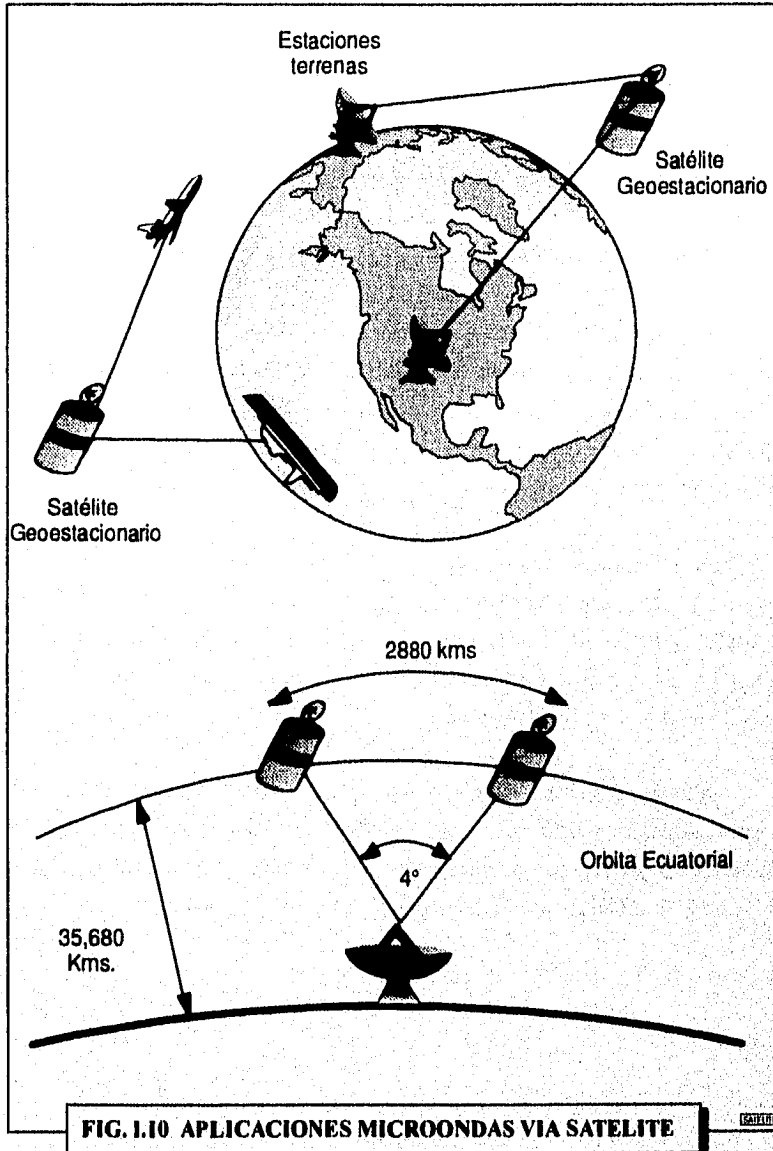


FIG. I.10 APLICACIONES MICROONDAS VIA SATELITE

### **1.2.6. INFRARROJO**

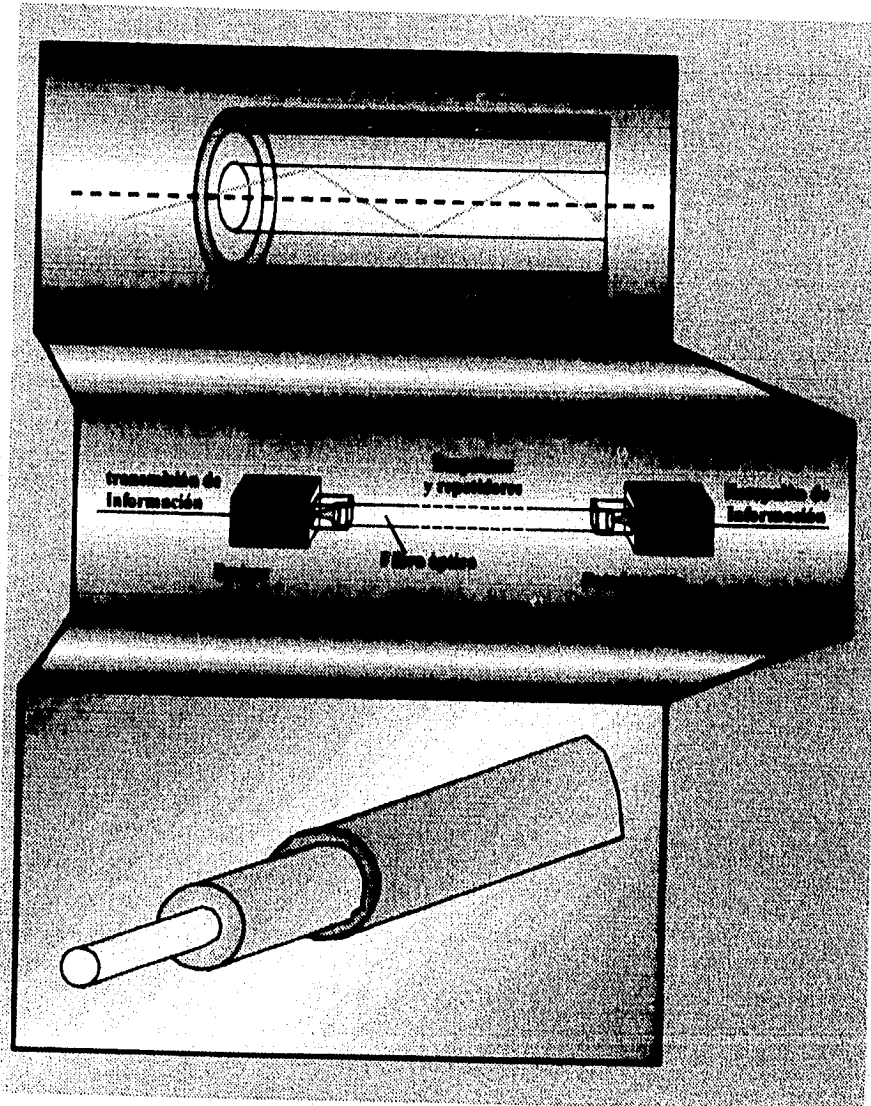
Es parecido a la transmisión digital con microondas. Para transmitir información, el emisor y el receptor deben estar en línea de vista; un led o laser producirá el haz luminoso que viajará del transmisor al receptor.

Por su característica de transmisión la luz infrarroja presenta Inmunidad al ruido magnético (interferencia eléctrica), pero si puede ser afectada la comunicación por obstáculos físicos, el clima, o la atmósfera.

A una distancia máxima de 16 kms, con señal infrarroja se puede transmitir a 100 Kbs, pero con distancias de 1.6 km, puede alcanzar una velocidad de 1.5 Mbps.

## CAPITULO II

### ELEMENTOS DE CONEXION EN UN SISTEMA CON FIBRA OPTICA



## CAPITULO II

### **ELEMENTOS DE CONEXION EN UN SISTEMA CON FIBRA OPTICA**

#### II.1 CARACTERISTICAS

Una fibra óptica es una estructura cilíndrica de pequeño diámetro, compuesta de un material conductor de energía luminosa de ciertas longitudes de onda espectral particulares, por lo que se le puede considerar como una estructura tipo guíaondas compuesta de material dieléctrico transparente (vidrio, la mayoría de los casos o polímeros), que puede transmitir en frecuencias ópticas, ya que confina y guía la luz, a través de ella. Es por ello que tiene la capacidad de transportar información como una línea de transmisión.

La fibra está compuesta de un material cilíndrico llamado "núcleo", cubierto con un "revestimiento", ambos transparentes; pero de diferentes densidades, lo que nos da un pequeño índice de refracción entre ambos materiales. Por último existe una capa extra para proteger a la fibra de ataques químicos o abrasivos o tensiones mecánicas que se pudieran presentar en su superficie, y/o para prevenir que se pegue con otra fibra (al juntar varias para producir un cable óptico) esta protección se le denomina "envoltura". ( Fig. II.1 )

En el núcleo es donde la señal luminosa es transmitida; el revestimiento que rodea al núcleo tiene el propósito de actuar como reflector para confinar los rayos en el centro (dado por sus diferentes densidades); y por último, la envoltura como capa de protección para preservar y mantener la fibra en óptimas condiciones. ( Fig. II.2 )

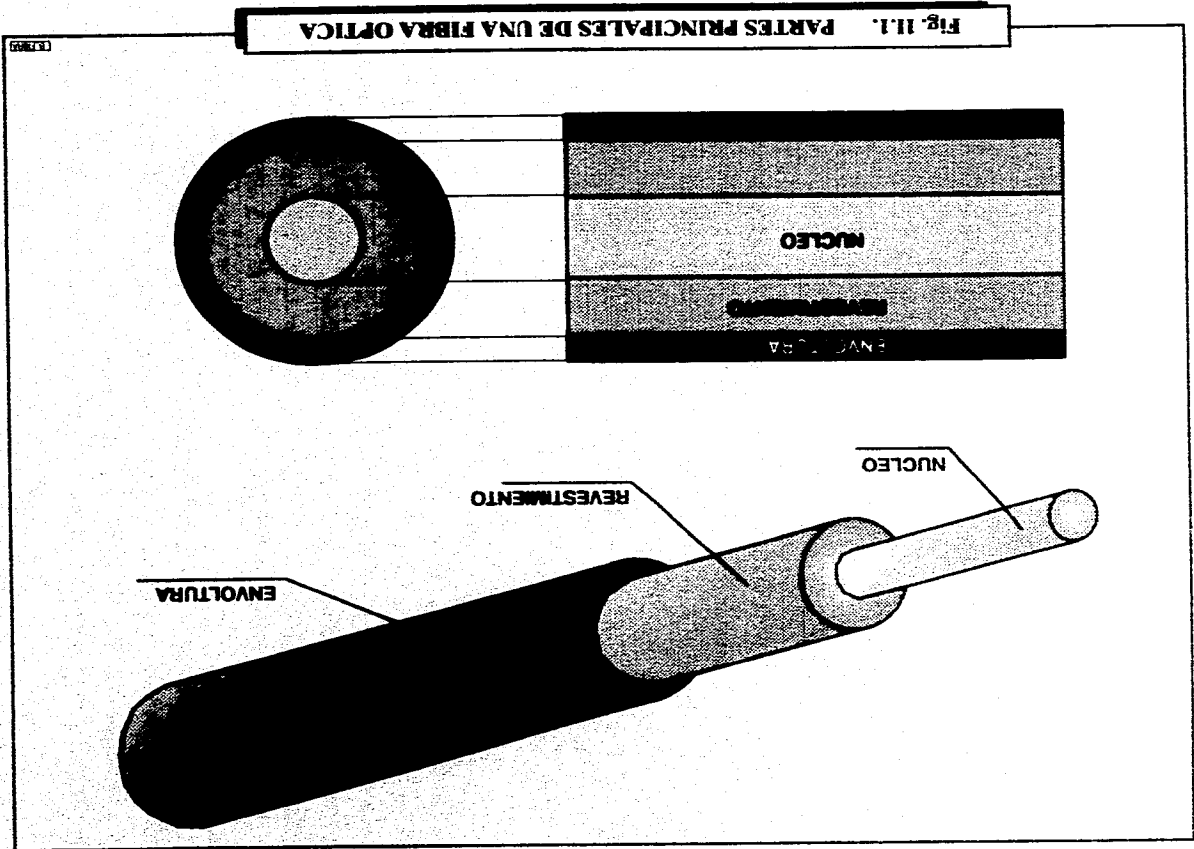
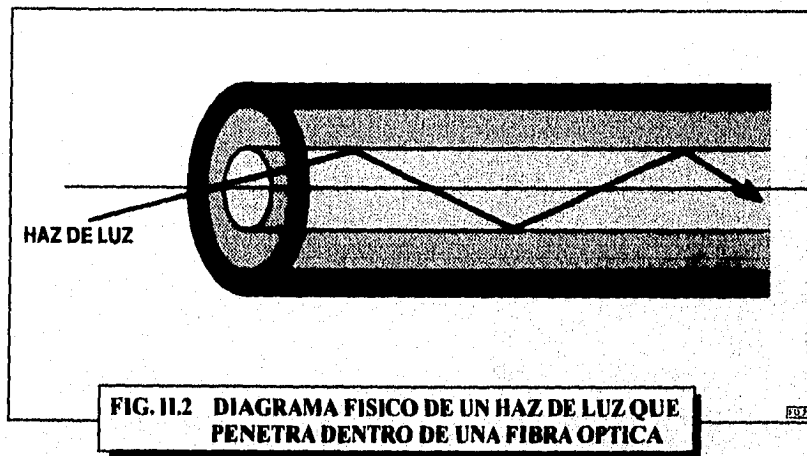


Fig. III.1. PARTES PRINCIPALES DE UNA FIBRA OPTICA

Dado que la fibra óptica es una guíaondas luminosa y que en el núcleo se confinan los rayos de luz, este lo podemos considerar como el medio 1, con un índice de refracción  $n_1$ , y el revestimiento como el medio 2, con su correspondiente índice de refracción  $n_2$ , las pérdidas y la distancia que puede recorrer la luz está en función de las dimensiones y material de la fibra óptica, sus dimensiones deben estar dentro de las longitud de onda de la señal a transmitir, es por ello que el diámetro de la fibra es en el orden de las micras.

Usualmente el diámetro de la fibra desnuda puede variar entre un décimo de milímetro y medio milímetro, y ya con la envoltura no sobrepasa los 3/4 de milímetro (0.75 mm.).



**FIG. 11.2 DIAGRAMA FISICO DE UN HAZ DE LUZ QUE PENETRA DENTRO DE UNA FIBRA OPTICA**

Las fibras ópticas presentan menor atenuación a la señal, cuando son más transparentes, y más puras en su constitución química, y aunque pueden transmitir todo tipo de luz, es conveniente que su longitud de onda de esta. esté comprendida dentro de la región infrarroja del espectro electromagnético, ya que es la luz que mejor se transmite.

El principio de operación de la fibra óptica, se basa en la reflexión interna total.

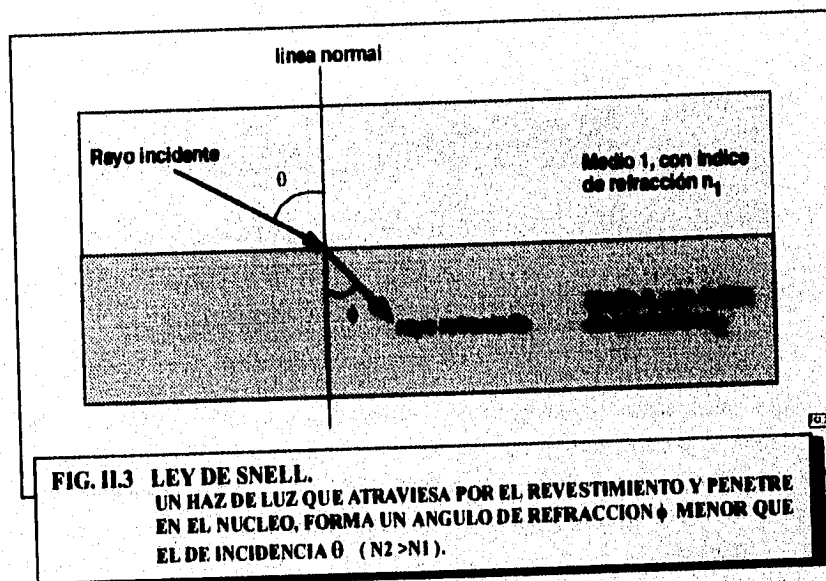
### II.1.1 REFLEXION INTERNA TOTAL

El ángulo de incidencia de la luz en la cara de fibra óptica nos indicará si se refracta o no el haz de luz del núcleo al revestimiento; es por lo tanto necesario hacer un buen calculo de este.

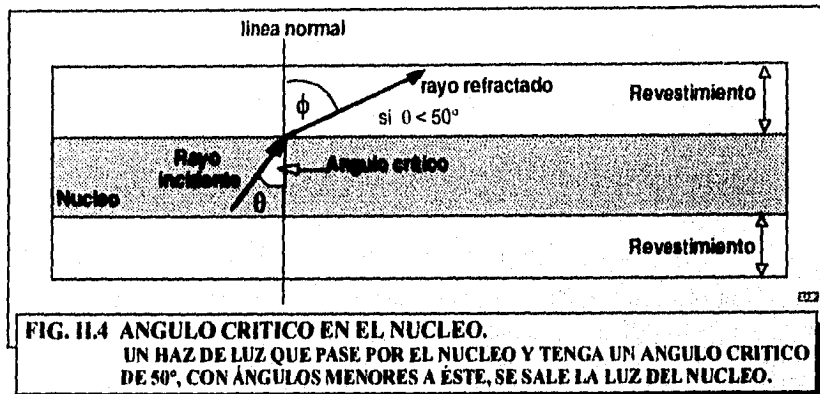
Apoyándonos en la ley de Snell:

$$\text{Ley de Snell} = n_1 \text{ Sen } \theta = n_2 \text{ Sen } \phi$$

observemos que los índices de refracción son iguales a la relación de los senos de los ángulos de incidencia y refracción ( Fig. II.3 ).

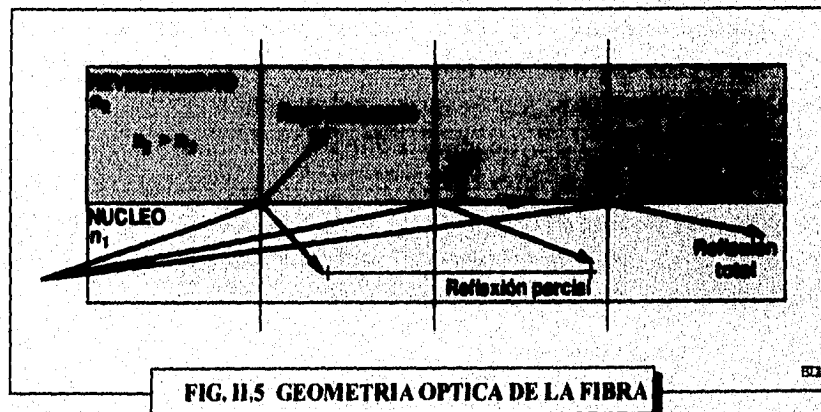


El ángulo incidente puede llegar a un valor crítico en el cual se produce la reflexión total, si el ángulo incidente es menor al crítico, esta luz pasará al medio 2, o sea al revestimiento. ( Fig. 11.4)



**FIG. 11.4 ANGULO CRITICO EN EL NUCLEO.**  
UN HAZ DE LUZ QUE PASE POR EL NUCLEO Y TENGA UN ANGULO CRITICO DE  $50^\circ$ , CON ÁNGULOS MENORES A ÉSTE, SE SALE LA LUZ DEL NUCLEO.

Por lo tanto, el material del núcleo y el revestimiento, deben tener un índice de refracción tal que el haz luminoso que se va reflejando sobre el revestimiento tenga un ángulo mayor al crítico para que sea reflexión total y vuelva al núcleo, y así aminorar pérdidas de señal y distorsión por reflexiones parciales ( Fig. 11.5)



**FIG. 11.5 GEOMETRIA OPTICA DE LA FIBRA**



### II.1.2. ANGULO DE ADMISION Y APERTURA NUMERICA

Los parámetros primordiales que determinan las características de transmisión de la luz que viaja en la fibra óptica son:

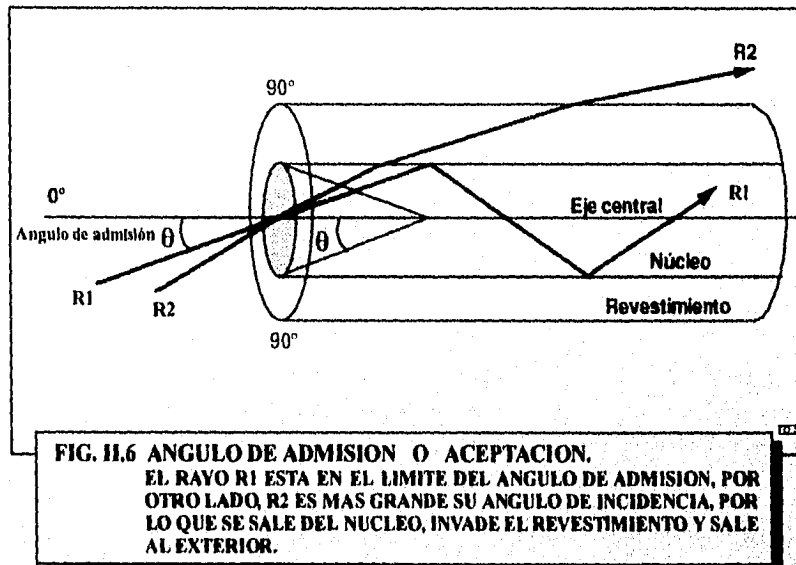
- a) El ángulo de admisión o aceptación, el cual nos especifica el mayor ángulo de incidencia que puede tener la luz al entrar a la fibra óptica para que la luz no se salga del núcleo.
- b) La apertura numérica (AN), nos determina la máxima capacidad que tiene una fibra óptica de captar luz, y además nos especifica la eficiencia de acoplación entre la fuente de luz, y la fibra. Es la medida del máximo ángulo incidente del haz luminoso con referencia al eje axial de la fibra óptica (ángulo  $\theta$ ),

$$AN = \text{Sen } \theta = \sqrt{n_c^2 - n_r^2}$$

Donde:  $n_c$  es el índice de refracción del núcleo y  
 $n_r$  el índice de refracción del revestimiento.

El valor de  $AN < 1$ , y conforme más se acerque a éste valor, la fibra presenta mayor capacidad para admitir luz. Pero esto implica que el núcleo sea más grande, con lo que permite que varios rayos de luz penetren y exista un gran número de propagaciones de luz, denominados modos.

Penetrará en la fibra óptica más cantidad de luz, cuando la luz entre a la fibra paralelamente a su eje (sin ángulo), pero si entra en el núcleo con algún ángulo, parte de la luz viajará por el centro, y parte se perderá al salirse del núcleo, dependiendo esto del ángulo crítico (ver fig. II.6).



Con estos parámetros podemos definir las características de la fuente de luz y la valoración de la fibra óptica, que será mejor cuanto mayor sea su ángulo de aceptación.

### II.1.3 CLASIFICACION DE LOS RAYOS DE LUZ QUE SE PROPAGAN EN LA FIBRA OPTICA

Los rayos de luz que viajan en el centro de las fibras ópticas se pueden clasificar en (ver fig. II.7):

- A) **Meridionales.** Estos rayos pasan a través del eje de la fibra, van reflejandose internamente y su propagación está confinada en un plano.
- B) **Rayos axiales.** Estos rayos viajan a lo largo de toda la fibra, sin reflejarse en las paredes.
- C) **Rayos oblicuos.** Estos rayos no están confinados en un solo plano ni pasan a través del eje de la fibra, sino que siguen una propagación helicoidal poligonal pues son reflejados internamente siguiendo una trayectoria en zig-zag.

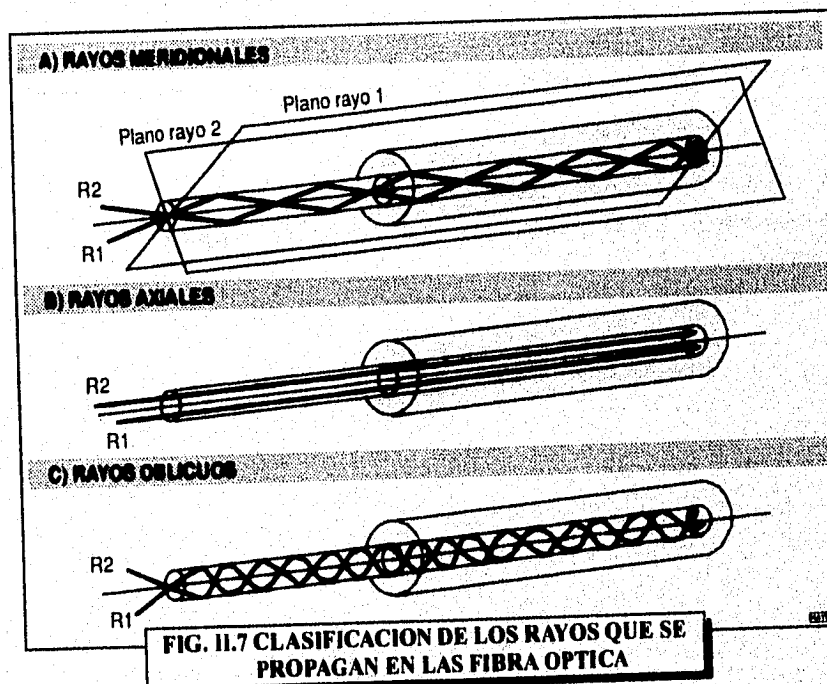


FIG. II.7 CLASIFICACION DE LOS RAYOS QUE SE PROPAGAN EN LAS FIBRA OPTICA

#### II.1.4. MODOS DE PROPAGACION Y TIPOS DE FIBRAS OPTICAS

Un modo es el patrón transversal producto de la propagación de la energía luminosa la cual tiene una velocidad específica, cada modo es una configuración espacio-temporal que ha sido determinada por el ángulo de incidencia de los rayos luminosos, que penetran a la fibra óptica. La propagación de energía luminosa en la fibra óptica, se distribuye en varios modos, cada uno de ellos con sus propias características.

Aquellos rayos de luz, que se propagan en ángulos pequeños con respecto a la fibra, se les denomina modos de propagación de bajo orden, y para aquellos que se propagan con ángulos mayores se les denomina modos de propagación de alto orden, y estos tienen un mayor número de reflexiones al viajar por la fibra.

Debemos de notar que los modos de propagación no dependen de la longitud de onda de la señal transmitida, sino del ángulo en que se envía la luz, y el tipo de fibra óptica.

Las propiedades modales se pueden entender por la propagación que sufre cada haz de luz, así pues diferentes modos pueden representarse por diferentes trayectorias de los rayos. Por sus propiedades modales, o forma de guiar los rayos de luz, las fibras ópticas se pueden clasificar en:

**MONOMODO.** La luz se propaga por un solo camino a través del núcleo (Rayos axiales). Estas fibras son eficaces a larga distancia, siempre y cuando se tenga un buen grado de precisión en su fabricación, uniones (empalmes y conectores) y terminación de la fibra (caras bien pulidas).  
Son fibras de aproximadamente 10 micras de diámetro.

**MULTIMODO.** La luz se propaga en varios caminos, dispersándose a través de la fibra. Sus núcleos están comprendidos entre 50 y 200 micras de diámetro.

Por su índice de refracción en:

**SALTO DE ÍNDICE, ESCALONADA, O DE ÍNDICE ABRUPTO.** El índice de refracción del núcleo es constante y distinto al índice del revestimiento. La luz, choca en la pared interna del revestimiento y se refleja hacia el núcleo viajando así en forma de zigzag (rayos meridionales), y como el índice de refracción del núcleo es constante, la velocidad de la luz también lo será, y a más espacio por recorrer, más tardará en llegar al otro extremo de la fibra.

Para que pueda viajar en el núcleo, se debe de cumplir  $n_1 = n_2 (1 - \lambda)$  ( $\lambda$ , se refiere a la longitud de onda de la luz)<sup>2</sup>.

**Desventajas:** Gran atenuación (presentan dispersión modal) y ancho de banda más estrecho.

**SALTO DE ÍNDICE GRADUAL.** El índice de refracción del núcleo aumenta progresivamente desde el eje hacia afuera, lo que produce una refracción gradual, conforme los rayos se van alejando del eje de la fibra (rayos oblicuos). Su valor máximo está en el centro, y disminuye hacia el revestimiento. Los modos presentan una variación, pues no chocan bruscamente contra el revestimiento, sino que los rayos de luz, que viajan por la zona exterior del núcleo (índice de refracción bajo), viajan a más velocidad, mientras que los que pasan por el centro del núcleo, (índice de refracción mayor) viajan con menos velocidad, por lo tanto aunque los rayos viajen en distintos modos, llegarán al mismo tiempo al otro extremo.

**Resultado:** Ancho de banda mayor y menor atenuación.

---

<sup>2</sup> La expresión relacional de la longitud de onda ( $\lambda$ ), velocidad ( $v$ ) y frecuencia ( $f$ ) de una onda electromagnética es:  $\lambda = v / f$

Además de estas dos clasificaciones podemos tener una tercera (Ver fig. II.8):

**A) Fibras multimodo de salto de índice o escalonado**

Los rayos de luz son guiados por reflexión total en la frontera núcleo-revestimiento.

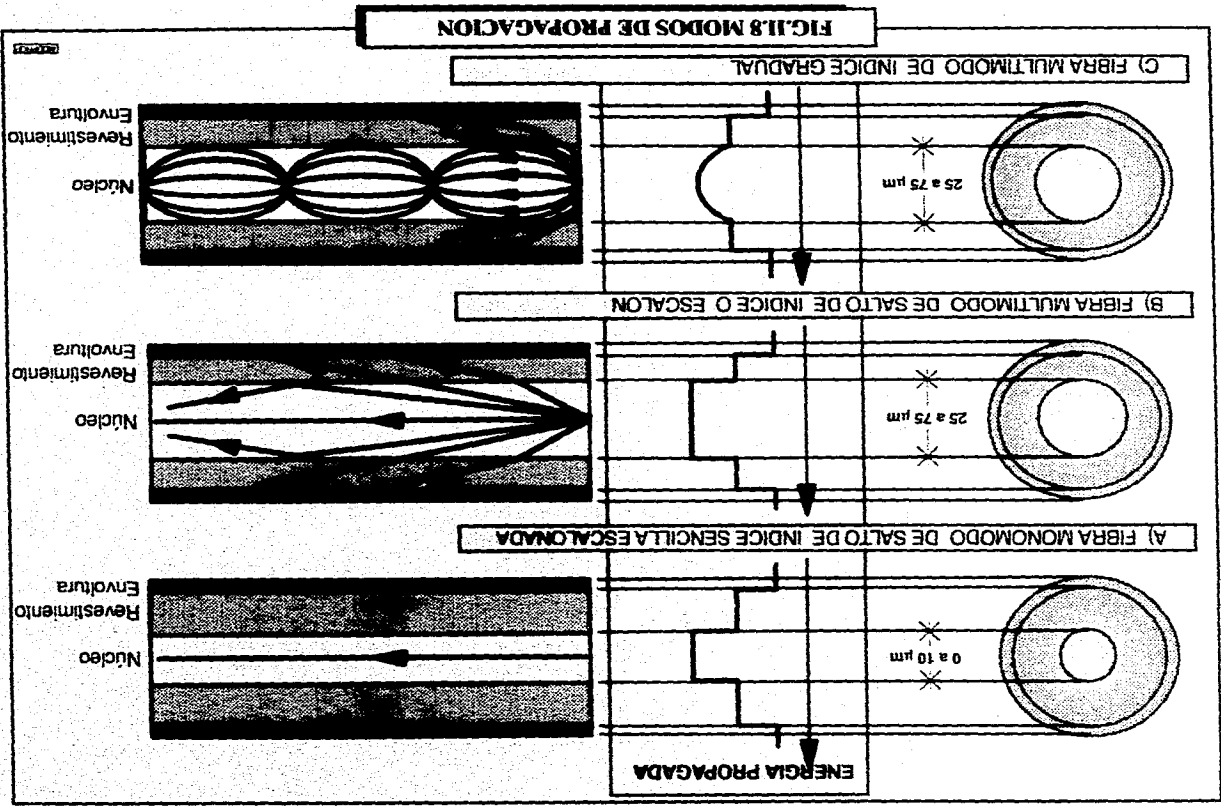
**B) Fibras multimodo de índice gradual.**

El índice de refracción cambia en forma gradual en el núcleo, con una propagación curva en vez de recta.

**C) Fibras monomodo de salto de índice sencilla escalonada.**

Son sencillas, con diámetro muy fino, ya que tienen un núcleo de pocas longitudes de onda, con pequeñas diferencias entre los índices de refracción. Presentan un ángulo de admisión estrecho, cercano al eje horizontal de la fibra óptica, con lo que los rayos de luz penetran en forma recta, y por lo tanto la propagación es en un solo modo.

Los sistemas que usan este tipo de fibra son los más caros pues necesitan dispositivos de más calidad.



## II.2. PERDIDAS EN LAS FIBRAS OPTICAS Y MOTIVOS DE ATENUACION DE LA SEÑAL.

Las principales causas de la atenuación que sufre la señal al viajar en la fibra óptica, las podemos clasificar en:

- Absorción
- Dispersión
- Distorsión geométrica y manipulación de la fibra.

### II.2.1. ABSORCION.

#### a) Absorción del material por impurezas en la fibra óptica.

Se produce por las características del material y elementos contaminantes de que esté compuesto la fibra y a su técnica de fabricación, pues parte de la energía luminosa es absorbida por los iones de impurezas.

Los iones de impurezas pueden ser:

- De metales de transición como hierro (Fe), cromo (Cr), cobalto (Co), Vanadio (V), Níquel (Ni) y cobre (Cu), pues tienen electrones con niveles de energía que absorben la energía luminosa.
- De hidróxidos OH, resultantes de las impurezas del agua. En el vidrio, por ejemplo, los iones de impurezas, de OH presentan máxima absorción, convirtiéndola luz en calor, y esta pérdida variará según la composición del vidrio.

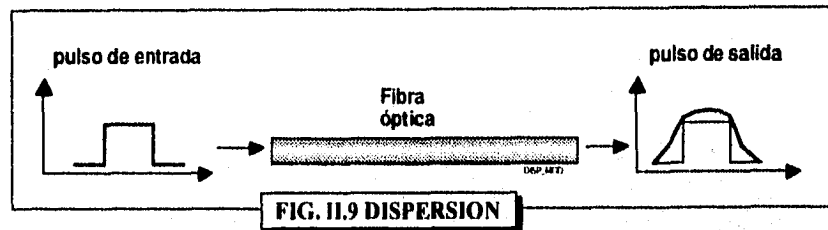
#### b) Absorción del material a la luz (ultravioleta e infrarroja.)

Representa los límites superior (ultravioleta) e inferior (infrarrojo) del rango de transparencia del vidrio o material de la fibra



## II.2.2. DISPERSION

Cuando un pulso de luz entra a la fibra, esta luz se divide en rayos de diferentes trayectorias, unas más rectas y otras más diagonales. Los primeros tardan menos en recorrer la fibra y los diagonales tardan más. La consecuencia de ello es que el pulso de luz saldrá más ancho de lo que entró, como se ve en la **fig. 11.9**:



### A) Dispersión por la longitud de onda.

La luz se compone de fotones, si todos estos fueran de la misma longitud de onda, la luz sería monocromática pura, pero la realidad es que existe variación en la longitud de onda de los fotones.

Esta dispersión se debe a la variación de la velocidad de las ondas electromagnéticas con respecto al índice de refracción. El índice absoluto de refracción se puede expresar en función de las velocidades de la luz en el vacío con respecto a la velocidad de la luz dentro de él:

$$(\text{índice absoluto}) n = \frac{C \text{ (Velocidad de la luz)}}{v \text{ (Velocidad de la luz en el dieléctrico)}}$$

Notemos que si el índice absoluto de refracción aumenta, la velocidad en dicho medio disminuirá.

El índice de refracción varía con respecto a la frecuencia. Si se aumenta la frecuencia aumentará el índice de refracción y por lo tanto hay disminución en la velocidad, por lo que llegarán primero al otro extremo de la fibra las ondas de menor frecuencia.

**B) Dispersión Intramodal o del material.**

**Difusión o dispersión de Rayleigh (scattering).**

Es producto de la inhomogeneidad que presenta el material en su composición atómica y que produce pequeñas variaciones en el índice de refracción; Estas irregularidades se producen durante la fabricación de la fibra y pueden ser variaciones en la composición química o burbujas microscópicas.

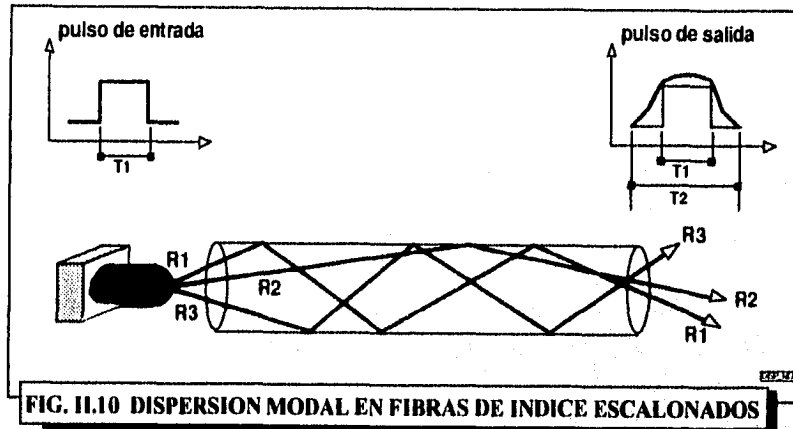
Esta dispersión es inevitable, y su coeficiente de pérdidas es proporcional a  $\lambda^{-4}$ . La atenuación puede estar en un rango de 0,7 a 2 dB/km.

**C) Dispersión modal, Intermodal o retardo de grupo.**

Si el índice de refracción del núcleo es constante, la velocidad de los rayos luminosos también lo son, y como estos viajan en zigzag, los rayos siguen recorridos diferentes, y por lo tanto unos tardarán más que otros en llegar al otro extremo de la fibra, produciéndose retardos en la recepción. Esta dispersión se presenta más en las fibras multimodo de índice escalón, que en las de índice gradual.

En transmisión lenta o de baja frecuencia, no hay tanto problema; pero para altas frecuencias, como el tiempo es pequeño, se producen errores tal como superponerse, y distorsionar la información, generando una pérdida de información, es por ello que tienen ancho de banda limitado las fibras de índice escalón.

En la **fig. 11.10** observamos un ejemplo en una fibra escalonada, al enviar un pulso luminoso (T1), el cual se compone de varios rayos de luz; estos viajarán a diferentes ángulos de incidencia y como rebotan dentro de la fibra, unos rebotarán menos (R2), y otros más (R3) por lo que el tiempo en que llegan varía, lo que distorsiona la señal de salida (T2).



### II.2.3. POR DISTORSION GEOMETRICA Y MANIPULACION DE LA FIBRA.

Son independientes de las que produce las características del material de las fibras y se refiere a las variaciones presentadas en la estructura.

- *Pérdidas por la estructura de la fibra (distorsión geométrica).* Se presenta por las irregularidades en la interfase que existe en la unión núcleo-revestimiento, además de las micro curvaturas o pequeños dobleces en la fibra, producidos por la estructura del cable, donde se montará, y enrollará.
- *Pérdidas por acoplamiento.* Estas dependen del conector (su diseño), los métodos de las uniones entre las fibras (conocidos como empalmes), y/o la fuente luminosa de alimentación; puesto que suele suceder que haya aire entre estos.

A esta pérdida se le conoce como pérdida de Fresnel ya que al pasar un haz luminoso de un medio al otro, parte de la luz se refleja.

**RADIO MAXIMO QUE SOPORTA LA FIBRA OPTICA AL DOBLARSE.**

Cuando se dobla demasiado la fibra óptica, al darle un radio determinado se vuelve más pequeño su ángulo de incidencia, hasta llegar a estar fuera del límite de la refracción total, por lo que se produce un rayo que se refracta y se sale del núcleo de la fibra. Por lo tanto, conforme sea más grande el radio de curvatura o doblez menos serán las pérdidas.

Se radia poca energía en las curvas y extremos de la fibra, la cual se determina por el radio de curvatura. Al disminuir este radio hay cambios muy grandes, hasta llegar a un radio crítico  $R_c$ , en el cual las pérdidas se vuelven significativas. El radio crítico  $R_c$ , depende de la apertura numérica de la guía y del radio de su núcleo. Para disminuir el  $R_c$ , se puede aumentar la apertura numérica y disminuir el diámetro del núcleo de la fibra.

Esta radiación se provoca debido a que el rayo de luz penetra en el revestimiento.

Se puede arquear la fibra, si se enrolla formando un radio de curvatura que no le afecte, ya que si se le dobla demasiado se puede romper la fibra, o sufrir fallas físicas como rupturas, por tensiones externas. El máximo ángulo que se puede doblar la fibra óptica varía según el límite que indique el proveedor.

Es por ello que las fuerzas axiales, radiales y momentos flexionantes, producen en la fibra óptica un aumento de la atenuación de la señal óptica.

### II.3. PROCESO DE FABRICACION DE LAS FIBRAS OPTICAS

Todos los procesos de fabricación de las fibras ópticas, siguen un mismo esquema: primero calentar el material o los materiales (arena, sílice, y otros compuestos químicos) de los que se compondrá la fibra hasta conseguir una cierta consistencia, enseguida, purificar el compuesto y finalmente formar la varilla la cual deberá tener un diámetro pequeño.

El calor que se aplica para que se fundan las sustancias usualmente está entre los 800 y los 1200° C.

La materia prima de las fibras ópticas es silicio el cual abunda en la naturaleza por lo que es barata, y existen muchas tecnicas de refinamiento; al silicio se le puede agregar bario, germanio, fósforo y aluminio en el núcleo y en el revestimiento, para obtener el índice de refracción que se requiere.

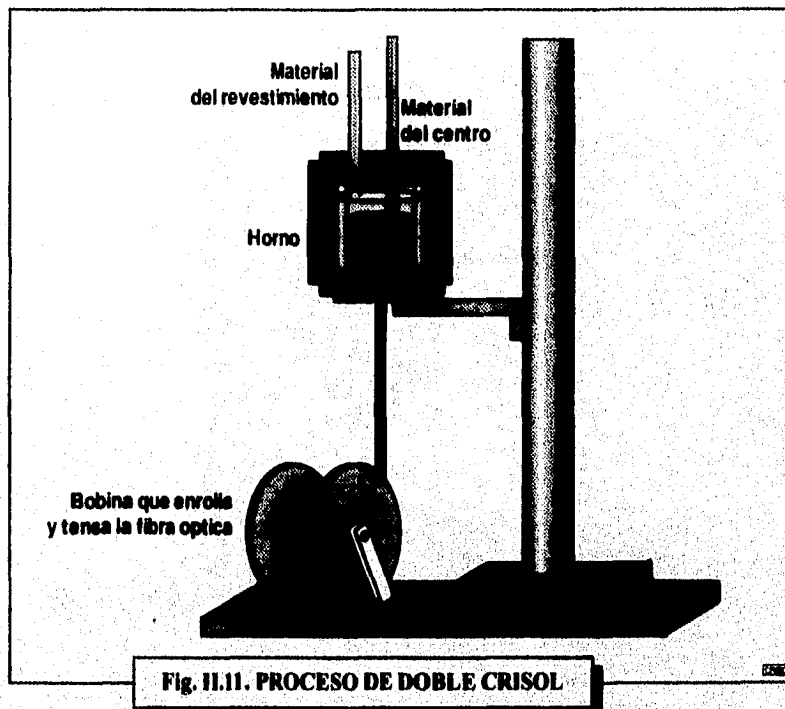
Existen varios procesos de fabricación, entre los que están:

- Doble crisol.
- CVD (Chemical Vapor Deposition).
- MCVD (Modified Chemical Vapor Deposition).
- PCVD (Plasma Chemical Vapor Deposition).
- Tecnicas de Fase Liquida (Melding).
- Etc.

### II.3.1. DOBLE CRISOL

Este proceso consta de dos crisoles, uno para el núcleo con un orificio en el fondo empotrado en el otro crisol el cual contendrá el material del revestimiento que también tiene un orificio abajo, el material del núcleo y el del revestimiento se vacía en el respectivo crisol, y comienzan a fluir unidos, así el material del núcleo se recubre con el material del revestimiento, fundiéndose y formando la fibra, mientras se va estirando y enrollando a un velocidad constante. El problema que presenta son las impurezas que pudieran provenir de los crisoles. (Ver fig. II.11.)

Se pueden fabricar fibras ópticas, de índice escalón, índice gradual y fibras en sílice y plástico.



### II.3.2. CVD (CHEMICAL VAPOR DEPOSITION)

Este proceso consiste en la deposición de varias capas de un núcleo de vidrio dentro de un tubo de silicio el cual formará la cubierta de la fibra.

Se produce una mezcla de gases con halogenuros con oxígeno y gas combustible, luego se inyectan a un quemador (mezclador) el cual produce un flujo de partículas de óxidos; estas son introducidas a un tubo de silicio en rotación, en esta parte se deposita material poroso y con síntesis se obtiene una capa de vidrio. Esta capa se estira hasta obtener la fibra óptica deseada.

Se pueden fabricar fibras ópticas de índice gradual y fibras monomodo. (Ver fig. II.12.).

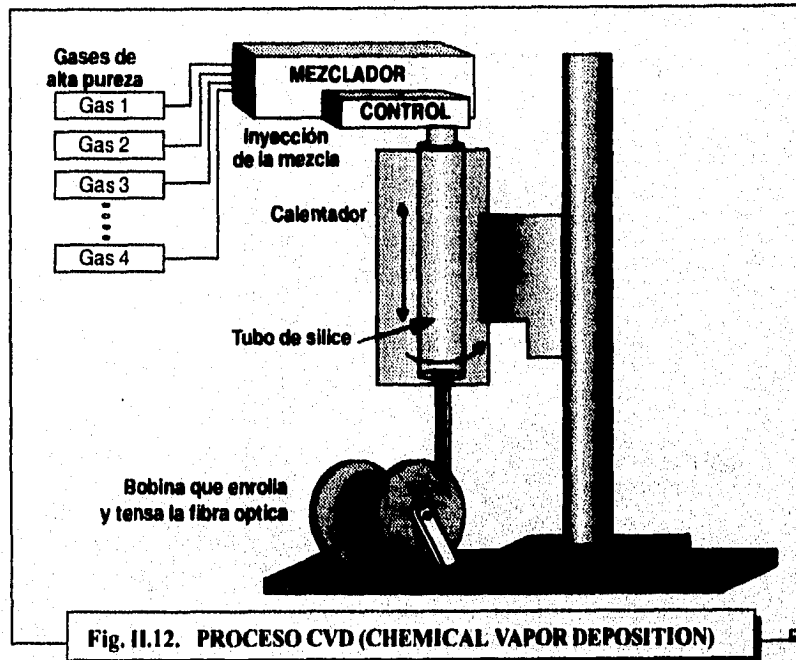


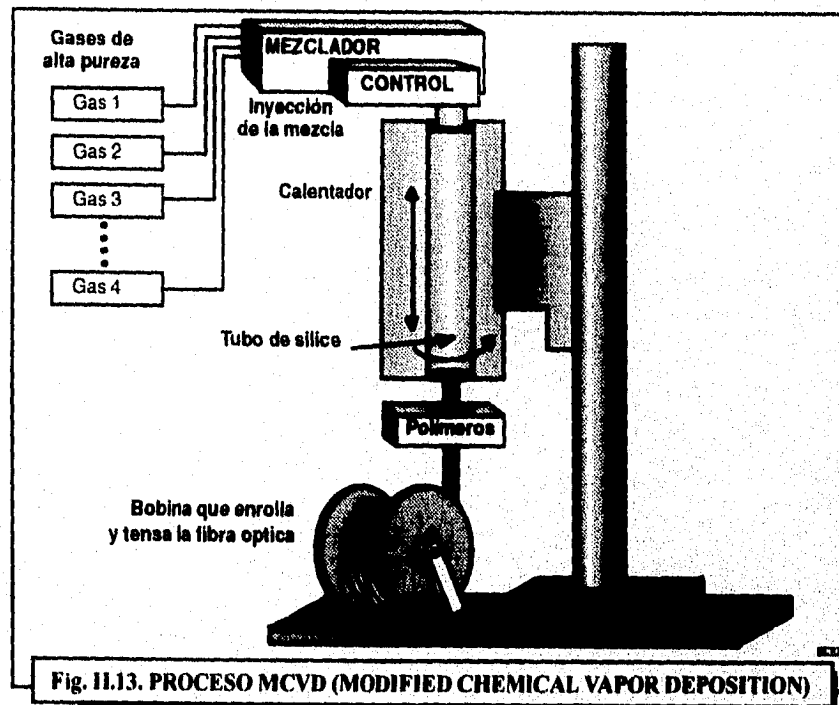
Fig. II.12. PROCESO CVD (CHEMICAL VAPOR DEPOSITION)

### II.3.3. MCVD (MODIFIED CHEMICAL VAPOR DEPOSITION)

Este proceso se basa también en el método CVD, pero aquí los óxidos se forman entre 1300 y 1600 grados. El gas es introducido al tubo de sílice que rota, mientras es calentado y se le aplica una mezcla de gases de alta pureza

Al producirse las reacciones químicas depositan material muy puro, estas al desplazarse varias veces a lo largo del tubo forman varias capas uniformes; después se le aplica temperatura elevada, y se colapsa, formando la varilla, y por último pasa al proceso de estirado y se le aplica sobre la superficie capas de polímeros, para protegerla y manejarla. (Ver fig. II.13.)

Se pueden fabricar fibras ópticas de índice gradual y fibras monomodo.





#### II.3.4. PCVD (PLASMA CHEMICAL VAPOR DEPOSITION)

Se diferencia de los otros métodos en que la manera de fabricar los óxidos, es con estimulación de plasma no isoterma (caliente ionizado) formado dentro del tubo a baja presión, lo que hace más homogénea la aplicación de los compuestos.

Posteriormente se aumenta la temperatura para vitrificar el material sintetizado, y se crea un vacío ligero en el interior del tubo, para ayudarlo a colapsarlo y así formar una barra sólida, la preforma con dos índices de refracción diferentes.

Se puede fabricar fibras ópticas de índice gradual y fibras monomodo.

## II.4. DISPOSITIVOS DE CONEXION EN UN SISTEMA CON FIBRA OPTICA

### II.4.1. EMPALMES

Los **empalmes** son las uniones o enlaces entre las fibras para tener grandes distancias, se usa también para reparar cables en instalaciones exteriores, y en interiores para unir un cable central con cable exterior.

Actualmente se han hecho enlaces sin amplificadores o repetidores Intermedios de hasta 14 km., pero no se fabrican fibras tan largas, por lo que ha sido necesario desarrollar la tecnología de los empalmes.

Para empalmar se debe tener en cuenta:

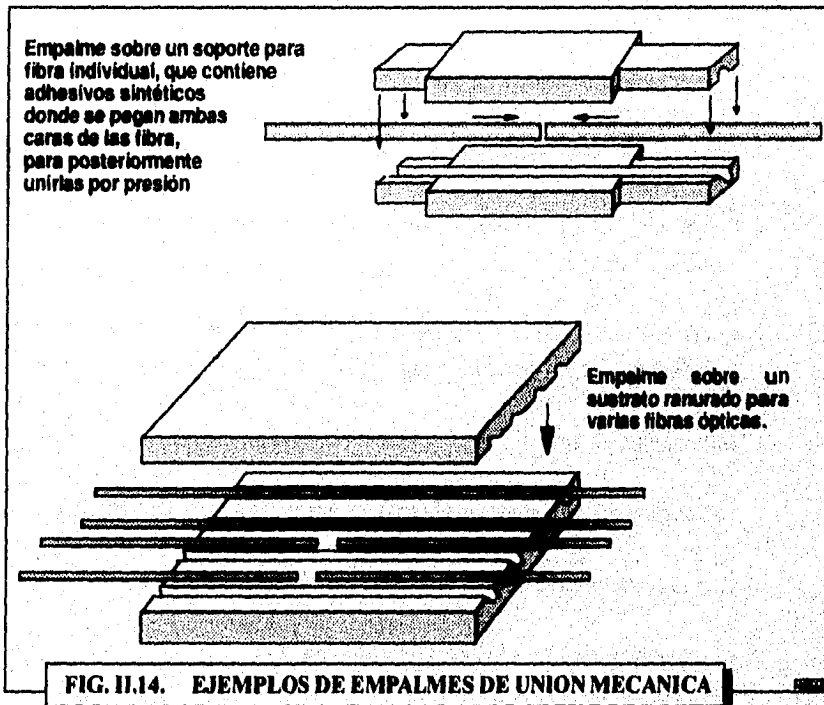
- Alineación óptima de los ejes.
- Protección contra el medio ambiente y contra posibles manipuleos mecánicos violentos.
- Protección en la unión entre las dos fibras para que no se afecten sus cualidades ópticas y asegurar mínima reflexión y atenuación,
- Una interfase o juntura sellada y libre de contaminación.
- Separación mínima entre las fibras para evitar dispersión luminosa.
- Que el empalme sea económico y fácil de cambiar.
- Que las fibras sean del mismo tipo y medida.

todos estos con el fin de que su repercusión sea mínima en la velocidad y atenuación de la luz.

Dentro de los empalmes existen dos tipos:

1. **Unión mecánica.** Esta unión consiste en hacer que los extremos de dos fibras se toquen íntimamente, garantizando así una buena alineación entre ellas. Este empalme sirve tanto para alinear un juego como varios juegos de fibras (duplex).

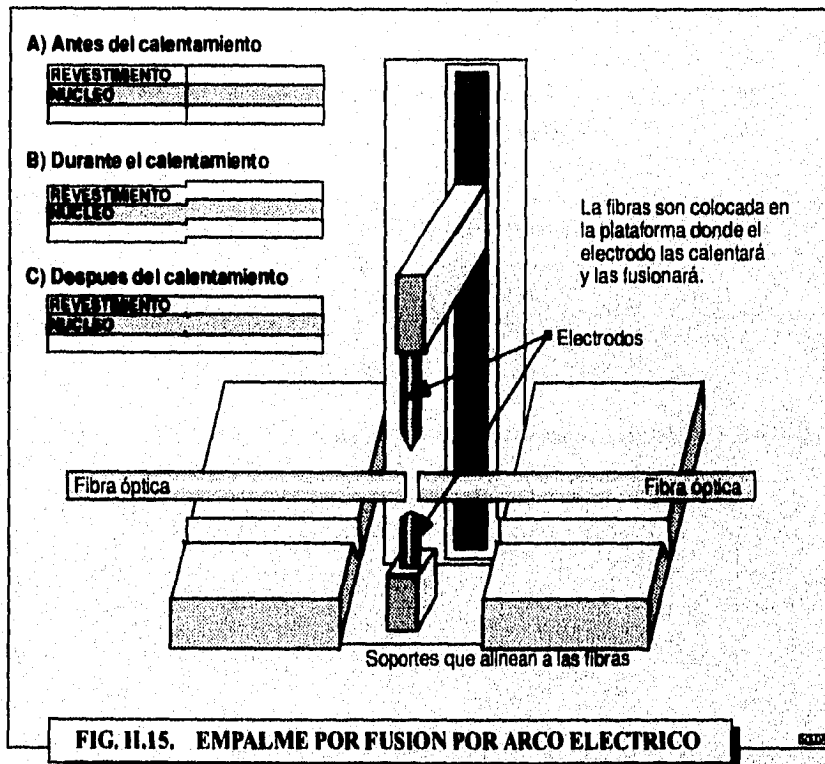
Primero se cortan las puntas y se pulen a espejo; después son introducidas a los compartimientos del empalme, donde son fijadas con un adhesivo. De esta manera se alinean cuando las piezas del empalme se unen (casi siempre los empalmes constan de dos partes). (Ver fig. II.14.)



**2. Fusión o soldadura directa.** Los extremos de las fibras se colocan en el soporte donde se van a unir, y son precalentadas con arcos eléctricos, hasta que se unan. Este empalme sirve para alinear un juego de fibras (dúplex).

Primero se cortan las puntas y se pulen al espejo, después son introducidas en el soporte del soldador donde son alineadas, posteriormente se calientan con el arco eléctrico para así derretir su material y que este se una. (Ver fig. II.15)

Una desventaja de este empalme es que si no quedó bien el empalme o se necesita reemplazar alguna fibra se deberá de cortar ambos extremos y repetir el proceso.

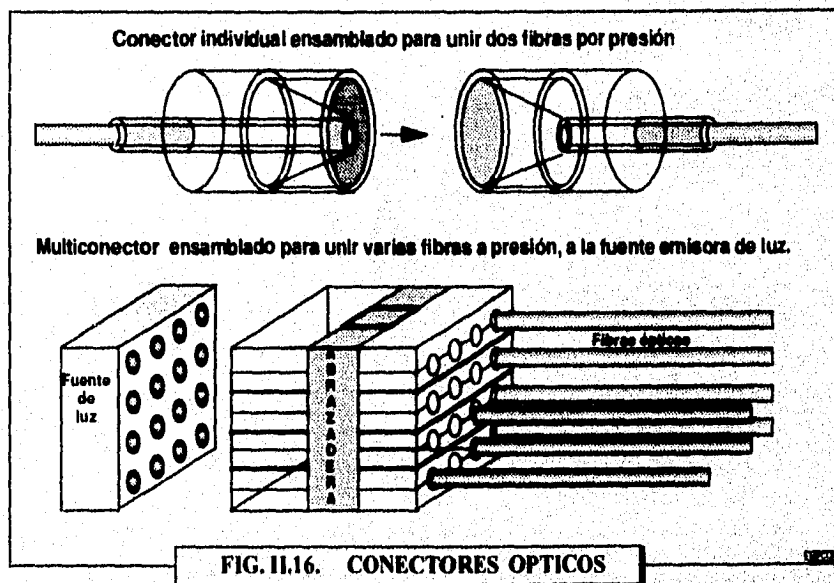


### II.4.2. CONECTORES

Los **Conectores** son piezas que sirven para unir las fibras ópticas ya sea a un transmisor, receptor o entre fibras, lo que los hace desmontables. (Ver fig. II.16) Estos son fabricados de manera que la fibra sea colocada fijamente y alineada.

Existen varios tipos de conectores:

- **Metálicos.** Son para fibras de alta calidad, que tendrán un tráfico elevado de información, y presenta bajas pérdidas.
- **Plástico.** Son para fibras las cuales tienen diámetros grandes, por lo tanto, son más sencillos, más baratos.
- **Individuales.** Son para una fibra, ya sea para conectarla a otra fibra, o a algún aparato.
- **Múltiple.** Son para varias fibras, ya sea para conectarlas a otras fibras, o a algún aparato multiplexor de luz.



## II.5. COMPONENTES OPTICOS

### II.5.1. FUENTES EMISORAS DE LUZ

En los sistemas de comunicaciones via fibra óptica, se debe disponer de emisores de luz que suministren energía suficiente, que proporcione el mínimo de pérdidas, un precio razonable y una vida util larga. Además debe tener un comportamiento lineal con respecto a la potencia de salida e intensidad de corriente de excitación, asi mismo, deben ser capaces de emitir un ancho de banda reducido para poder transmitir pulsos a altas velocidades.

Se utilizan básicamente dos fuentes que emiten luz: los LED y los LASER; ya que se pueden modular para altas velocidades de transmisión con baja excitación y producen una luz casi monocromática.

El definir cual de los dos se utilizará depende de la longitud y el ancho de banda de la fibra óptica.

Tanto los LED como los laser utilizan en su estructura Ga, Al y As (Galio, Aluminio y Arsénico) para transmitir en el orden de los 850 nm; para poder transmitir en el orden de los 1300 a 1500 nm., se le agrega In y P (Indio y Fósforo).

El material que se usa es con el fin de tener uniones tipo p-n, con esto el funcionamiento tanto de los LED como de los LASER es que al aplicar la polarización, los electrones minoritarios de la banda de conducción se recombinen con los huecos de la banda de valencia, para liberar energía en forma de radiación (luz). Si la separación energética entre las bandas de conducción y valencia es  $E_g$ , la radiación generada por dicha recombinación será

$$E_g = v h$$

$h$ = Constante de Plank,

$v$ = Frecuencia de radiación del fotón emitido.

$E_g$ =Energía del fotón de luz.

**LED (LIGHT EMISSION DIODE) o DIODO EMISOR DE LUZ.**

El LED es de construcción sencilla y no necesita una circuitería compleja de excitación, es adecuado para enlaces de corta distancia, con velocidad de transmisión baja.

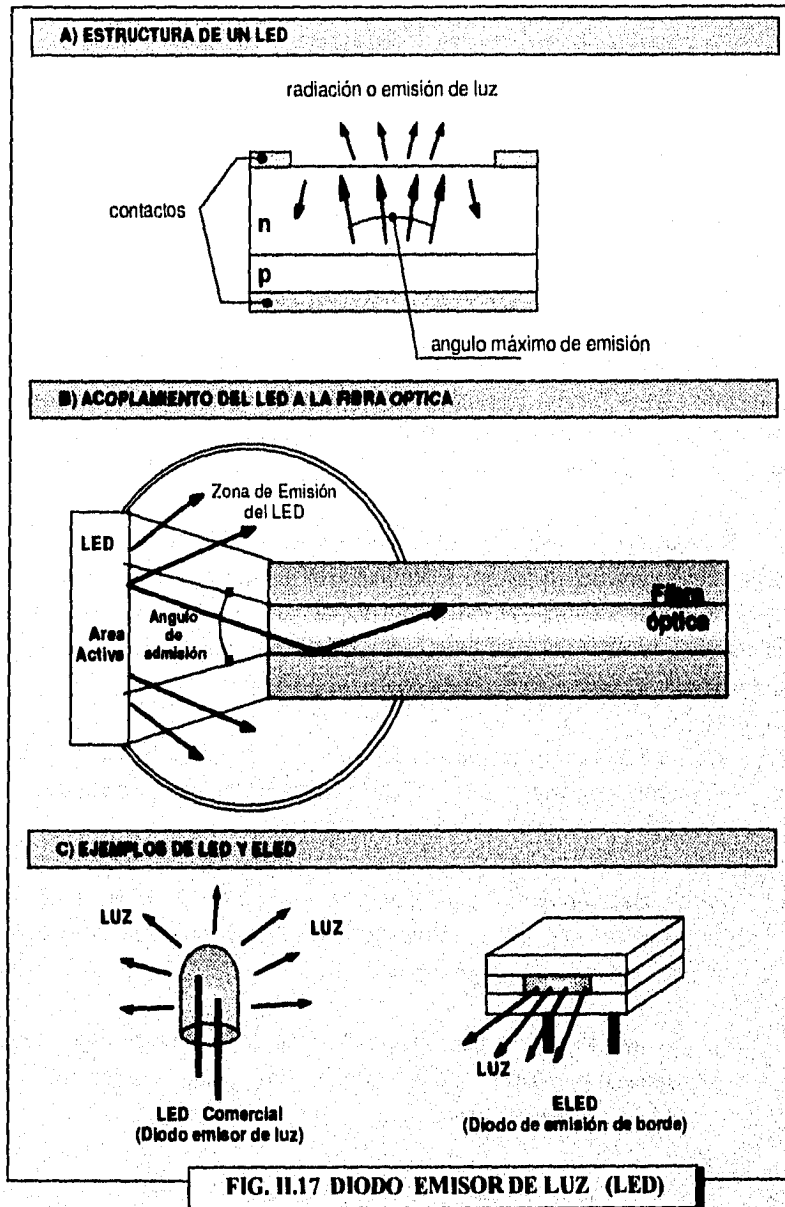
El LED se compone de una superficie de contacto de óxido-metal, la cual es la que produce luz, esta luz se emite perpendicularmente al plano de la unión pn (polarizada directamente) a través de la superficie, por lo que parte de la radiación queda en el sustrato; a esto se le llama electroluminiscencia que es la recombinación de electrones y huecos en la unión pn, lo que provoca la emisión de fotones. (Ver fig. II.17.A)

Dicho de otra manera, por la influencia del campo eléctrico los portadores son inyectados desde el lado mayoritario al minoritario donde se crea un exceso de portadores minoritarios, al pasar al otro lado de la unión, hay recombinación, y se emitirá radiación óptica fuera del dispositivo en forma de luz.

Su emisión es de ángulo grande, por lo que al acoplarse con la fibra, entra en diferentes ángulos, y es preferible usarlo con fibras multimodo. (Ver fig. II.17.B)

Estos diodos son de alta radiación o alta eficiencia y se dividen en dos tipos (Ver. fig. II.17.C) :

- De emisión de superficie. Estos emiten luz en la zona de la superficie, su superficie tiene un diámetro de 50  $\mu\text{m}$ .
- De emisión por borde o diodos electro luminiscentes de esquina ELED. Emiten la luz por una ranura, siendo más direccional, y teniendo menores pérdidas por acoplamiento con la fibra.





**LASER (LIGHT AMPLIFICATION STIMULATE EMISSION RADIATION) O AMPLIFICADOR DE LA LUZ POR EMISIÓN ESTIMULADA DE RADIACIÓN.**

Este dispositivo genera radiación luminosa coherente ya que sus rayos de luz viajan en trayectorias paralelas, o sea, que produce en una sola frecuencia (monocromática) la radiación electromagnética, vibrando todas las ondas de luz en la misma fase.

Los LASER son más complejos que los LED, por lo que requieren mayores condiciones de excitación, y circuitería más compleja, producen más potencia y son capaces de producir altas velocidades de transmisión y pueden alcanzar mayores distancias que los LED.

Si revisamos la relación entre potencia de salida de la luz en función de la corriente de entrada (excitación) notaremos que a una cierta corriente en la región activa, la ganancia óptica excede a las pérdidas y la emisión pasa de espontánea a estimulada. A la corriente a la que se produce el cambio se le denomina umbral (Ver fig. II.18.A), podemos observar que:

- 1.- Tiene perfectamente identificada dos zonas, por arriba y por abajo de la corriente umbral. Por abajo de la corriente umbral se comporta como un LED, y por arriba es la de un LASER.
- 2.- Si observamos la curva producida por arriba de la corriente umbral, veremos que se dispara, lo que indica que el dispositivo está transmitiendo a alta velocidad.
- 3.- No hay linealidad por arriba de la corriente umbral (sinusoidales o pliegues), producidos por cambios de trayectorias de la corriente a través de la región o área activa.

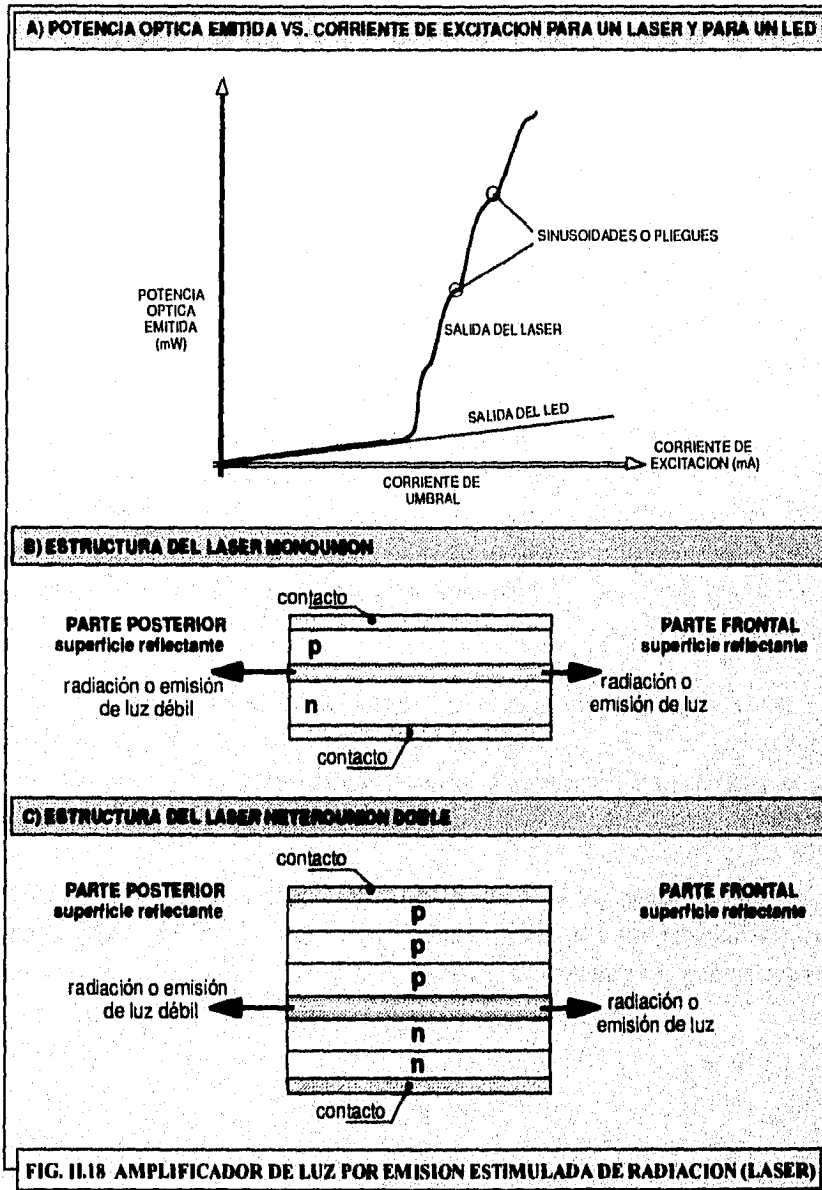
El LASER físicamente es una pastilla de aproximadamente. 300 nm., está formado por una unión p-n, con terminales planos y paralelos a dicha unión, con dos caras (opuestas y perpendiculares a la unión) lisas pulidas a espejo, que actúan como superficies reflejantes. (Ver fig. II.18.B)

La luz queda confinada en esta región activa que actúa como un mecanismo guíaondas, así el dispositivo puede generar una luz intensa. Una de las caras provee la luz que se aplicará a la fibra óptica; mientras que la otra cara se considera como luz débil.

Para aumentar el confinamiento de luz en dicha región, se usa una estructura tipo heterounión doble (DH) que consiste en agregar otras capas tanto p como n; estas capas poseen la particularidad de tener un intervalo entre bandas superior y un índice de refracción inferior al del área activa, con lo que se produce un confinamiento en el que los portadores inyectados no pueden escapar mediante difusión. (Ver fig. II.18.C)

En la estructura tipo heterounión doble (DH) la corriente umbral es más pequeña que la de tipo homounión, lo que permite al LASER trabajar en forma continua, pues en la homounión la densidad de corriente se consigue en modo pulsado.

Notaremos pues, que los LASER ofrecen más ventajas: mayor intensidad, luz más directa, respuesta más rápida y menor ancho de banda que los LED, siendo más complejos y por lo tanto más caros que un LED.



## II.5.2. FOTODETECTORES

Los fotodetectores son dispositivos transductores que convierten la potencia luminosa incidente en una señal eléctrica débil.

Aunque existen muchos dispositivos para detectar la luz tales como válvulas electrónicas de vacío, de estado sólido, semiconductores o no, capaces de convertir la luz en señal eléctrica; en sistemas de comunicación con fibra óptica se necesitan fotodetectores capaces de detectar luz con potencia extremadamente pequeña.

Dichos fotodetectores deberán ser sensibles, con buena capacidad de captación de energía incidente, con alta velocidad de respuesta para el ancho de banda de la información, eficiencia alta para convertir energía luminosa a eléctrica, tener el mínimo de ruido en la salida, trabajar a tensiones bajas, fáciles de manipular, insensibles a los cambios ambientales de temperatura, una larga vida útil, fiables y económicos.

Su manera de operar se basa en el efecto fotoeléctrico: La luz incidente que esta compuesta de paquetes de fotones (energía cuantificada), eleva la energía de los electrones del material en el que incide hasta un nivel en el que éstos producen una corriente eléctrica. Dicho de otra manera, la luz al incidir en el material, crea una separación energética entre las bandas de valencia y conducción, convirtiendo la energía luminosa en eléctrica.

La corriente fotoeléctrica está relacionada con la energía luminosa incidente :

$$I = \frac{\eta q P}{h \nu}$$

Donde  $I$  = Carga del electrón,  
 $h \nu$  = Energía del fotón  
 $P$  = Potencia óptica incidente  
 $\eta$  = Eficiencia cuántica (Fracción de la potencia incidente, expresa la razón del número de pares electrón-hueco generados al número de fotones incidentes ).

Los principales fotodetectores que se usan en un sistema con fibra óptica son los que tienen material semiconductor siendo los fotodiodos PIN y ADP.

#### **FOTODIODO PIN (POSITIVE-INTRINSIC-NEGATIVE)**

El fotodiodo PIN consta de las secciones p y n altamente dopadas (conductivas). Al aplicarle una polarización inversa, mueve los portadores de la región donde la luz se va a reflejar formándose una barrera de potencial y una región de agotamiento o capa de deplexión (transición o agotada). (Ver fig. II.19)

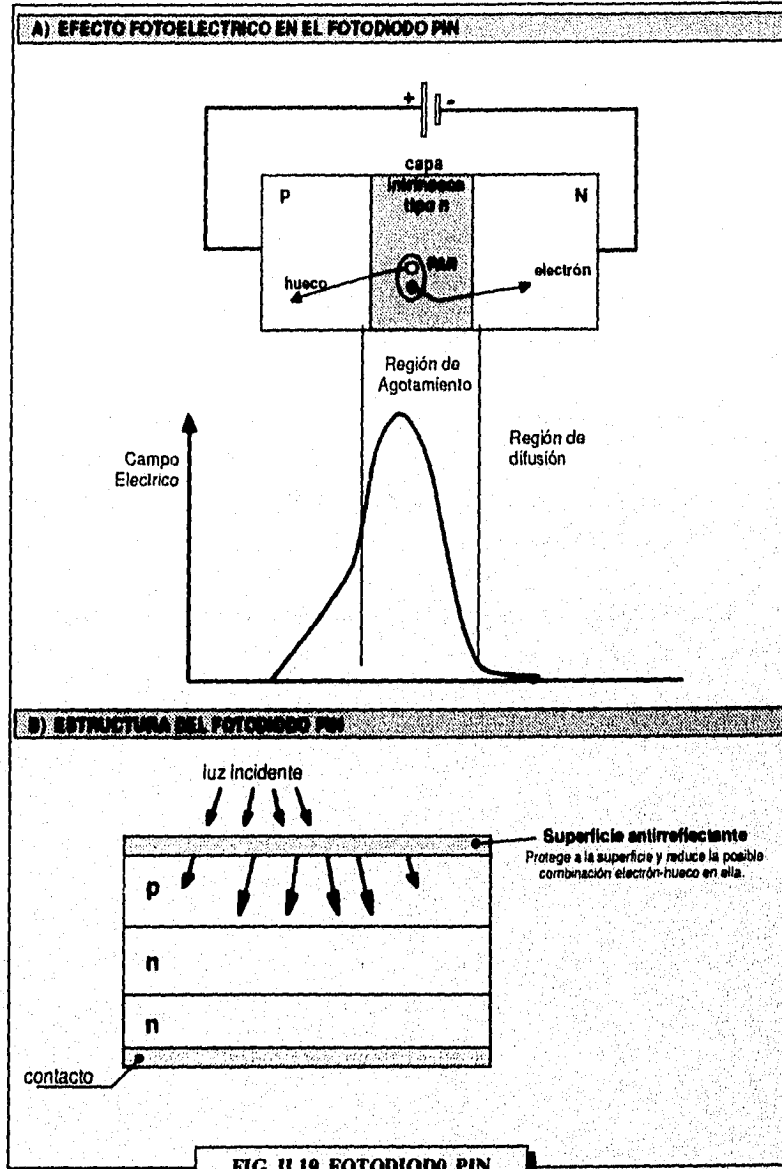
Si la luz (fotones) al incidir genera pares electrón-hueco, en la zona de agotamiento, los portadores se separan y son atraídos por los electrodos de polaridad opuesta donde salen en forma de corriente.

Si el par electrón-hueco se produce en la región de difusión, los portadores son recolectados lentamente, esto se puede evitar introduciendo una capa semiconductor intrínseca tipo n contaminada con bajo nivel de impurezas, disminuyendo así la región de difusión y aumentando la de agotamiento.

Para aumentar su rendimiento, se le agrega una cubierta antirreflejante donde incide la luz, y en el otro extremo un metal o espejo para reflexión.

Como el par de portadores se separa más rápidamente que la recombinación, la detección es rápida y por lo tanto, eficiente.

Este fotodiodo se usa en enlaces cortos, de baja frecuencia.



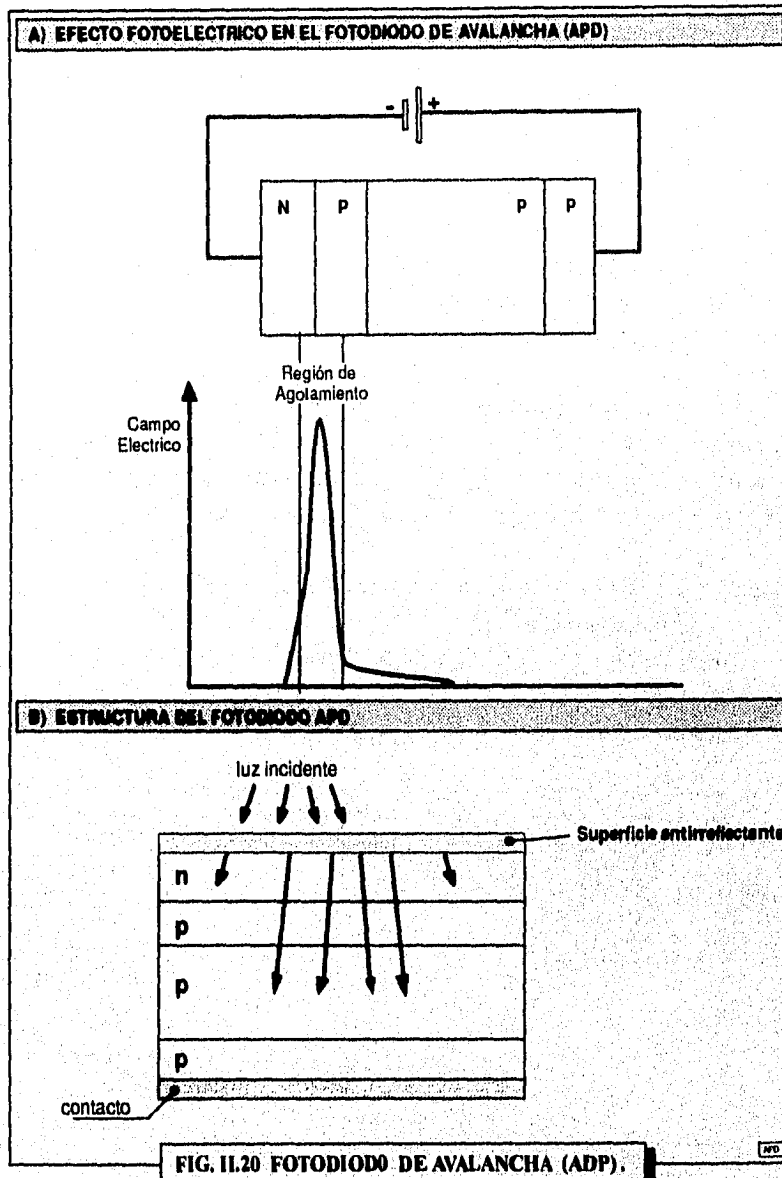
### **FOTODIODO DE AVALANCHA APD**

El fotodiodo de avalancha, es semejante al fotodiodo PIN, ya que genera pares electrón-hueco, pero éstos son multiplicados por una ganancia  $G$ , donde  $G$  es una variable aleatoria. (Ver. fig. 11.20)

Esta ganancia es producto de colisiones sucesivas en la que un portador genera nuevos portadores:

como el fotodiodo de avalancha opera a tensiones muy altas, los portadores son separados en el campo eléctrico, lo que produce colisiones con los otros átomos, ionizándolos y así produciendo nuevos pares electrón-hueco

Este fotodiodo se usa en enlaces medios y largos; con señales débiles y frecuencia elevada.





### 11.5.3. RECEPTORES OPTICOS

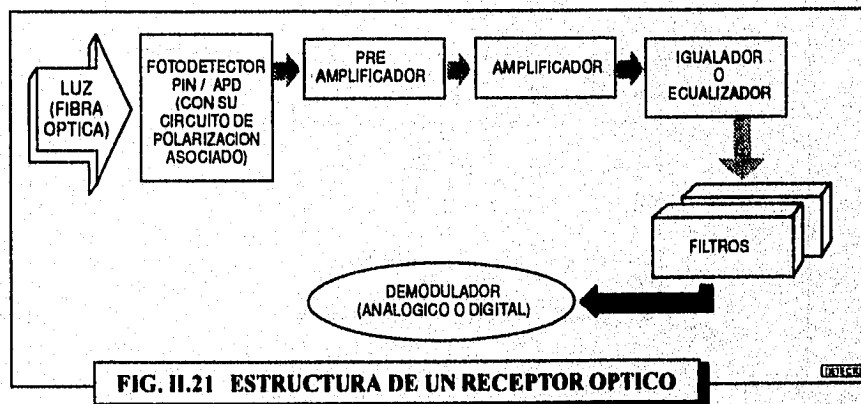
La función del receptor óptico es manipular la señal de luz incidente, detectarla y posteriormente convertirla en una señal eléctrica utilizable, que contenga la información transmitida.

Su objetivo es poder operar con señales de entrada muy débiles y tolerar una cierta relación señal/ruido. Hay receptores ópticos para sistemas analógicos con poca distorsión y gran ancho de banda. También hay receptores ópticos para sistemas digitales que minimizan la probabilidad de error.

Los receptores ópticos usan como detectores el fotodiodo PIN, y el APD, seguido de un preamplificador de entrada FET (transistor de efecto de campo), luego la señal es amplificada, ecualizada y para afinarla pasa por varios filtros para después ser demodulada ya sea analógica o digitalmente. (Ver fig. 11.21)

El ruido que se puede presentar en los receptores ópticos puede ser:

- inducido por el amplificador
- producido por la misma corriente del detector
- granular
- granular, producido por el fotodiodo de avalancha en la corriente



ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

ELEMENTOS DE CONEXIÓN EN UN SISTEMA CON FIBRA ÓPTICA

Podemos apreciar que dependiendo de la distancia, tipo de fibra y aplicaciones específicas, se utilizará un tipo especial de fuente y detector, así como aditamentos para poder establecer un sistema de comunicación vía fibra óptica. (Ver tabla II.1)

CARACTERISTICAS	DIODO LED		DIODO LASER	
	(λ) LONGITUD DE ONDA	750-900nm	950-1650 nm	750-900nm
ANCHO ESPECTRAL	30-50 nm	70-110 nm	950-1650 nm	0,1-6 nm
ANCHO DE BANDA	10-100 MHz	10-100 MHz	0,5-2 GHz	0,5-2 GHz
POTENCIA DE EMISIÓN	1 MWatt	1 MWatt	5-20 MWatt	5-20 MWatt
RANGO DE OPERACION	800-900 nm	1050-1200nm	800-900 nm	1050-1200nm
TIPO DE FIBRA	Multimodo de índice gradual	Multimodo de índice escalón cubierta de vidrio	Multimodo de índice escalón cubierta de plástico	Monomodo
VELOCIDAD DE TRANSMISION	Baja y media	baja	baja	Alta
DISTANCIA	Corta y Media	Corta	Corta	Larga
FOTODETECTOR	PIN	PIN	PIN	PIN Y APD
APLICACIONES BASICAS	Servicio telefónico urbano, de 34 a 140 Mb Transmisión digital TV	Redes locales. Transmisión de datos	Enlaces punto a punto. Aplicaciones militares	Enlaces Interurbanos de 140 a 560 Mb. Enlaces submarinos

**TABLA II.1 COMPARACION DE CARACTERISTICAS ENTRE UN DIODO LED Y UN DIODO LASER**

## II.6. CABLE CON FIBRAS OPTICAS

Existe una gran variedad de estructuras de cables ópticos, fabricados y distribuidos dentro del vasto mercado mundial, estos tienden a satisfacer diferentes requerimientos dependiendo de sus aplicaciones, buscando hacer eficiente su operación.

Se deben de tomar las siguientes consideraciones del medio ambiente donde se instalará, para elegir el tipo de cable que se debe de usar:

- La temperatura máxima y mínima, donde estará. La temperatura afecta principalmente a la cobertura, lo que puede hacer variar la atenuación en la fibra óptica. Esto no es un factor de gran importancia ya que las fibras en un caso real van a estar instaladas en lugares donde el ser humano puede vivir y el rango de temperatura no es demasiado grande ( $0^{\circ} \leq T \leq 50^{\circ}$ ).
- Tensión y flexión a las que será sometido el cable. Usualmente las fibras son colocadas holgadamente dentro de los tubos permitiendo movilidad, permitiendo la contracción y expansión que pudiera sufrir por la instalación. Se debe aislar a las fibras ópticas de esfuerzos innecesarios a fin de evitar al máximo las deformaciones en ellas, tomando en cuenta el tipo número de ellas. Tomar en cuenta las características mecánicas del tendido (aéreo o plano), alturas, esfuerzos axiales y flexiones, pues estos provocan una disminución en la potencia óptica transmitida.
- Si el medio es húmedo, y el cable está expuesto a la corrosión, óxido o agentes que puedan dañarlo o degradarlo. Cuando una fibra óptica es sometida a tensiones en presencia de un ambiente húmedo, se genera un proceso de envejecimiento que da como resultado la ruptura de la fibra a un cierto plazo (falga estática).

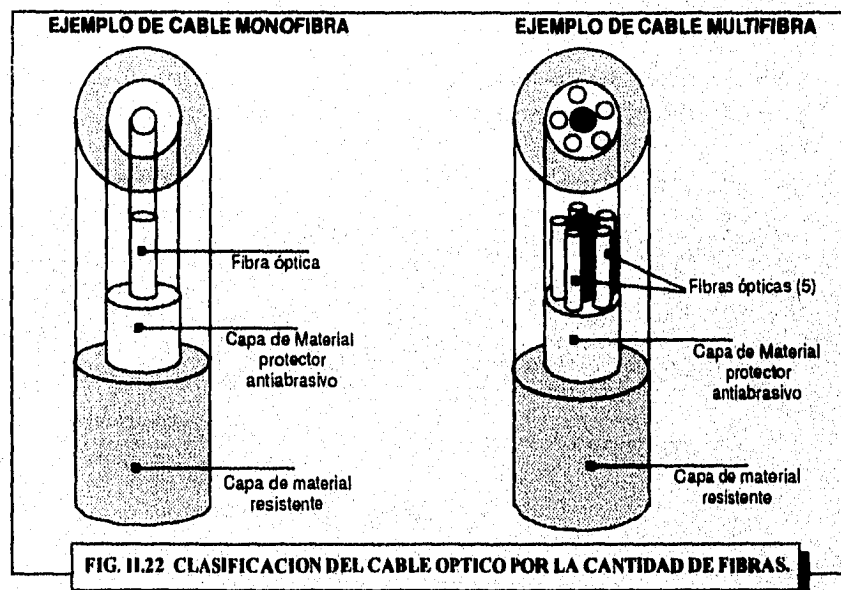
### II.6.1. CLASIFICACION DEL CABLE OPTICO

En el diseño de cables con fibras ópticas se busca aislar a la(s) fibra(s) ópticas de esfuerzos innecesarios, para evitar al máximo las deformaciones en ellas (flexiones), y por consiguiente las posibles pérdidas por manipulación de la misma ya sea tendido aéreo o plano. Actualmente ya existen varias compañías dedicadas a la fabricación, distribución e instalación de sistemas vía fibra óptica, todas ellas ofreciendo satisfacer las necesidades y requerimientos de los usuarios y sus aplicaciones; ofreciendo más velocidad con el mínimo de pérdidas. Con ello tenemos muchas variedades tanto de fibras ópticas, como de los diseños de cables con fibras ópticas.

Una clasificación general puede ser la siguiente:

Por la cantidad de fibras ópticas (Ver fig. II.22):

- Los cables que usen una sola fibra son conocidos como "cables monofibra"
- Los cables que contienen varias fibras se les denomina "cables multifibra".



Por la forma en que afectan el comportamiento de la fibra óptica:

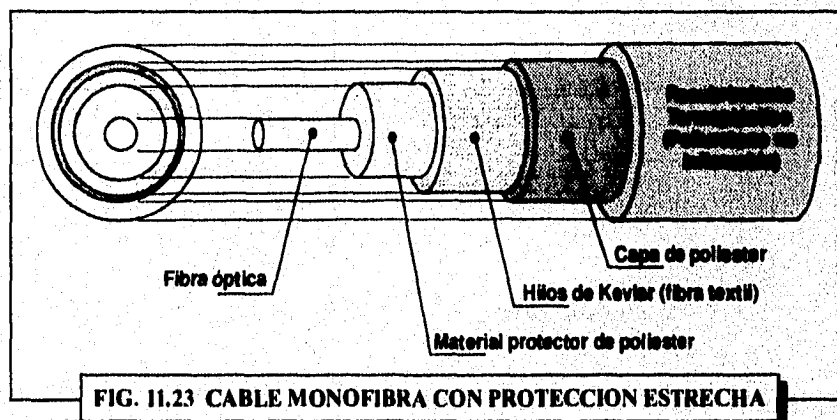
- Estructuras Densas. La fibra óptica está inmersa en material dieléctrico, afectando la calidad de transmisión por su comportamiento térmico y mecánico.
- Estructuras Libres. La fibra óptica está dentro de un soporte alveolar con el fin de evitar problemas ocasionados por curvaturas y microcurvaturas, teniendo un margen de holgura sobre las mismas.

Por la Protección a las fibras:

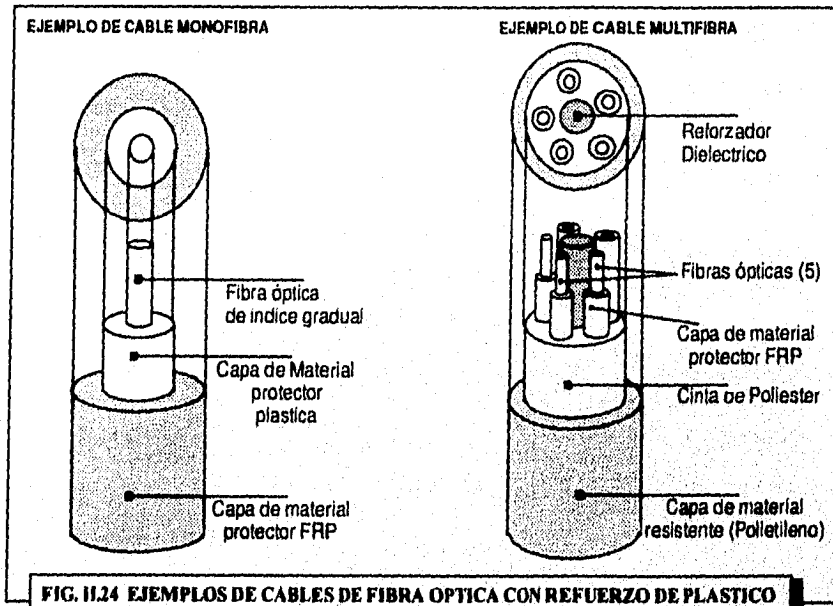
- Cables con protección estrechas. Aquí las fibras están en contacto estrecho con las capas de varios materiales.
- Cables con protección holgada. Las fibras están metidas en estructuras (tubos o cilindros ranurados) con mayor margen de elongación, para disminuir problemas de microcurvaturas.

Algunos ejemplos de cables derivados de esta clasificación pueden ser:

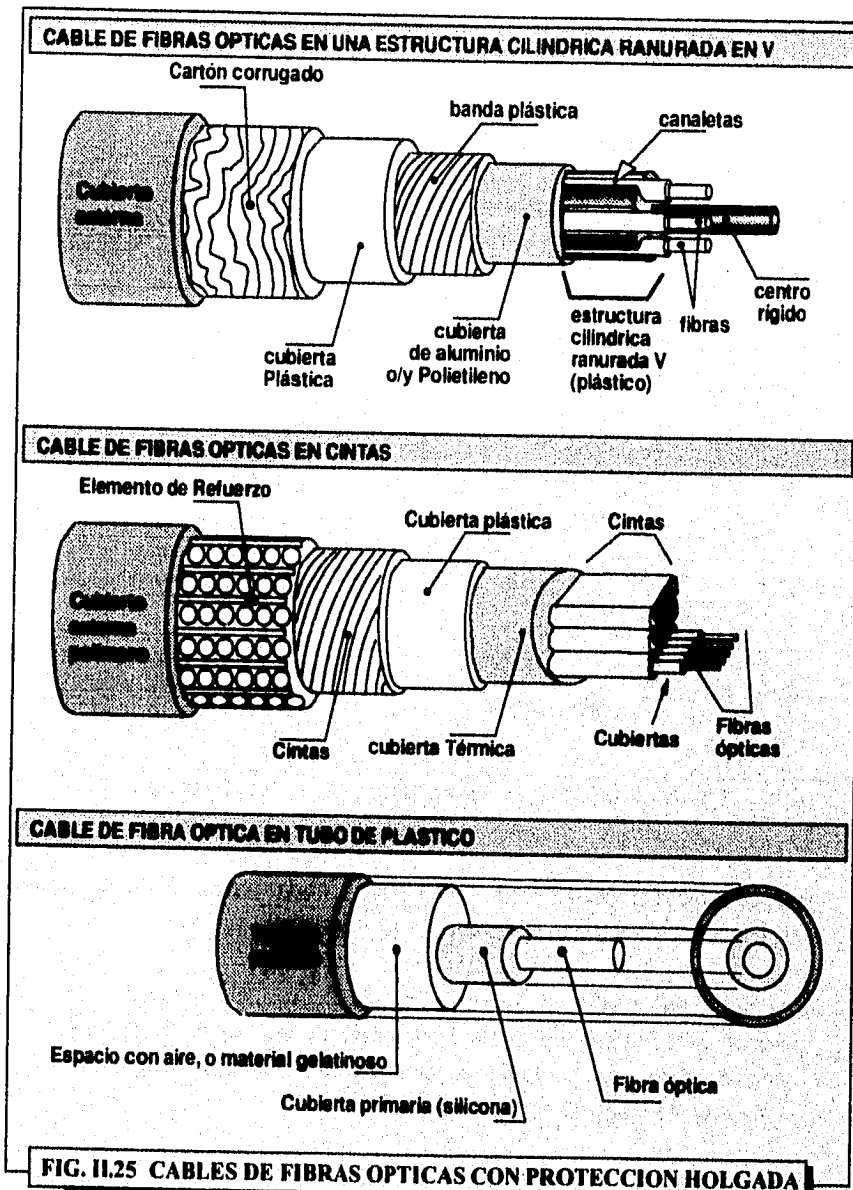
- Cable monofibra con protección estrecha (Ver fig. 11.23). Es un cable dúctil, compacto, capaz de soportar contracciones en las fibras a bajas temperaturas.



- Cables de fibras ópticas con refuerzo de plástico (Ver fig. 11.24). Es un cable dúctil, compacto, ligero, presenta baja atenuación y contiene protección tipo FRP (es una combinación de fibra de vidrio, resina y vidrio).

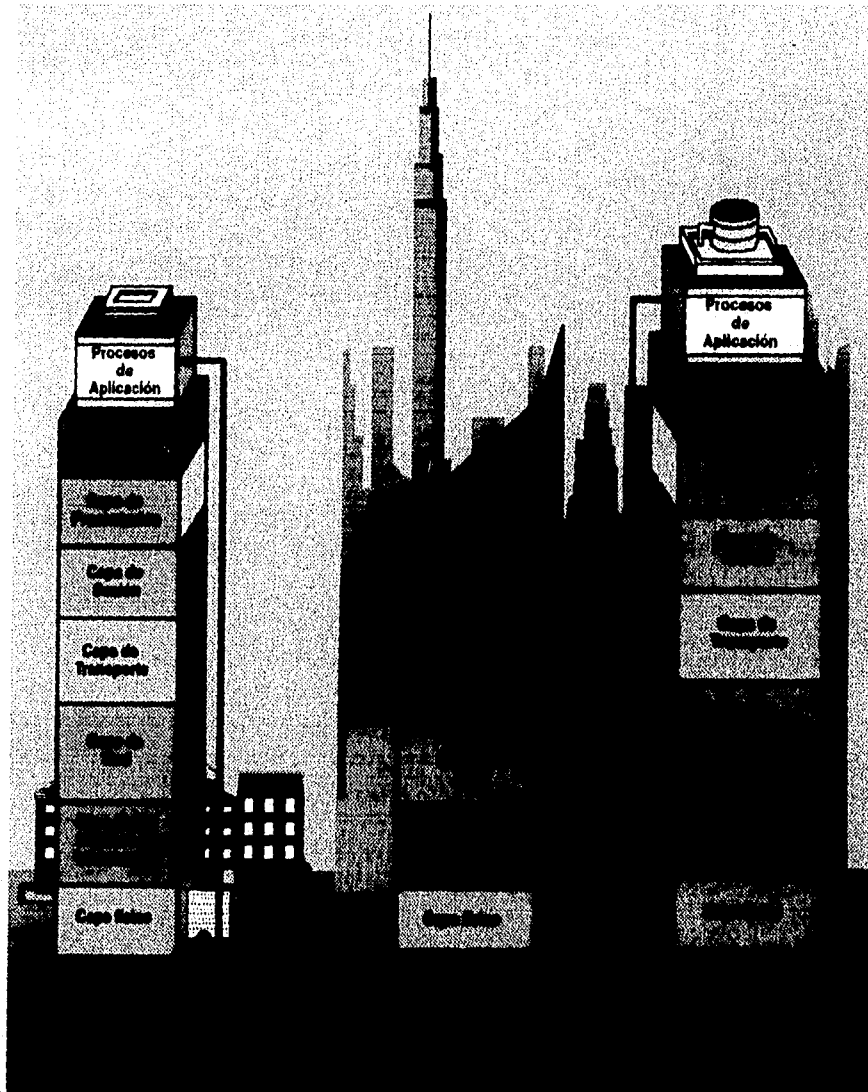


- Cable con protección holgada para fibras ópticas. El cable puede estar en tubos, cintas, estructuras cilíndricas o tipo banda. (Ver fig. 11.25)
- Cables sin partes metálicas. Son cables que soportan esfuerzos de tracción, cambios de temperatura y tienen protección contra la humedad. Tienen un alma de vidrio con alivio central, con relleno entre las fibras y la protección secundaria de un material hidrófugo de baja viscosidad.



### CAPITULO III

### ENLACES DE FIBRA OPTICA EN REDES DE AREA LOCAL (LAN)





## CAPITULO III

### **ENLACES DE FIBRA ÓPTICA EN REDES DE ÁREA LOCAL (LAN)**

Una red de área local (LAN - Local Area Network - siglas en Inglés) es un sistema de transporte de información operando con un numero variado de dispositivos que están localizados en el mismo lugar; usualmente tienen una extensión no mayor de 10 Km., y transmiten información a velocidades de más de 1 MB por segundo.

Estas redes son aplicadas en varios campos, como son: ciencia, industria, negocios, gobierno, agencias públicas y educación entre otros; ya que permite el enlace de oficinas, equipos de producción, laboratorios, etc. permitiendo así crear, almacenar, transmitir y recibir información en forma electrónica.

Sus aplicaciones mas generales son:

- Comunicación personal con correo y mensajes.
- Compartir recursos, como las Impresoras, así como facilitar la comunicación.
- Compartir información, como son archivos y paquetes.
- Comunicación remota con otras redes.

### III.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS LAN

Una LAN se compone de canales de comunicación y varios dispositivos:

- ◆ Servidores o estaciones de Trabajo, las cuales controlan la comunicación entre las máquinas; teniendo servicios integrados que puede compartir con las pc's o dispositivos de los que se componga la red (impresoras, scanners, monitores de la red, etc.).
- ◆ PC's o terminales y nodos donde se pueden ubicar impresoras o dispositivos que pueda soportar la red.

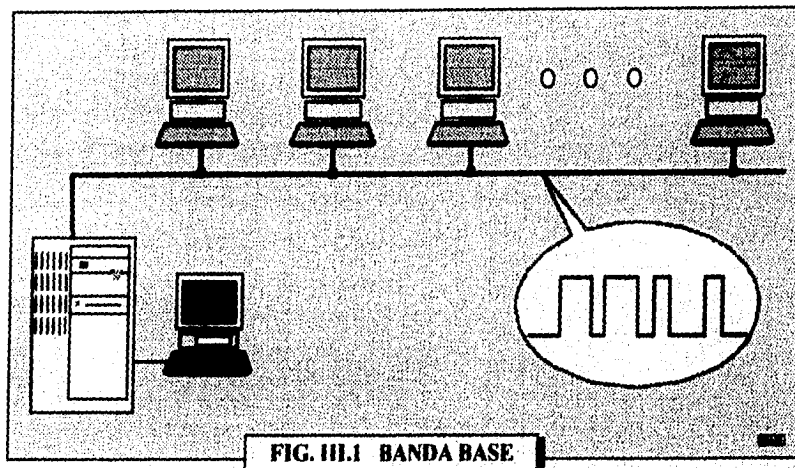
La instalación de una LAN implica establecer varios conceptos, tales como:

- ◆ El tipo de transmisión que utilizará la red para enviar información.
- ◆ La velocidad de transmisión a la que va a trabajar la red.
- ◆ La manera física como se conectará la red (topología).
- ◆ El medio físico que usará la red.
- ◆ El protocolo que se utilizará para la comunicación entre máquinas.
- ◆ Los estándares internacionales que cumplirá la red, para tener una cierta compatibilidad a futuro con otras redes.
- ◆ La posibilidades de incrementar el número de usuarios y servicios.
- ◆ La comunicación remota con otras máquinas.
- ◆ Los servicios que proporcionara, tales como el de impresión, compartir un scanner, ambiente windows y paqueterías compartidas entre los usuarios, manejos de bases de datos concentradas y distribuidas, etc.

### III.1.1. TRANSMISION EN LAS LAN

La transmisión en las LAN puede ser de 2 tipos:

**A) BANDA BASE.** La información se transmite en forma binaria sobre el canal de transmisión. Se debe considerar en estas redes el formato de transmisión en la señal, para que el receptor pueda interpretar el mensaje. Lo usan redes de pequeñas dimensiones, con limitado número de usuarios, por lo que requieren poco mantenimiento. (Ver fig. III.1)



Actualmente existen varios formatos para las LAN banda base, entre los que están: (Ver Fig. III.2)

- No retorno a cero (NRZ-Non Return to Zero).
- Retorno a cero (RZ-Return to Zero).
- Bifásico o Manchester II.
- Manchester diferencial.
- Etc.

TIPO DE CODIFICACION	INFORMACION A ENVIAR	TIPO DE CAMBIO	RELOJ	
			1a	2a
A) NRZ.	1	Tanto en la 1a. como la 2a. parte del reloj se mantienen en nivel alto.		
	0	Tanto en la 1a. como la 2a. parte del reloj se mantienen en nivel bajo.		
B) RZ.	1	La 1a. parte del reloj se mantiene en nivel alto y la 2a. parte en nivel bajo.		
	0	La 1a. y 2a. parte del reloj se mantienen en nivel bajo		
C) BIFASICO O MANCHESTER II.	1	La 1a. parte del reloj se mantiene en nivel bajo y la 2a. parte en nivel alto.		
	0	La 1a. parte del reloj se mantiene en nivel alto y la 2a. parte en nivel bajo.		
D) MANCHESTER DIFERENCIAL.	1	Cambio en la 2da. parte del reloj, con respecto a la señal anterior.		
	0	Cambio en la 1a. y 2a. parte del reloj, con respecto a la señal anterior.		

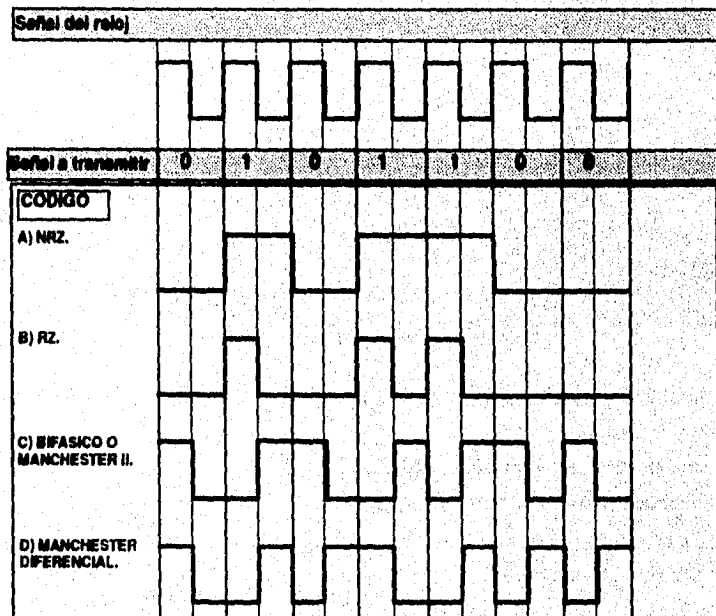
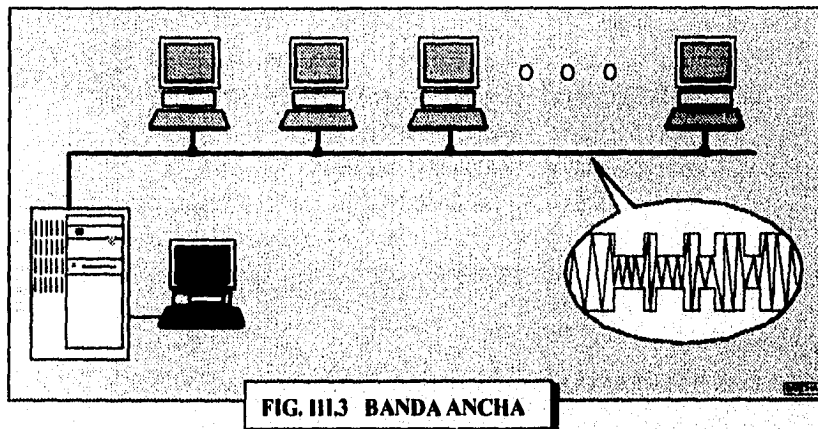


FIG. III.2 EJEMPLOS DE CODIFICACION PARA LAS LAN.

B) **BANDA ANCHA.** Esta transmisión utiliza señales senoidales para transmitir información digital, aquí el ancho de banda del cable se divide en canales independientes o sectores, así los datos modulan a una señal portadora de radio frecuencia. Como las portadoras son de diferentes frecuencias se pueden transmitir varios canales de información sobre un mismo canal de transmisión. Este tipo de transmisión es la mejor para sistemas grandes. (Ver fig. III.3).



Para la transmisión en banda ancha, se usan las técnicas de multicanalización por división de frecuencia, donde se separan canales que pueden ser utilizados para transmitir señales independientes de información; la modulación puede ser ASK, PSK o FSK.

Las señales con modulación digital pueden compartir el canal de comunicación con señales analógicas. Esto permite la transmisión de voz, datos y video, lo que provee que varios usuarios puedan compartir el sistema.

### III.1.2. VELOCIDAD DE TRANSMISION

Existen 2 tipos de velocidades que hay que considerar en las redes:

- La velocidad de transmisión de información, es aquella en la que se considera sólo la información que se va a transmitir, su medida es en bits/seg.
- La velocidad de transmisión, es aquella en la que se considera tanto los bits de información como los bits de control que se le han agregado, para posteriormente transmitirlo, esta se mide en pulsos/segundo o Bauds.

La capacidad del canal es la cantidad de bits que tolera en un segundo el medio de transmisión.

La velocidad de transmisión de una red se puede dividir en tres rangos:

Velocidad baja: Hasta 600 Bauds.

Velocidad media: De 600 a 4800 Bauds.

Velocidad alta: De 4800 a 9600 Bauds. Para sistemas grandes, más de 10 MBauds con tráfico alto, siendo mas sensibles a las interferencias y errores de ruteo en el sistema.

### III.1.3. TOPOLOGIA O ARQUITECTURA DE RED.

La topología o arquitectura se refiere a forma físicas como se conectarán los dispositivos de la red, definiendo cuantos nodos se conectan y de que manera, marcando el patrón que tendrá el cableado de la Red.

Existen cinco topologías muy conocidas que son:

- Horizontal o troncal (Bus)
- Arbol (Tree)
- Anillo (Ring)
- Anillo-Estrella (Star - Wire Ring.)
- Estrella (Star)
- Malla (Mesh)

Veamos las principales características de ellas:

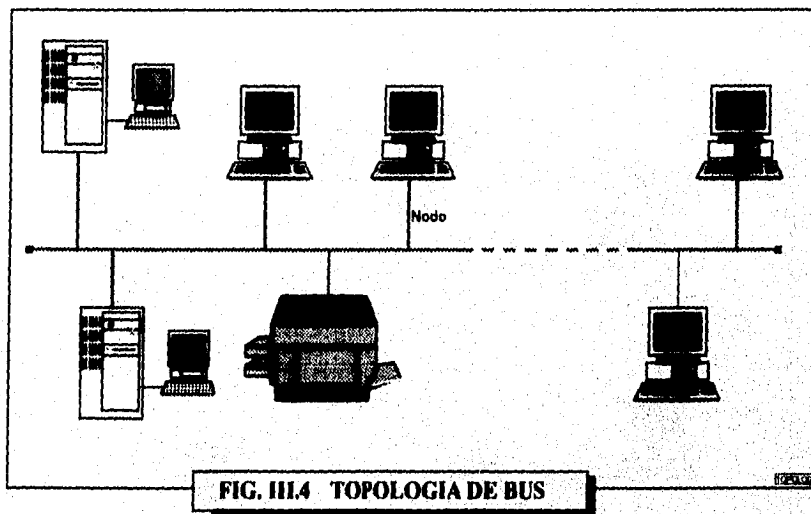
### A) TOPOLOGIA DE BUS

Esta topología es muy sencilla, pues todos los dispositivos son conectados a un cable troncal común. (Ver fig. III.4)

En esta topología la información que envía un dispositivo la reciben los demás al mismo tiempo, siendo ignorada por todos menos por aquél al cual fué dirigida.

Debido a que existe un solo canal donde viaja la información, si este llegara a fallar, toda la red dejaría de funcionar. A esta topología se le conoce también como horizontal.

**Expansión:** Conectando más dispositivos directamente al cable troncal.



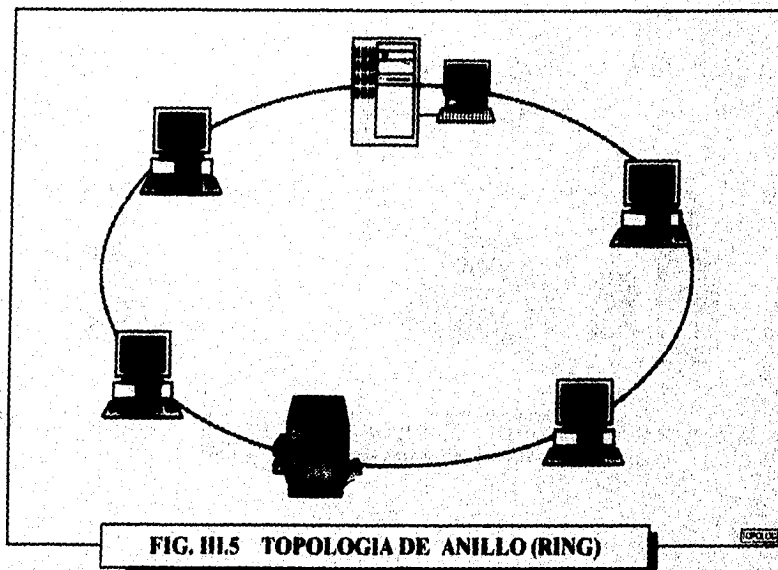
**B) TOPOLOGIA DE ANILLO (RING)**

Consiste de formar un lazo continuo con los dispositivos de los que se componga la red, por lo que el cableado vuelve al nodo inicial (dispositivo conectado a la red). (Ver fig. III.5)

El flujo de información es en forma circular a través de un mismo canal, la transmisión de terminal a terminal es usualmente en una sola dirección, por lo que cada dispositivo recibe y retransmite al siguiente dispositivo.

Son raros los embotellamientos, pero si falla en un nodo, la red se cae, por lo que se han ideado canales de seguridad o conmutadores que brincan el nodo dañado.

**Expansión:** Abriendo el anillo e insertar el nuevo dispositivo.





**C) TOPOLOGIA DE ESTRELLA (STAR)**

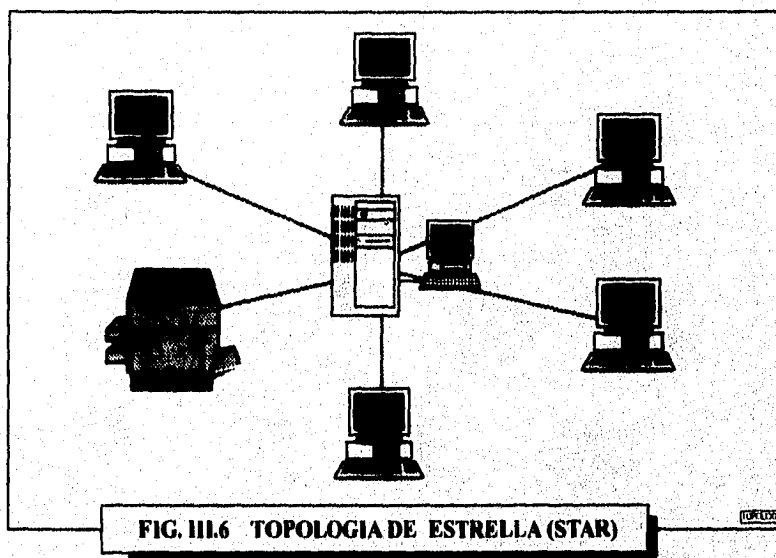
Tiene un nodo en donde está el controlador central, el cual verifica el tráfico a cada dispositivo conectado a este. En esta Topología todos los dispositivos se conectan a un nodo de control central, el cual coordinará el sistema canalizando la información al dispositivo destinado. (Ver fig. III.6)

Esto hace sencilla la red, pero su capacidad de procesar en forma distribuida está limitada y puede sufrir de saturación de información (sobrecarga).

Aquí, si un dispositivo falla, se desconecta y la red puede seguir funcionando, pero si el controlador central se daña, la red deja de funcionar.

Soporta Multicanalización, con conexión terminal a terminal.

**Expansión:** Conectando más dispositivos al nodo central.



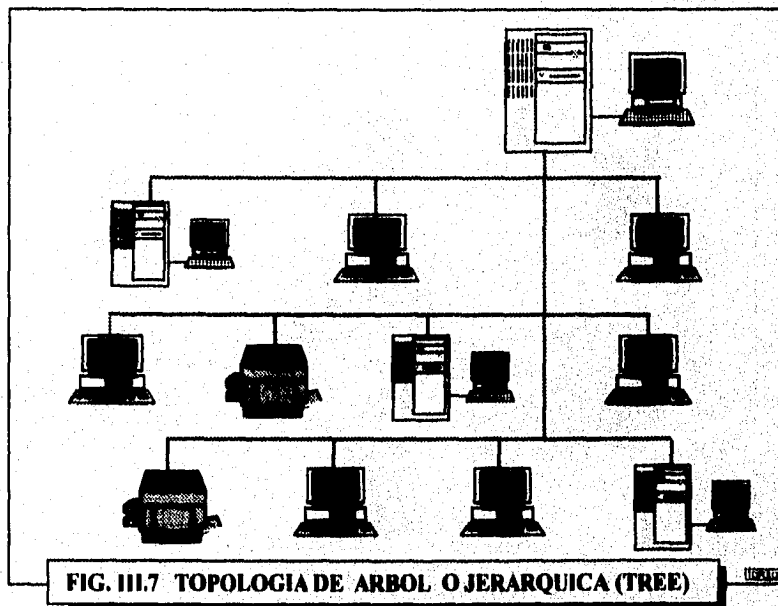
**D) TOPOLOGIA DE ARBOL O JERARQUICA (TREE)**

Es una combinación de las tres topología anteriores, aquí existen jerarquías, pues la información llega a un dispositivo que controla y reenruta a otras terminales así hasta llegar a la que se dirigió. (Ver fig. III.7)

Tiene un punto de concentración de control, y resolución de errores, y sus componentes están acomodados en orden jerárquico, por lo que los más altos ejercen un cierto control sobre los mas bajos.

Esta topología es accesible en cuanto a agregar más miembros en forma sencilla.

**Expansión:** Conectando en forma de cascada los dispositivos extras.



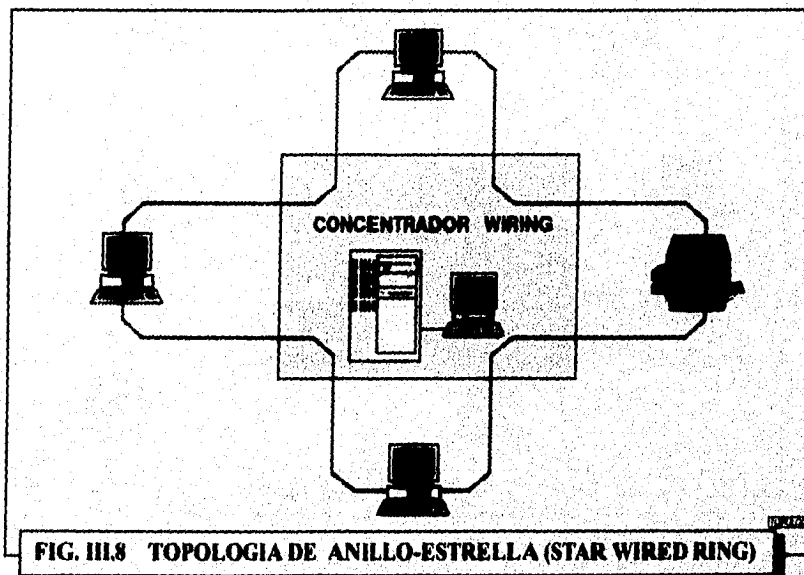
**E) TOPOLOGIA DE ANILLO-ESTRELLA (STAR WIRED RING)**

Es la combinación de la topología anillo y estrella, los dispositivos se conectan al concentrador (wiring), con la posibilidad de comunicarse a otros dispositivos por el cable continuo (anillo). Combina el cableado físico de la topología estrella y el envío lógico de información de la topología anillo. (Ver fig. III.8)

Esta topología provee de una comunicación unidireccional con alta rentabilidad. Los nodos pueden recibir las señales de comunicación y aceptan información cuando la reconocen, además cada nodo regenera la señal de control.

Se pueden detectar fácilmente los errores, es fácil de instalar, mantener y reconfigurar. Sus desventajas son que usa mucho cable, y es más complejo para planear que las topologías bus o anillo.

**Expansión:** Conectando un dispositivo al concentrador en forma de estrella y direccionandola con los otros dispositivos en forma de anillo.



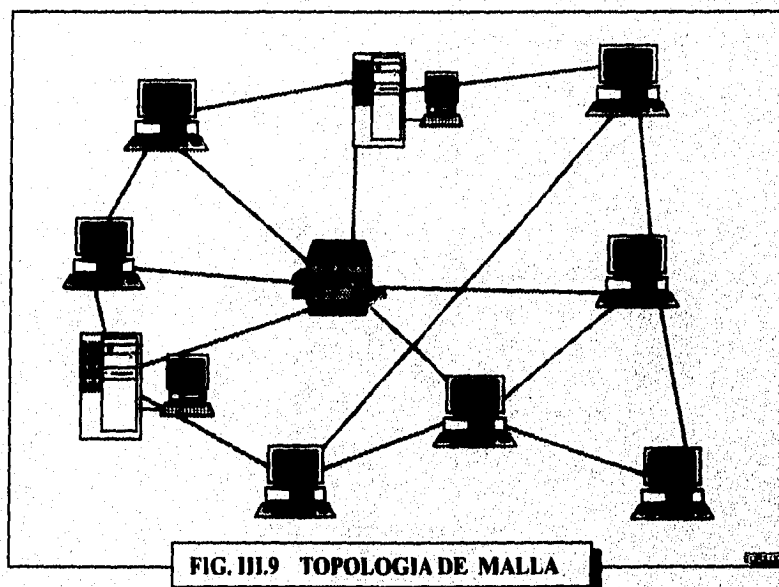
### F) TOPOLOGIA DE MALLA

Aquí todas las máquinas son conectadas unas con otras, así una computadora puede tener múltiples opciones de ruteo o comunicación. En esta topología la información tiene varias rutas físicas por donde puede enviar información.

Esta topología es accesible, su desventaja es que usa mucho cableado.

Si un cable falla, el dispositivo tendría otras opciones de ruteo, si el dispositivo se daña, sólo este queda aislado.

**Expansión:** Conectando los dispositivos extras a dos o más miembros de la red.



### III.1.4. MEDIOS DE COMUNICACION

Son los componentes físicos que acarrean la señal de información de dispositivo a dispositivo; es la representación física (aspecto visible) de la LAN.

Como se vio en el Capítulo 1, existen varios tipos, que usan diferentes formas de transmitir y recibir información, en este caso, para las LAN la elección apropiada, dependerá de cada red. La selección del medio a usar en una LAN se sustenta en razón del costo, tanto del medio como de sus componentes extras, la capacidad de transmitir información (bits por segundo), su conectividad o sea la posibilidad de adicionar nodos o interconectarse con otra red, la extensibilidad así como su topología. Usualmente se usan 3 tipos de cables. Ver **Tabla III.1**

Medio	Topología de Red
Par trenzado (Multipar)	Ring, Star, Bus (siendo el Token ring la más frecuente).  NOTA: Apropriados para manejo de información banda base y velocidades de transmisión bajas y medias no mayor a 4 Mb/s.
Cable Coaxial	Ring, y Bus Soporta hasta 50 Km. Velocidades usuales de 10 megabits/seg. Multicanal  NOTA: Apropriados para manejo de información en banda ancha y velocidades de transmisión media y alta
Fibra óptica	Ring y Star Soporta hasta 10 Km. Velocidades mínimas de 50 megabits/seg.  NOTA: Manejo de información tanto en banda ancha como en banda base a altas velocidades de transmisión.

**TABLA III.1 CARACTERISTICAS COMPLEMENTARIAS DE LOS CABLES**

### III.1.5. PROTOCOLOS

Conjunto de reglas y procedimientos, para administrar, asignar y controlar, recursos, métodos para evitar y/o solucionar problemas en ciertas situaciones, en cualquier elemento de conexión. Según el protocolo y su configuración, sus componentes pueden variar, pero usualmente la mayoría tienen:

- **Formato del mensaje:**  
Se refiere a todos los caracteres de control y dato, los cuales son encuadrados en secuencias diferentes.
- **Detección y corrección de errores:**  
Sirve para la monitorear si existen o se presentan errores en la recepción, para su posible corrección.
- **Establecer llamada:**  
Es para establecer la comunicación con el interlocutor predestinado.
- **Terminación y desconexión de enlace:**  
Son las reglas para finalizar la sección de transmisión en forma ordenada y controlada.
- **Transferencia de datos:**  
Según sea el modo de operación del canal o medio de comunicación que use la red, la transferencia puede ser <sup>3</sup>
  - A) simplex.
  - B) Half duplex (HDX).
  - C) Full duplex (FDX).
  - D) Un combinado de estos.además de ser comunicación punto a punto o multipunto.
- **Tiempo de espera (Time-Out):**  
Es un límite de tiempo en el cual el emisor esperará a que le conteste el receptor, después de éste, se desconecta.

---

<sup>3</sup> Ver capítulo I

## PROTOSCOLOS DE ACCESO

Los protocolos de acceso definen cuantos nodos en la red tienen permiso para enviar información, así como el orden en el que pueden acceder al medio de transmisión.

Existen dos factores, que afectan en forma directa al diseño y naturaleza del protocolo de acceso: el control de estrategia y los métodos de acceso

∇ **Control de estrategia.** Es como se va a realizar la conexión en los nodos y pueden ser : Centralizado o distribuido.

- **Control de estrategia centralizado** Aquí un nodo puede determinar cual conexión puede ser hecha.
- **Control de estrategia distribuido.** Aquí cada nodo puede iniciar una transmisión basado en niveles (jerarquías) o reglas establecidas.

∇ **Método de acceso.** El método de acceso a la red es la forma en que una terminal o nodo puede hacer uso de la red; si él puede recibir o pregunta si puede enviar información.

- En una **red de acceso controlado**, un algoritmo predeterminado apremia el acceso basándose de varios factores, como la prioridad del mensaje y el tipo de dispositivo que requiere el acceso.
- En una **red de acceso de demanda**, cada nodo gana el acceso dependiendo de la demanda en la red, este dependerá de si el control es centralizado o distribuido.

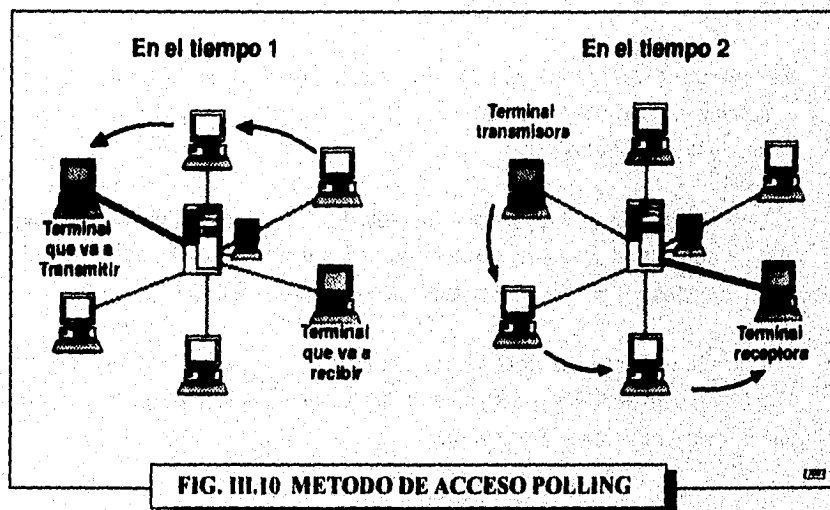
## MÉTODOS DE ACCESO

Los métodos de acceso al medio usan principalmente el sondeo y la contención de las señales. Se utilizan principalmente estos tipos:

- A) Polling.
- B) Token-Passing o Token bus
- C) Token ring.
- D) CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection).
- E) CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance).

### A) POLLING.

Este control de acceso, requiere de un controlador en la red el cual llama a cada terminal, por lo que si una terminal desea enviar información, sólo podrá enviarla si el control central la llama. (Ver fig. III.10)





### **B) TOKEN-PASSING O TOKEN BUS**

En este método de acceso, una señal (Token) es enviada por toda la red, viajando de terminal a terminal, siendo esta la que transporta la información.

Si una terminal desea enviar información, intercepta al token libre (sin mensaje), y le agrega la información y dirección de terminal a donde deberá ser entregado convirtiéndose en un token ocupado, que viajará hasta la terminal de destino, entrega y regresa al terminal de envío informando que se recibió, quedando libre para recorrer la red otra vez. (Ver fig. III.11)

Notemos que mientras esté ocupado, no recoge más información y que debe de dar la vuelta completa, o sea llevar, entregar y avisar que lo hizo, para así estar libre de nuevo.

Esta técnica es apropiada para redes de alto volumen de tráfico, con sistemas de procesamiento distribuido.

Como usa el canal en forma punto a punto, ofrece una posible migración hacia fibras ópticas.

Observemos también que el anillo lógico no está necesariamente relacionado con el anillo físico, esto ofrece flexibilidad, pero el tiempo que se invierte en inicializar y mantener la red es muy alto.

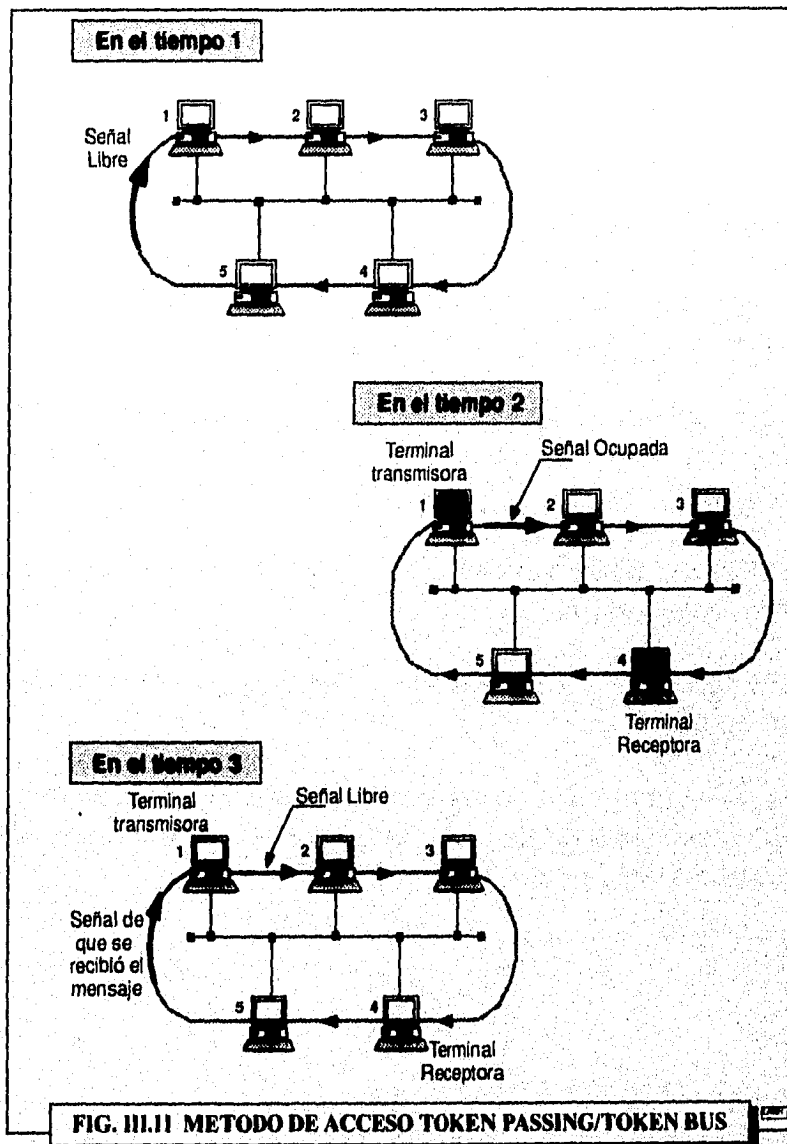
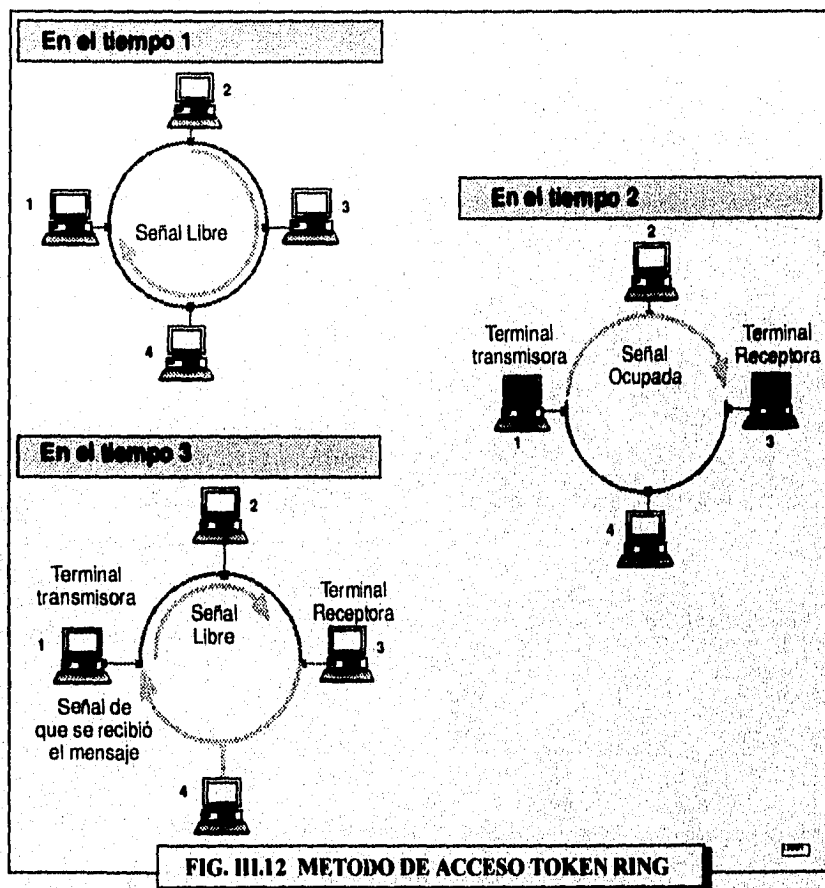


FIG. III.11 METODO DE ACCESO TOKEN PASSING/TOKEN BUS

**C) TOKEN RING.**

En este método de acceso es una variante del token passing.

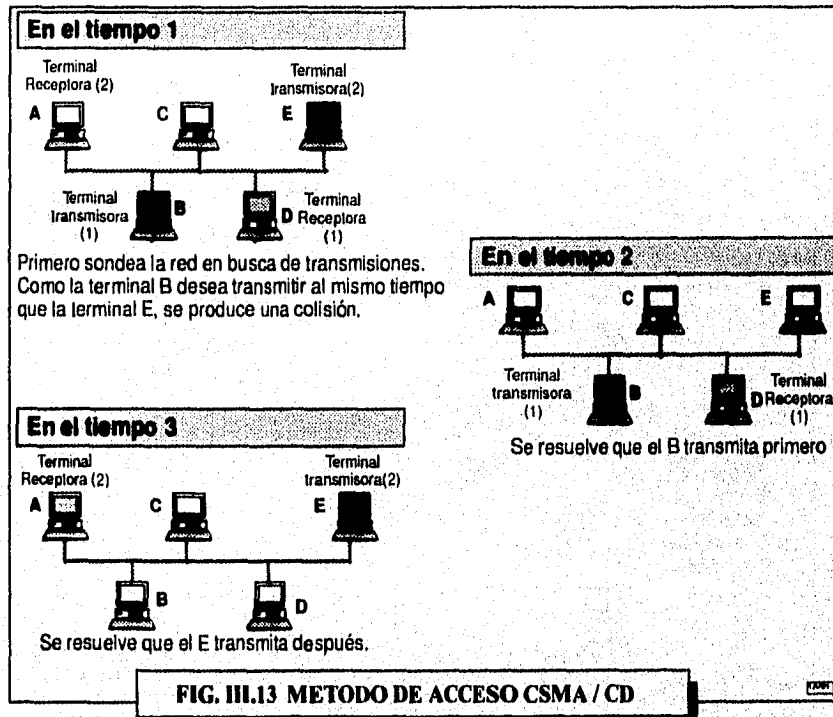
Se usa la misma manera de envío, el token va a través del anillo lógico hasta que alguno de los dispositivos lo necesita, y lo utiliza, lleva la información hasta el receptor y luego regresa al emisor le informa que ya terminó y entonces queda libre otra vez, la diferencia con el token passing es que la topología es anillo, o sea que el anillo lógico coincide con el anillo físico. (Ver fig. III.12)



**D) CSMA/CD (CARRIER SENSE MULTIPLE ACCESS WITH COLLISION DETECTION).**

Este método es más apropiado para topología Bus, y permite que todas las terminales transmitan sus mensajes en forma aleatoria, primero, sondea la red en busca de transmisiones (carrier sense), si hubiera dos o más terminales que quisieran transmitir al mismo tiempo, se crea una disputa o colisión por el uso de la red (Collision detection), habiendo varias formas de resolverla, aquí la terminal que envía un mensaje verifica que el canal este libre antes de enviar, si dos terminales intentan enviar al mismo tiempo se genera una colisión de datos, anulando los mensajes, y las terminales deberán de esperar un tiempo aleatorio para retransmitir el mensaje original. (Ver fig. III.13)

Esta técnica de acceso, retrasa la transmisión mínimamente, y es apropiada para redes con tráfico moderado.



**E) CSMA/CA (CARRIER SENSE MULTIPLE ACCESS WITH COLLISION AVOIDANCE).**

En este método se trata de evitar las colisiones entre los mensajes.

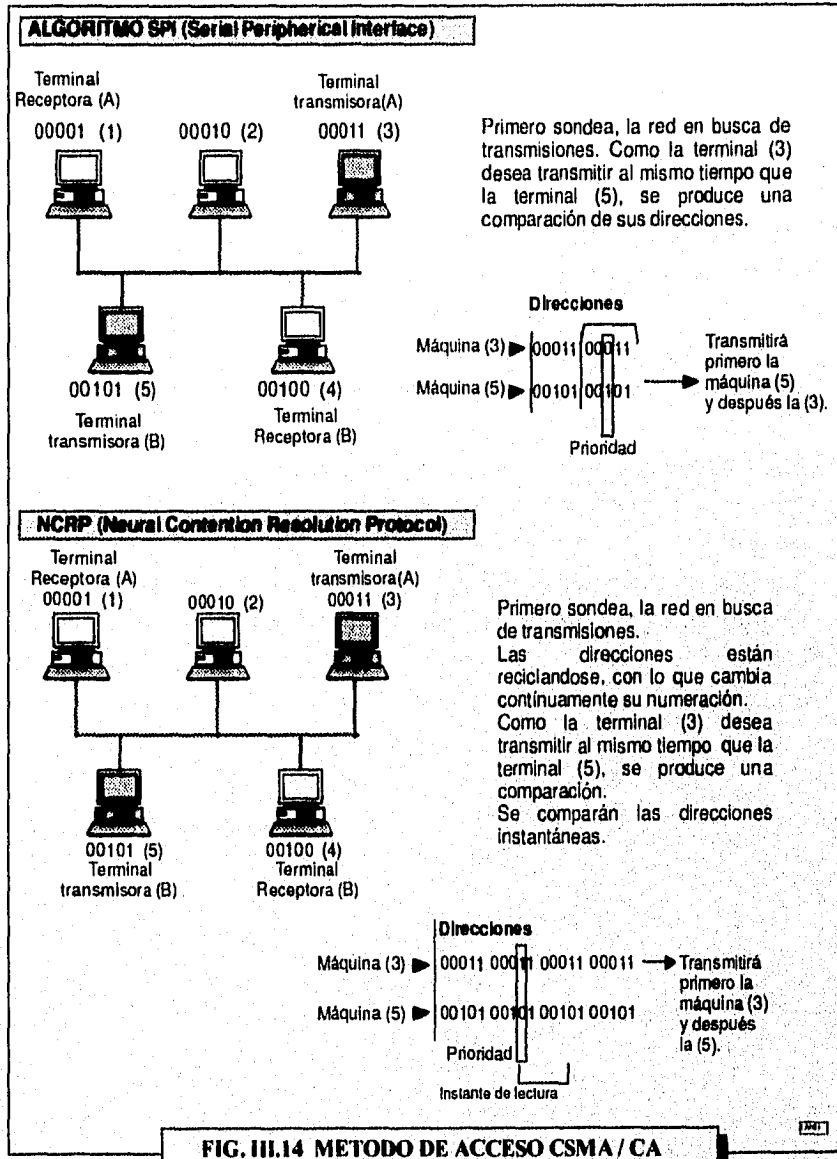
Existen varios algoritmos, entre los que sobresalen los siguientes (Ver fig. III.14):

**SPI (Serial Peripheral Interface)**

Usando las direcciones en forma binaria que tiene cada máquina, se establece una relación de transmisión entre ellas, dándole un orden de prioridades en función de la comparación de sus direcciones; si dos estaciones quieren transmitir al mismo tiempo, lo hará aquella que tenga prioridad binaria.

**NCRP (Neural Contention Resolution Protocol)**

Es semejante al SPI, pero las direcciones se vuelven cíclicas simulando una dirección infinita de bits, con esto no existe un orden numérico, sino que como van variando la numeración, al compararse las direcciones de las máquinas en forma instantánea, no existen máquinas con prioridades fijas.



**FIG. III.14 METODO DE ACCESO CSMA/CA**

### **III.2. PRINCIPALES ORGANIZACIONES Y ESTANDARES DE LAS REDES LAN**

Debido a que hay una gran cantidad de fabricantes de equipo y productos en el mercado, muchos productos no son compatibles entre sí, lo ideal sería tener varias opciones para tener una red transparente, sin afectar el funcionamiento de la red por los equipos enlazados.

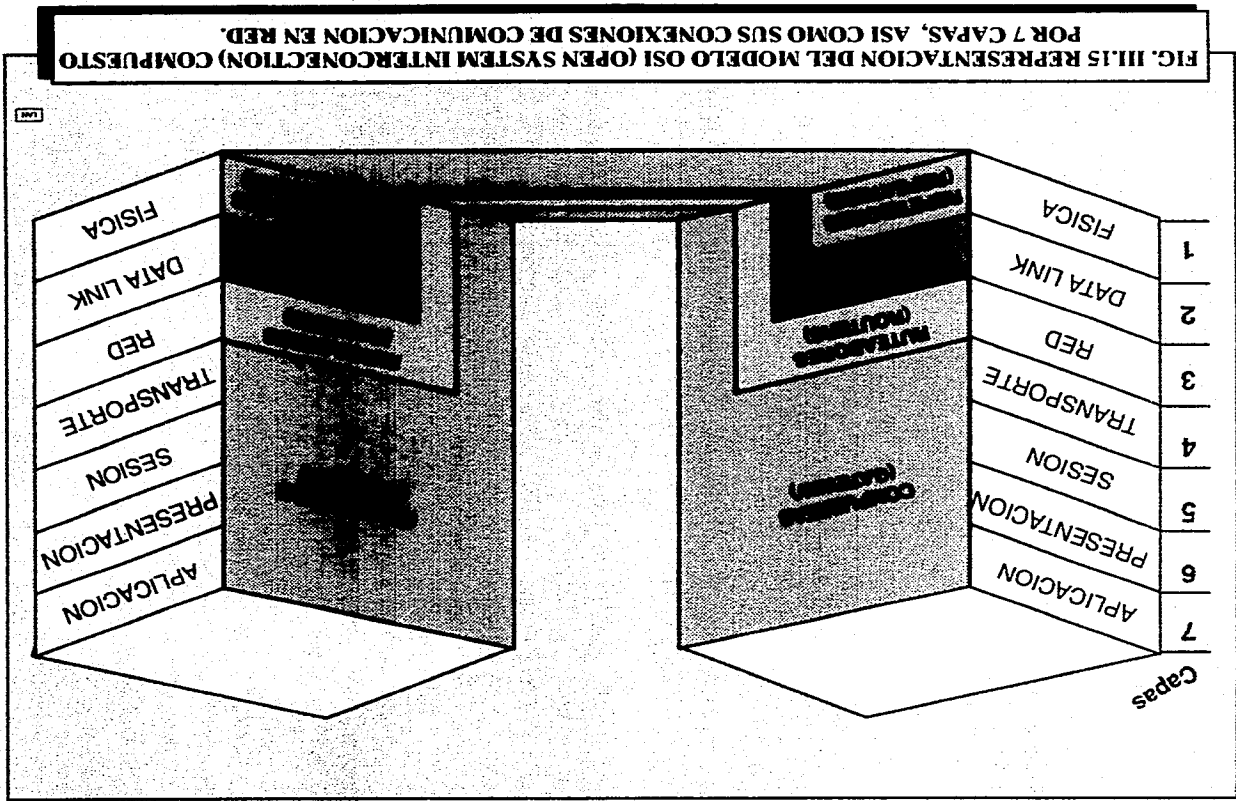
La normalización en este punto es crítica para establecer y desarrollar esta compatibilidad, debido a que existe varias organizaciones que están trabajando en estandarizar las comunicaciones entre las máquinas. De las que sobresalen:

#### **III.2.1. MODELO OSI. ESPECIFICACIONES DE LA INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION (ISO)**

Una de ellas es la organización Internacional de Estandarización (ISO - International Standards Organization), que está integrada por organismos normalizadores de todos los países miembros, comités de usuarios y fabricantes, quienes desarrollaron unas recomendaciones que se conocen como Sistema Abierto de Interconexión, denominado modelo OSI (OSI, 1978).

El modelo OSI se realizó como un marco de referencia para describir la arquitectura y normas de comunicación, siendo adoptado por todos los organismos de normalización.

Este modelo consiste de 7 niveles o capas que definen las relaciones e interacciones entre los servicios de la red local y sus funciones a través de interfaces comunes y protocolos, con lo que se definen redes estratificadas y protocolos de nivel. (Ver fig. III.15)





Cada capa de este modelo tiene una descripción de las funciones, relaciones e interacciones con lo que la normalización se hace por niveles de comunicación (física y protocolos), resumidas a continuación:

#### **NIVEL 1. CAPA FÍSICA**

**ESTABLECIMIENTO, MANTENIMIENTO Y LIBERACIÓN DE CONEXIONES FÍSICAS ENTRE EL USUARIO-USUARIO Ó USUARIO-RED (CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS, ELÉCTRICAS, DE CONTROL Y FUNCIONAL.)**

- Especifica el medio de comunicación a usar, cables, conectores y componentes de interfase al medio.
- Provee conectividad física (característica eléctrica) así como la manipulación de voltajes y pulsos eléctricos

#### **NIVEL 2. CAPA DE ENLACE DE DATOS (DATALINK)**

**ESTABLECIMIENTO, IDENTIFICACIÓN, DIRECCIONAMIENTO, ENLACE, MANTENIMIENTO Y RECTIFICACIÓN DE ERRORES DE CONEXIONES LÓGICAS.**

- Proporciona un control de acceso lógico y métodos de acceso para la LAN.
- Estructuración de los paquetes de información. Adiciona las banderas para señalizar el inicio y fin de los mensajes, así mismo, distingue entre la información y las banderas (ofreciendo transparencia)
- Adiciona algoritmos de chequeo de errores.
- Transferencia confiable de información entre dispositivos con conexiones físicas a través de un enlace sencillo.

### **NIVEL 3. CAPA DE RED**

**CONTROL , RUTEO, DIRECCIONAMIENTO, ENLACE, ENVÍO DE INFORMACIÓN CON FORMATO (PAQUETE), MANTENIMIENTO, RECTIFICACIÓN DE ERRORES, SEGMENTACIÓN Y BLOQUEO ENTRE DOS NODOS DE LA RED.**

- **Direccionamiento de la información y trayectorias, reconoce prioridades en los mensajes y envía mensajes en el orden apropiado.**
- **Fragmentación /reensamble, separa los mensajes de transporte en paquetes y los reensambla al final. Direcciona el equipo de red en rutas paquetadas, elige rutas para los paquetes para transportarlos (establece el circuito virtual).**
- **Manejo del trabajo entre redes (ambas orientación de la conexión y conexiones menores)**
- **Controla la congestión en la red**

### **NIVEL 4. CAPA DE TRANSPORTE**

**CONTROL , RUTEO, DIRECCIONAMIENTO, ENLACE, ENVÍO DE INFORMACIÓN, MANTENIMIENTO, RECTIFICACIÓN DE ERRORES, SEGMENTACIÓN Y BLOQUEO ENTRE LOS NODOS DE LA RED.**

- **De terminador a terminador hay independencia de la subred, estableciendo conexiones y transacciones confiables y secuenciales de transporte.**
- **Servicios de circuito virtual así como el monitoreo de calidad de los servicios.**
- **Desensambla y reensambla secciones de mensaje**
- **Manipulación y control del flujo. Control y mantenimiento de las trayectorias.**
- **proporciona de terminador a terminador detección de errores y recobro.**
- **Multiplexa las direcciones de usuario final dentro de la red.**

#### **NIVEL 5. CAPA DE SESIÓN**

##### **SERVICIO DE ADMINISTRACIÓN Y DIÁLOGO DE LA SESIÓN.**

- Elección de trayectorias y soporte del diálogo entre máquinas.
- Mantenimiento y control del diálogo (quien habla, cuando, cuanto tiempo, half o full duplex ). Localización de la fuente nombrada.
- Invoca cierres agraciados y abruptos.
- Sincroniza las tareas del usuario final.
- Transfiere información.
- Establece conexiones y terminaciones.
- Mapea direcciones para nombres (usuarios retienen el mismo nombre cuando se mueven)

#### **NIVEL 6. CAPA DE PRESENTACIÓN**

##### **SERVICIOS DE CONVERSIÓN Y DESCIFRADO PARA LA CAPA 7 DE APLICACIÓN**

- Presentación de la información, formatos y modelos gráficos.
- Servicios auxiliares, (conversión de código, compresión)
- Manipular el traspaso de los servicios de la sesión a la capa de aplicación.
- Establece la transferencia concreta de sintaxis (codificación bit) para tipos de información.
- Terminal virtual.
- Archivo virtual.
- Transferencia y manipulación de trabajos

### **NIVEL 7. CAPA DE APLICACIÓN**

**PROCESOS DE COOPERACIÓN INTERCOMUNICADOS POR EL PROTOCOLO DE ESTA CAPA, TODAS LAS OTRAS CAPAS O NIVELES DAN SOPORTE A ÉSTA.**

- Programas de aplicación comunes y específicos a emplear.
- Aplicaciones de la Red.
- **A) ELEMENTOS COMUNES DE APLICACIÓN EN SERVICIO (CASE)**
  - \* Log-in
  - \* Chequeo del Password
  - \* Organizar por asociado o usuario.
  - \* Ponerse de acuerdo en la semántica de Información para ser Intercambiada, comisionada, concurrida y recobrada.
- **B) ELEMENTOS ESPECÍFICOS DE APLICACIÓN Y SERVICIO (SASE)**
  - \* Transferencia, accesos y administración de archivos.
  - \* Clase básica y formas de clases de terminales virtuales.
  - \* Transferencia de documentos (o trabajo) y manipulación del mensaje.
  - \* Acceso y transferencia a bases de datos.
  - \* Videotex, teletex, y telefax.
  - \* Servicio de directorio.
  - \* Administración del sistema.
  - \* Protocolos a nivel industrial: bancos, chequeo de crédito, compras, facturas, etc.

### III.2.2. ESPECIFICACIONES DEL INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERS (IEEE)

Otro organismo sobresaliente es el Instituto de Ingenieros en Electricidad y Electrónica. El IEEE define estándares para velocidades de la información de aproximadamente 40 Mbits/s, y menos, normalizando los niveles 1 y 2 del modelo OSI, en la norma IEEE 802. (Ver fig. III.16)

La especificación 802 se compone de varias normas interrelacionadas que describen los esquemas de las LAN:

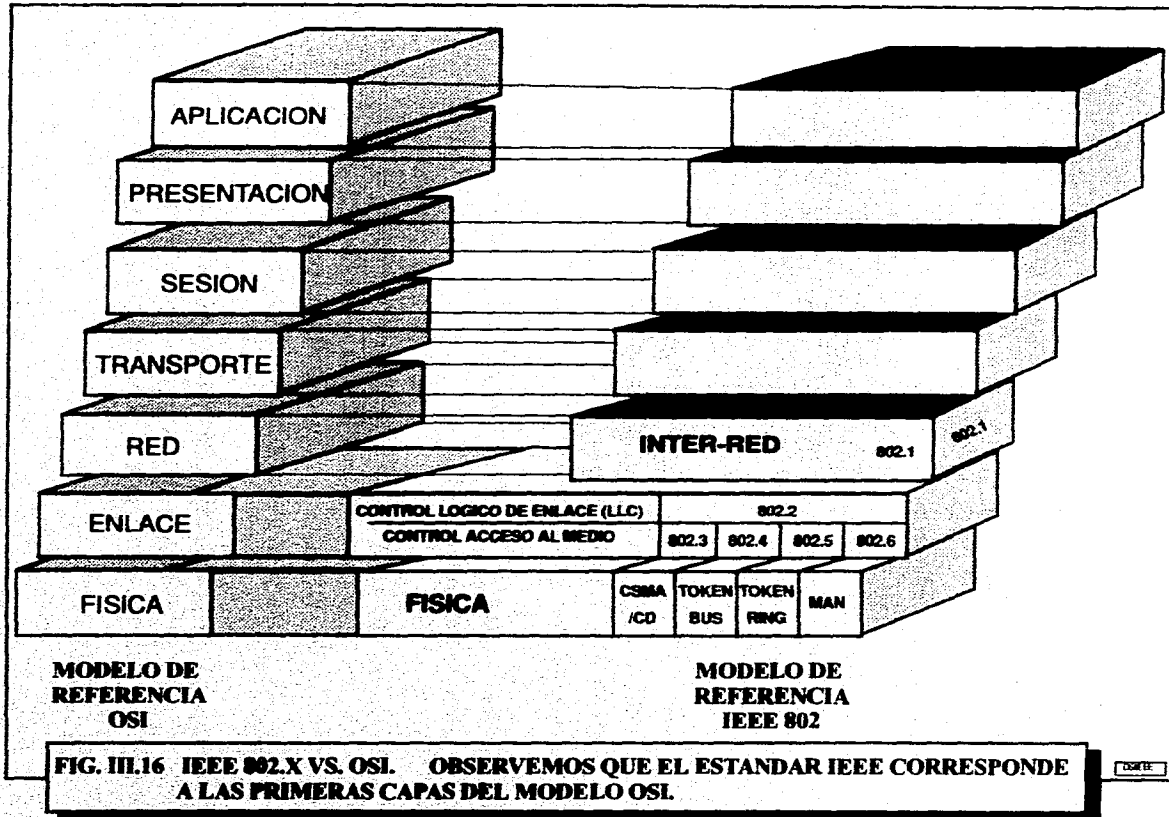
- La 802.1 son especificaciones para relacionar los estándares 802.X con supervisión del trabajo entre redes y administración del sistema del modelo OSI con niveles altos.
- La 802.2 son especificaciones para el control de la red en el nivel de enlace de datos (OSI-Nivel 2), es el estándar de los protocolos para el control lógico de enlace (LLC).
- La 802.3 son especificaciones para redes con topología de bus y método de acceso CSMA/CD. Siendo la especificación estándar de las redes Ethernet. Se puede usar en banda base con velocidades de transmisión de hasta 50 Mb/s y como medio de transmisión usar:
  - Cable coaxial 75 Ohms.
  - Cable coaxial 50 Ohms.
  - Cable tranceptor (multipar blindado)
  - Cable con fibras ópticas.

Puede manejar hasta 1024 terminales como máximo, recomendable sólo para redes medianas.

- La 802.4 son especificaciones para redes con topología bus y método de acceso token passing, para banda base o banda ancha, con una velocidad de hasta 20 MB/s. Su medio de comunicación puede ser:
  - Cables coaxiales de 35 a 50 Ohms.
  - Cables coaxiales de 75 Ohms.
  - Cables con fibras ópticas.

Son propias estas redes para automatización en gran escala de la producción, como redes MAP (Manufacturing Automataion Protocol), etc.

- La 802.5 son especificaciones para redes que operan en banda base, topología en anillo y métodos de acceso token passing, con velocidades de hasta 16 MB/s, y se considera como la especificación de la red Token ring de IBM (Token ring). Sus medios de cableado pueden ser:
  - Cable tipo 1 Multipar Grado Datos
  - Cable tipo 2 Multipar Grado Datos y Voz
  - Cable tipo 3 Multipar Grado Voz
  - Cable tipo 6 Multipar Grado Datos
  - Cable tipo 7 Fibra óptica Dentro de esta especificación se propuso un estándar con control de acceso al medio Token ring denominado FDDI (Fiber Distribution Data Interface).
  - Cable tipo 9 Multipar Grado Datos
- La 802.6 son especificaciones para redes de área metropolitana (MAN).
- La 802.7 Grupos consultivos ofrecen especificaciones para la transmisión a través de radiobanda.
- La 802.8 Grupos consultivos ofrecen especificaciones para fibras ópticas.
- La 802.9 son especificaciones para la integración de la voz e información en una LAN.



### III.2.3. ESPECIFICACIONES DEL AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (ANSI)

El American National Standard Institute (ANSI) se ocupa de los estándares para velocidades de más de 40 Mbits/s. Uno de sus comités, el ANSIX3T9, es el encargado de definir interfaces I/O.

Entre los que sobresalen:

- ANSI X 3T9.2. Interfaces para sistemas de computadoras pequeñas (SCSI). Llamado también "Scuzzy", define esta interfase un esquema de interconexión de unidades de disco y otros periféricos a las computadoras, (low-end).
- ANSI X3T9.3 Interface periférico Inteligente (IPI). Define el esquema de interconexión de algunos periféricos (higher-end) a adaptadores de las terminales (host) sobre un bus paralelo. En la capa de enlace, IPI envía información en forma de paquetes, mucho más parecidos a una red local.
- ANSI X3T9.5 LAN. Dos subcomités con X3T9.5 definen diferentes estándares para las LAN:
  - **Local Distributed Data Interface (LDDI).**  
Es el proceso de modificación y adopción del cable para red coaxial de 70 Mbit/s, propuesto por DEC (Digital Equipment Corporation), basado en su red CI, usando la topología Estrella.
  - **Fiber Distributed Data Interface (FDDI).**  
El cual define 100-Mbits/s, en topología anillo usando fibra óptica y utilizando el esquema de acceso token-passing.



Otras de las principales organizaciones y los estándares para las redes LAN son:

- CBEMA** - Computer and Business Equipment Manufacturers Association.
- NBS** - National Bureau of Standards.
- IEC** - International Electrotechnical Commission
- ISA** - Instrument Society of America
- CCITT** - Comité Consultatif International du Téléphonie et Télégraphie (X.21 y el X.25)  
Interconnection Reference Model
- EIA** - Electronics Industries Association (RS 232-C, RS 422)

La siguiente tabla señala los principales estándares asociados al modelo OSI:

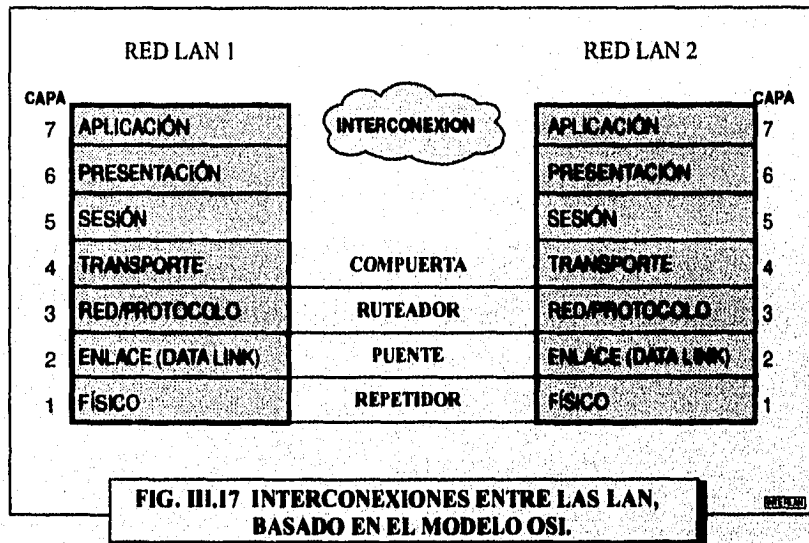
	1	2	3	4	5	6	7
<b>ISO</b>	SC6	SC6	SC6	SC16	SC16	SC16	SC16
<b>TC97</b>	WG3	WG1	WG2	WG6	WG6	WG5	WG5
<b>ANSI</b>	X3T9 X353.1	X3T9 X353.2	X353.3	X3T5.6	X3T5.6	X3T5.5	X3T5.5
<b>CCITT</b>	X.21	X.21	X.25	-	-	-	-
<b>IEEE</b>	802	802	802	802	-	-	-
<b>ECMA</b>	ECMA-81	ECMA-82	-	ECMA-72	ECMA-75	-	-
<b>NBS</b>	-	-	-	150 COMPATIBLE	ISO COMPATIBLE	ISO COMPATIBLE	ISO COMPATIBLE
<b>EIA</b>	TR30.1 TR40.1	TR30.2 TR40.2	-	-	-	-	-

- TC** - Comité Técnico
- SC** - Subcomité
- WG** - Grupo de trabajo
- TR** - Subcomité EIA

- ISO** - International Standards Organization
- ANSI** - American National Standards Institute
- ECMA** - European Computer Manufacturers Association
- IEEE** - Institute of Electrical and Electronics Engineers

### III.3. CONEXIONES ENTRE REDES LAN

Las interconexiones entre redes LAN, basándonos en el modelo OSI las podemos observar en la Fig. III.17 y/o Fig. III.15.



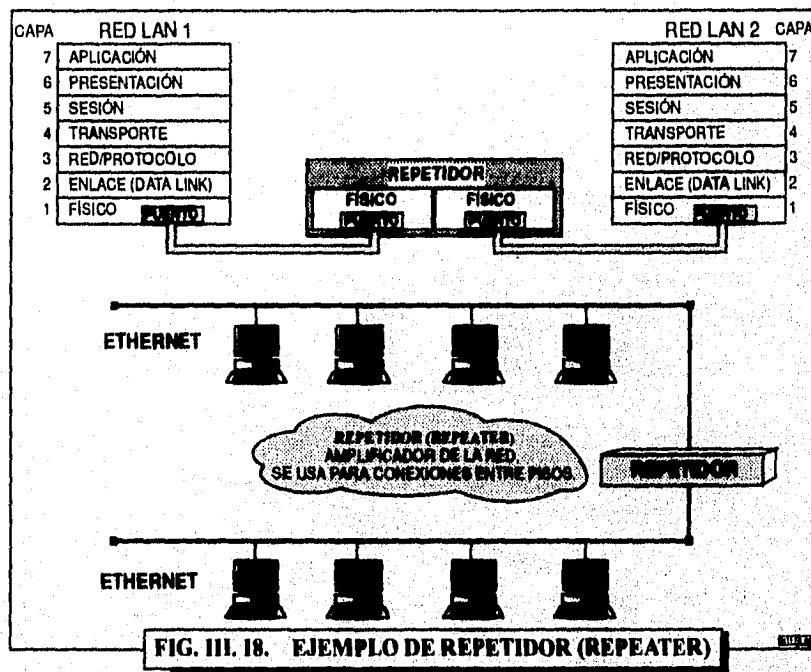
Como podemos observar, un dispositivo de Interconexión se asocia con la capa en la que encuentra información relativa de una red a otra.

Observemos que conforme va aumentando o cambiando de capa, el dispositivo se vuelve más complicado, con funciones más específicas para poder relacionar redes del mismo tipo de capa o nivel.

### III.3.1. REPETIDOR (REPEATER)

Este dispositivo ubicado en la primera capa física del modelo OSI sirve para conectar dos LANs en forma física. Este requerimiento se puede presentar cuando se quiere conectar dos redes LAN debido a las restricciones de máxima longitud del cableado, o que estuvieran ubicadas en diferente piso. (Ver Fig. III.18)

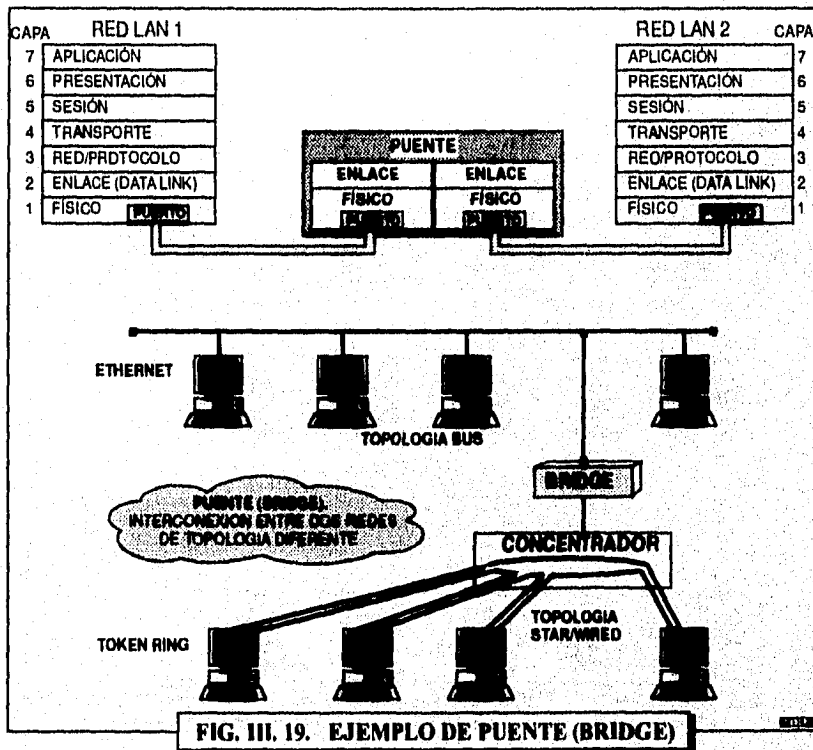
Este dispositivo envía las señales eléctricas del cable de una LAN a la otra, usando el mismo medio y el mismo método de acceso; formando una sola red lógica. En cada segmento de cable este dispositivo copia los bits individuales, regenerando y enviando la señal como llegó, sin analizarla.



III.3.2. PUENTE (BRIDGE)

Un puente conecta dos redes LAN (en la capa de enlace de información) de diferente topología y tipos de medios. El puente trabaja en el nivel de acceso al medio de la capa de enlace de información, por lo que se le considera como un controlador de acceso al medio -MAC- (Media-Access-Control).

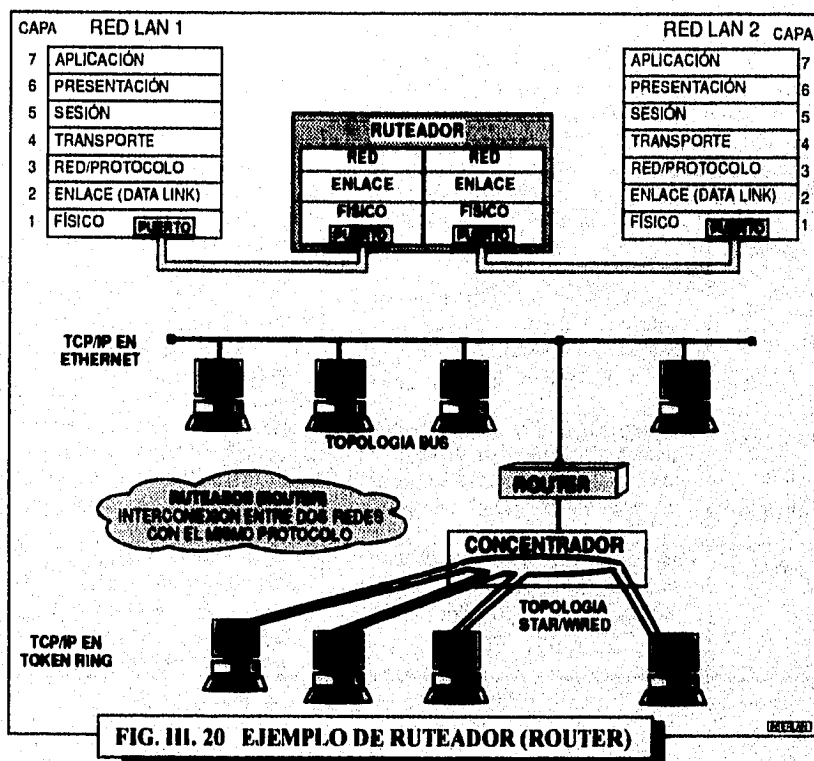
Aquí la información es acumulada, guarda y forma tramas o paquetes completos de información, los que pasan a la capa de enlace (data link), se hace una comprobación del código, y se envía a la capa física y se retransmiten los paquetes a otra red LAN, así envía paquetes completos de una LAN a otra. (Ver Fig. III.19)



### III.3.3. RUTEADOR (ROUTER)

Un ruteador conecta dos redes LAN que usen el mismo protocolo, de diferente topología y/o usen diferentes tipos de medios. Aquí la información es acumulada y reexpide paquetes entre dichas redes LAN, trabajando al nivel de Red.

El ruteador ofrece mas servicios que el bridge ya que selecciona una de varias posibilidades de rutas para enviar un paquete, esta selección se basa en varios parámetros como el tránsito, congestión y otros ruteadores, o el número de ruteadores entre la estación fuente y la de destino. (Ver Fig. III.20)



Las diferencias que podemos encontrar en la calidad de servicio entre el puente (bridge) y el ruteador (router) son:

CALIDAD DE SERVICIO	PUENTE (BRIDGE)	RUTEADOR (ROUTER)
<b>FIABILIDAD</b>	No garantiza la entrega de paquetes, pues a altas velocidades puede haber pérdidas de paquetes.	Más fiable que el puente, pues puede elegir varias opciones, para resolver fracasos en enlaces, estaciones y otras rutas
<b>DAÑOS EN PAQUETES</b>	Su configuración no permite el desorden o duplicación de paquetes, estos tienen un tiempo, antes de ser descargados.	Tolera el desorden o duplicación de paquetes.
<b>TIEMPO DE TRANSITO</b>	El tiempo utilizado en el avance y funciones de filtrado puede causar atrasos en el tiempo de transito de los paquetes, Si un paquete llega al puente más rápido que la velocidad de procesamiento, se produce un congestionamiento lo que produce la pérdida del paquete.	Tiene una alta fiabilidad de rutas en la red, una ruta puede proveer un retardo en el transito, para evitar pérdidas.
<b>TIEMPO DE VIDA DEL PAQUETE</b>	Si existe un paquete en la red, después de un tiempo máximo de tránsito, se descarga, para evitar la duplicación de paquetes.	El tiempo de vida de cada paquete es integrado por la especificación de la red-enlace, el ruteador descarga los paquetes que hayan expirado.
<b>ERROR EN VELOCIDAD</b>	Tiene un muy bajo detector de bit de error en velocidad, por lo que puede descargar paquetes que tienen una incorrecta secuencia.	Tiene una algoritmo de chequeo de errores que revisa cada paquete; los paquetes con error son descargados. Por lo que reduce la probabilidad de errores.
<b>TAMAÑO DEL PAQUETE</b>	Si diferentes LAN soportan diferentes tamaños de paquetes, el puente no puede avanzar un paquete si este es muy grande para la siguiente LAN	Soporta diferentes tamaños de paquetes, puede fragmentarlos para enviarlos a otra red, con esto no se maneja un límite de tamaño.
<b>PRIORIDAD</b>	Soporta que ciertos paquetes tengan prioridad sobre otros, incluso la usa para determinar cual paquete avanzará.	Puede intercalar paquetes con mensaje de prioridad alta, incluso enviarlos a través de otros ruteadores o sistemas con el mismo mensaje de prioridad.

### III.3.4. COMPUERTA (GATEWAY)

La compuerta (Gateway) es un nodo ubicado dentro de la LAN que puede comunicarla con otra red no necesariamente LAN con diferente protocolo (incluso con redes que no utiliza el modelo OSI), ofreciendo una interconexión con capas superiores.

La compuerta se ubica desde el nivel de la capa de transporte hasta la última, su función principal es la conversión de protocolo de una red a otra, sin pérdidas significativas durante el proceso. (Ver Fig. III.21)

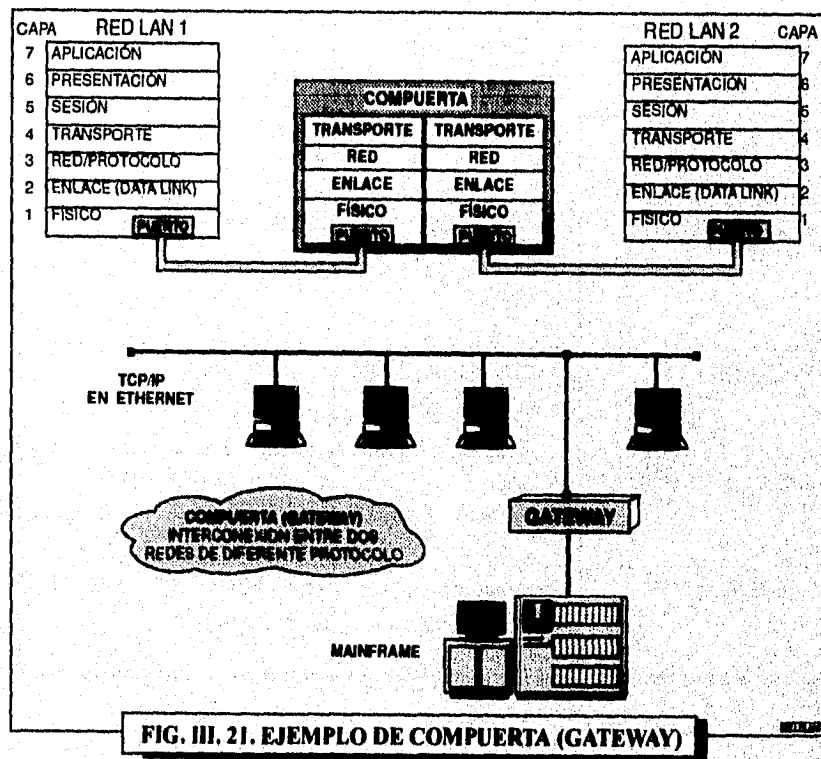


FIG. III. 21. EJEMPLO DE COMPUERTA (GATEWAY)

Un ejemplo de cada uno de estas conexiones son:

CAPA	FUNCION	EJEMPLO
1.-FISICA	Interfaces eléctrica/mecánica	Sistema de cableado. RS-232-C. Ethernet X.21
2.- ENLACE	Línea, circuito, o protocolo de paquetes	802. HDLC SDLC
3.-RED	Ruteamiento, y envío de paquetes	x.25 TCP/IP DEC NET XNS
4.-TRANSPORTE	Procedimiento de conexión Terminador - terminador	Protocolos de servicio.
5.-SESION	Establecimiento de la conexión, diálogo	sesiones SNA
6.-PRESENTACION	Sintaxis (dispositivo - código)	Soporte de terminal gráfica
7.-APLICACION	Define tareas (servicio a usuarios)	Transferencia de archivos a terminal remota.



#### **III.4. RED DE AREA METROPOLITANA MAN (METROPOLITAN AREA NETWORK)**

La red de área metropolitana -MAN- se refiere a que la ubicación de todas las redes de las que se compone están en el área metropolitana, o sea, en la misma ciudad y en diferentes edificios, además utilizan la tecnología LAN.

#### **III.5. WAN (WIDE AREA NETWORK) REDES DE COBERTURA AMPLIA.**

Si se unen varias redes LAN con el fin de tener más cobertura en una zona, la cual puede abarcar países enteros, se obtiene una red de cobertura amplia WAN (Wide Area Network), la cual se compone de varios ordenadores conmutados interconectados, y donde cada ordenador conmutado tiene su manera de comunicarse con las terminales y ordenadores conectados a él,

##### **Características:**

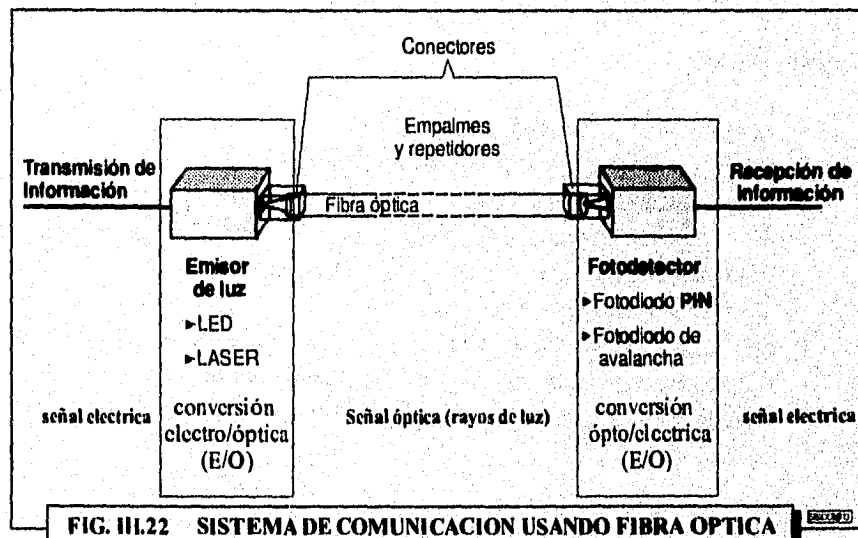
- \* Canales lentos (300 KBit/s a 1,544 MBit/s).
- \* Distancias de unos a varios cientos de kilómetros.
- \* Más posibilidad de errores de ruteo.
- \* Su estructura es irregular, pues utiliza en la línea ordenadores, conmutadores y terminales múltiplex y/o multipunto.
- \* Tiene varios niveles de protocolos.
- \* La WAN puede utilizar medios físicos de transmisión terrestres o microondas y/o satélite, y pueden ser regionales o internacionales.
- \* Pueden usar los estándares internacionales de comunicación pública (redes públicas).

### III.6. SISTEMAS BAJO FIBRA OPTICA

Los sistemas que usan fibra óptica, están constituidos con fibras separadas para transmisión y recepción, cuyos extremos se encuentran conectados con un transmisor o fuente de luz y un fotoreceptor. (Ver Fig. III.22)

Como se señaló en el Capítulo 2 la fuente o emisor de luz, puede ser un diodo LED, ELED, o LASER, y a estos se les denomina convertidores electro/ópticos (E/O), pues convierten la señal eléctrica en óptica, para que esta pueda viajar a través de la fibra óptica. Notemos que los LASER, tienen más ganancia que los LEDs, y que según la distancia, la fibra óptica y aplicación, se usará el más apropiado.

El fotoreceptor que se acopla a la fibra consiste ya sea de un fotodiodo PIN o APD, dependiendo de la fuente utilizada, estos se conocen también como convertidores opto/eléctricos (O/E), pues ellos hacen la conversión de los rayos de luz que viajaron por la fibra, en electricidad. Las conexiones entre la fibra óptica, la fuente de luz y el fotoreceptor, que acoplan a los tres se denominan conectores de alta precisión.



Para distancias muy largas se usan los empalmes, que consisten en unir los extremos de dos fibras ópticas para formar una más larga.

Debido a que a una cierta distancia la señal sufre de pérdidas por varios factores de atenuación y dispersión, se necesitan usar repetidores, los cuales convierten la luz en electricidad, tratan la señal en forma eléctrica, y retransmiten en forma óptica. Los componentes para amplificar e igualar la señal son los convencionales.

Debido a que existen varios fabricantes en el campo de los sistemas vía fibra óptica, estos desarrollan su propia velocidad de transmisión entre otras cosas, por lo que no suele haber compatibilidad entre ellos, además de manejarse varios estándares.

La mayoría de las comunicaciones con fibra óptica usan modulación digital; para la analógica se consigue variando la intensidad de la luz o modulando el ancho del pulso, esta es apropiada para transmitir video, y se aplica en televisión por cable.

Como observación extra, para cuidar de que haya sincronía y vigilar la probabilidad de errores BER (Bit Error Rate), le agregan a la señal bits de protección (paridad, etc.) y códigos de control.

Para distancias muy largas se usan los empalmes, que consisten en unir los extremos de dos fibras ópticas para formar una más larga.

Debido a que a una cierta distancia la señal sufre de pérdidas por varios factores de atenuación y dispersión, se necesitan usar repetidores, los cuales convierten la luz en electricidad, tratan la señal en forma eléctrica, y retransmiten en forma óptica. Los componentes para amplificar e igualar la señal son los convencionales.

Debido a que existen varios fabricantes en el campo de los sistemas vía fibra óptica, estos desarrollan su propia velocidad de transmisión entre otras cosas, por lo que no suele haber compatibilidad entre ellos, además de manejarse varios estándares.

La mayoría de las comunicaciones con fibra óptica usan modulación digital; para la analógica se consigue variando la intensidad de la luz o modulando el ancho del pulso, esta es apropiada para transmitir video, y se aplica en televisión por cable.

Como observación extra, para cuidar de que haya sincronía y vigilar la probabilidad de errores BER (Bit Error Rate), le agregan a la señal bits de protección (paridad, etc.) y códigos de control.

### III.7. EJEMPLOS DE REDES BAJO FIBRA OPTICA

#### ACOPLADORES

El acceso a un bus de cable óptico de información desde un dispositivo (computador, impresora o otro) se lleva a a cabo por medio de elementos de acoplamiento los cuales pueden ser activos o pasivos.

- **Un acoplador activo** convierte la señal luminosa proveniente del bus de fibra óptica en señal eléctrica, esta señal será enviada al dispositivo donde se procesa, generándose una respuesta la cual es convertida nuevamente en energía luminosa que reingresa al bus óptico. (Ver fig. III.23)

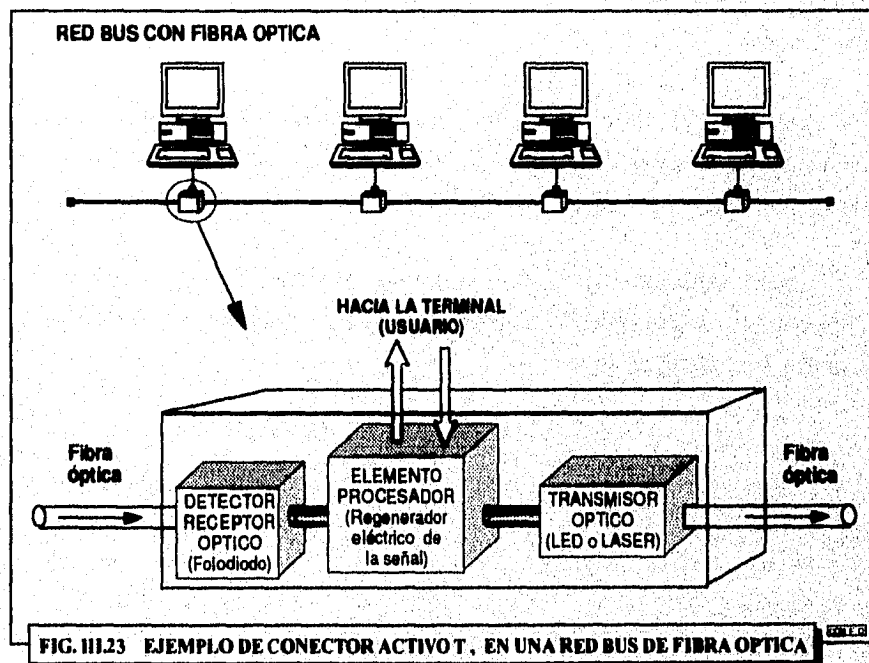


FIG. III.23 EJEMPLO DE CONECTOR ACTIVO, EN UNA RED BUS DE FIBRA OPTICA

- **Un acoplador pasivo**, emplea elementos no electrónicos. Se acopla una fibra al bus de fibra óptica, de manera que queden unidas del costado, ya sea fusionadas o empalmadas, estas van a la interfase del dispositivo, donde al entrar a la interfase la señal, se recibe, el dispositivo la procesa y transmite la respuesta regenerada a la fibra óptica, y esta al bus de fibra óptica. (Ver fig. III.24.A).

Para evitar congestión en esta zona se propone una doble unión donde un acoplador será de recepción y otro será de transmisión y donde el otro extremo es un puerto sin servicio. (Ver fig. III.24.B)

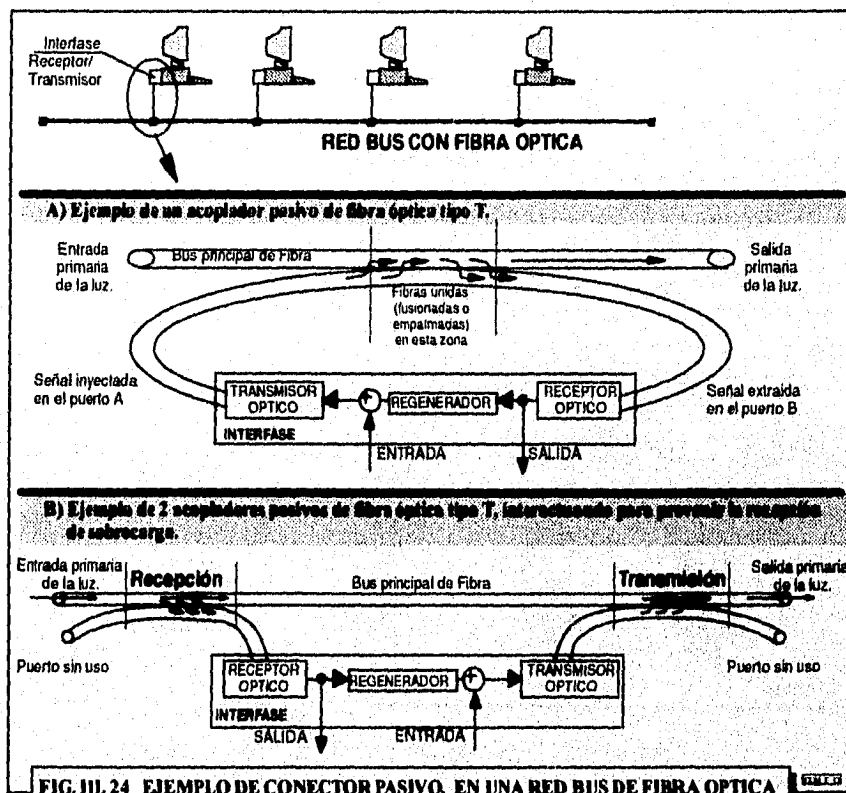
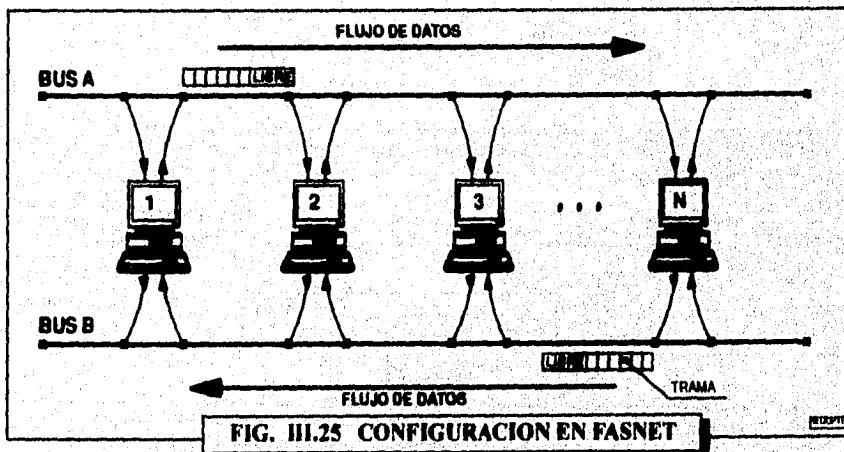


FIG. III. 24 EJEMPLO DE CONECTOR PASIVO, EN UNA RED BUS DE FIBRA OPTICA

### III.7.1. RED FASNET

La tecnología de la red FASNET utiliza dos buses lineales unidireccionales (ambos en sentidos diferentes), las terminales están conectas a ambos buses para transmitir o recibir a través de ellos. (Ver fig. III.25) El primero y el último dispositivo transmiten al mismo tiempo una "trama libre" (o token) la que proporcionará el tiempo de sincronía de los buses, así cuando una de las terminales desea enviar información primero elige el bus a usar, ya que si envía a uno con dirección más grande tomará el bus que tenga ese sentido y viceversa. Luego el dispositivo espera a la "trama libre", le carga la dirección, el destino, la información y la marca ocupada, posteriormente esta "trama ocupada" lleva la información al destino, la descarga pero aún conserva su señal de ocupado hasta el último dispositivo, el cual envía una "trama ocupada" por el otro bus con el mensaje de que se recibió a la que transmitió, conservándose su señal de ocupado hasta el último dispositivo, donde vuelve a enviar la "trama libre"; el ciclo vuelve a comenzar otra vez. Notemos que mientras se esté usando la trama, ninguno de los otros dispositivos puede usarla.

Redes: LAN o MAN.

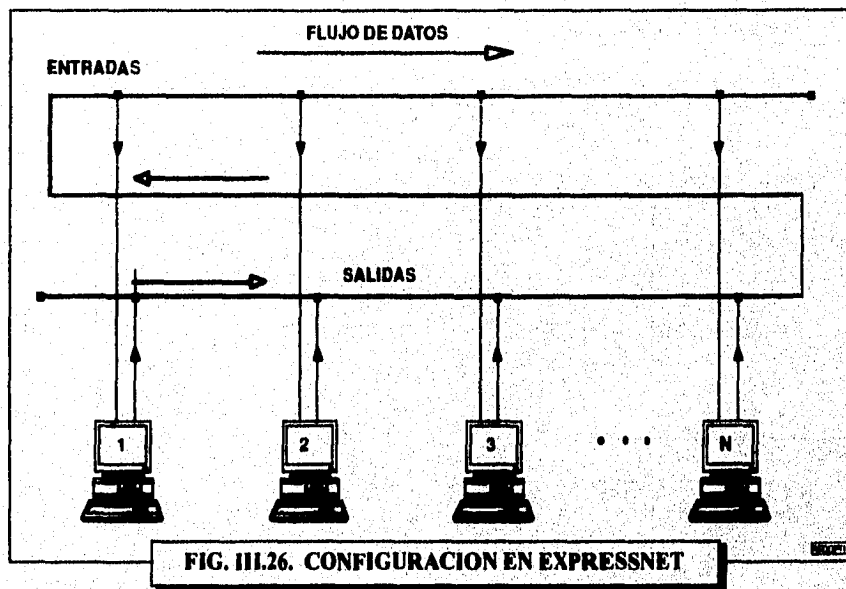


### III.7.2. RED EXPRESSNET

Esta red es semejante a la FASNET, salvo porque usa un solo bus, en el cual están conectados todas las terminales en dos lugares del bus; pero con la diferencia de que presenta una transmisión asíncrona: cuando una terminal va a transmitir, primero revisa el canal para ver si está libre, hasta que esté libre engancha su trama al final para formar un tren, así la información llega a la terminal destino por el conector de entrada siguiendo la dirección de los datos. (Ver fig. III.26)

Aquí se pueden presentar colisiones, lo que se resuelve con el método de acceso CSMA/CD y un algoritmo de retransmisión.

Redes: LAN o MAN.



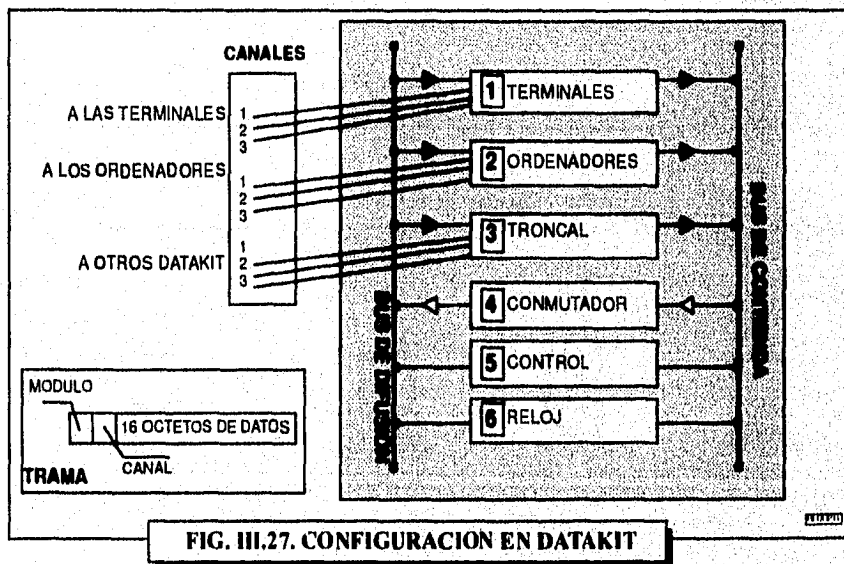


**III.7.3. RED DATAKIT (FRASER 1987)**

Diseñado por la compañía Bell y vendido por AT&T, es una red integrada, donde se pueden mezclar conexiones estándares (cables de cobre, coaxiales, etc.) y fibras ópticas, constituida de múltiples estrellas interconectadas.

Se forma con dos buses lineales unidireccionales, uno de contienda y el otro de difusión, donde se conectan a un conmutador, y a las tarjetas que se conectan a las interfaces de terminales, ordenadores y troncales (para conectarse con otros DATAKIT), cuando alguno de los elementos de esta red desea transmitir información a otro dispositivo, envía su información (en forma de octeto), junto con el código de destino y canal al conmutador, éste auxiliado del control y reloj, descifrará el destino y transmitirá a las tarjetas de interfase a través del bus de difusión; debido a que transporta el código de envío, sólo la destinada la descifra, elige el canal y envía dicha información. (Ver fig. III.27)

**Redes: LAN, MAN o WAN.**



### III.7.4. RED FIBERNET II (SCHMIDT Y COLS., 1983)

Producida por Xerox, el propósito de este tipo de red es que tenga compatibilidad con Ethernet en la interfase emisor/receptor, para que se pudieran conectar las terminales y ordenadores existentes. Se basa en una red con acceso múltiple por detección de portadora con detección de colisión (CSMA/CD) utilizando fibra óptica, si se usaba una configuración de estrella pasiva, se dificultaba su desarrollo, además de debilitar la señal dado que la señal se divide en toda la línea, por lo que se usó una estrella activa.

La estrella activa consta de dos buses, los cuales están conectados a tres módulos: transmisor, receptor y de control. Cuando un dispositivo desea enviar información a otro dispositivo, envía su señal vía fibra óptica al módulo receptor, este convierte la señal luminosa en eléctrica, enviándola por el bus 2. El módulo de control detectará si la señal es limpia o hay otras que puedan producir una colisión, si existe esta colisión la elimina; si no es así, la envía por el bus 1 al módulo de transmisión. El módulo de transmisión cambiará la señal de eléctrica a óptica para enviarla al dispositivo destino. (Ver fig. III.28)

Redes: LAN, MAN, o WAN

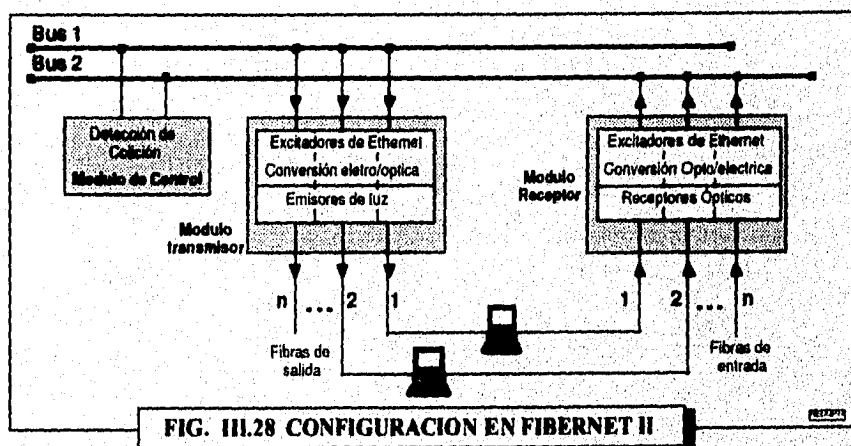


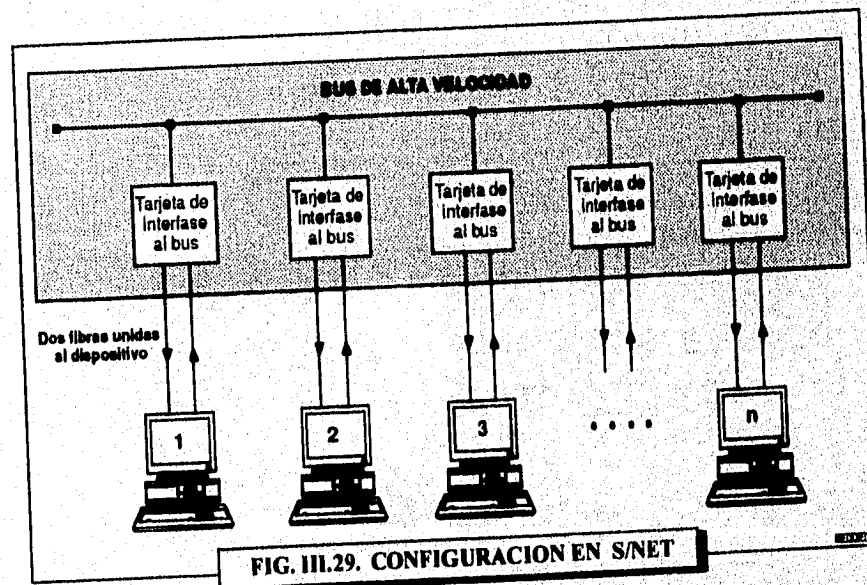
FIG. III.28 CONFIGURACION EN FIBERNET II

### III.7.5. S/NET (AHUJA 1983)

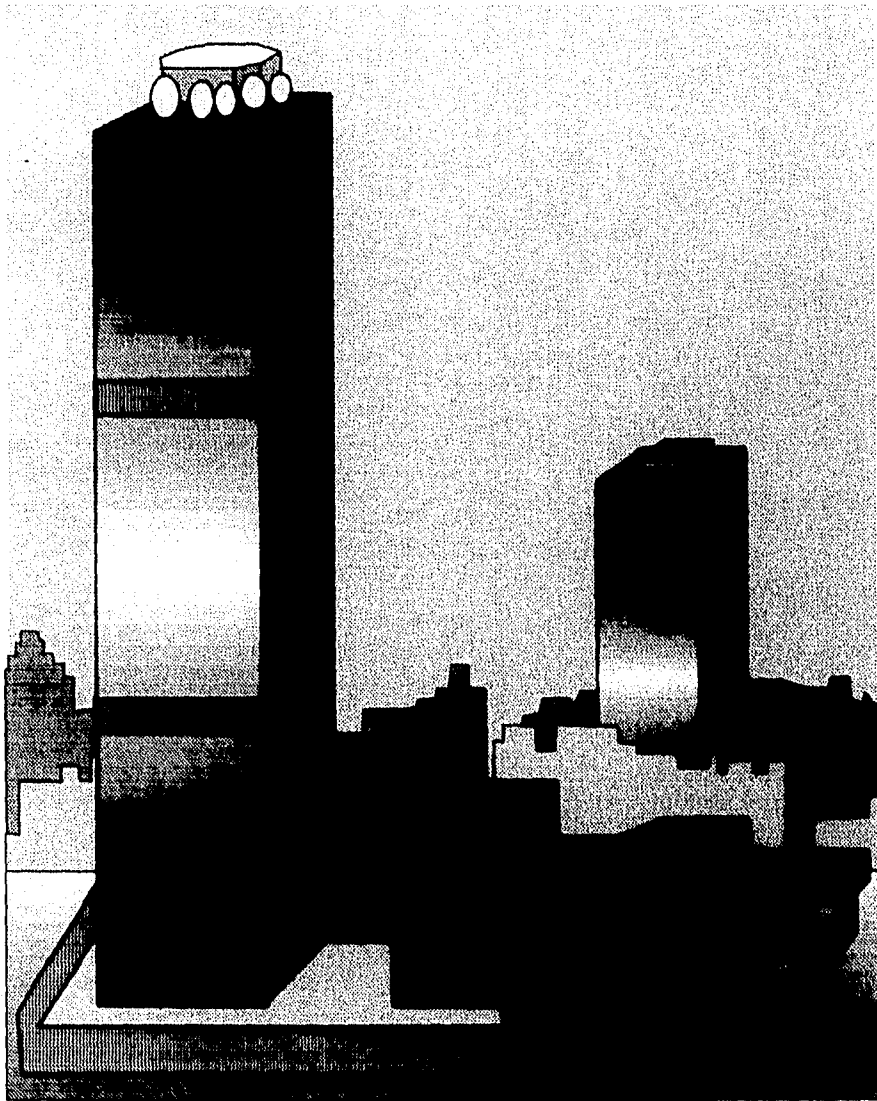
Diseñada por la compañía Bell, esta red utiliza una estrella activa para conmutar en forma rápida. Se conforma de un bus al que están conectados unas tarjetas de interfase de donde salen dos pares de fibras ópticas a cada dispositivo de la red.

Cuando un dispositivo quiere transmitir información, la envía por la fibra de envío, esta llega a la tarjeta de interfase donde la señal luminosa se cambia a eléctrica, hasta completar toda la información, entonces se tiene acceso al bus por la prioridad que tenga la tarjeta, y el bus podrá transmitir la información hacia el dispositivo destino (Ver fig. III.29)

**Redes: LAN, MAN o WAN.**



**CAPITULO IV**  
**CONFIGURACION DEL BACKBONE**  
**DE LAS OFICINAS CENTRALES DE PEMEX**

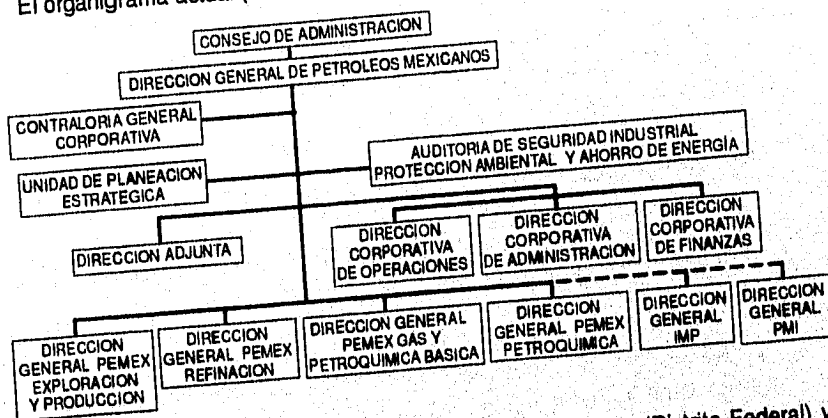


## CAPITULO IV

# CONFIGURACION DEL BACKBONE DE LAS OFICINAS CENTRALES DE PEMEX

### IV.1. ANTECEDENTES

El organigrama actual (1995) de PEMEX es el siguiente:



PEMEX está distribuido aleatoriamente en 4 zonas: Sede (Distrito Federal) y regiones: Marina, Norte y Sur (Ver Fig. IV.1).

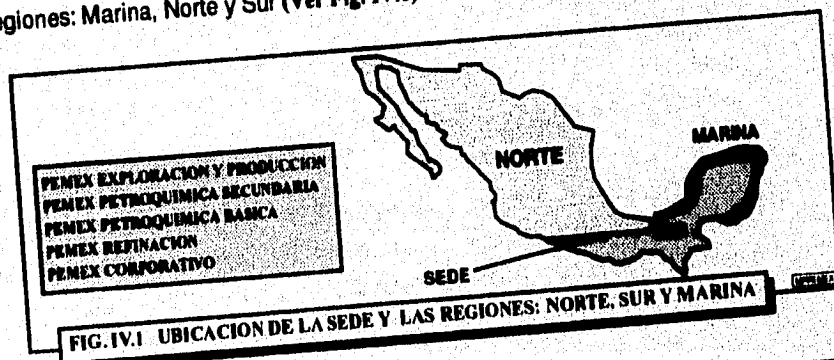


FIG. IV.1 UBICACION DE LA SEDE Y LAS REGIONES: NORTE, SUR Y MARINA

La Sede se compone de las oficinas centrales ubicadas en la Av. Marina Nacional 329 y los anexos ubicados en la Av. Ejército Nacional.

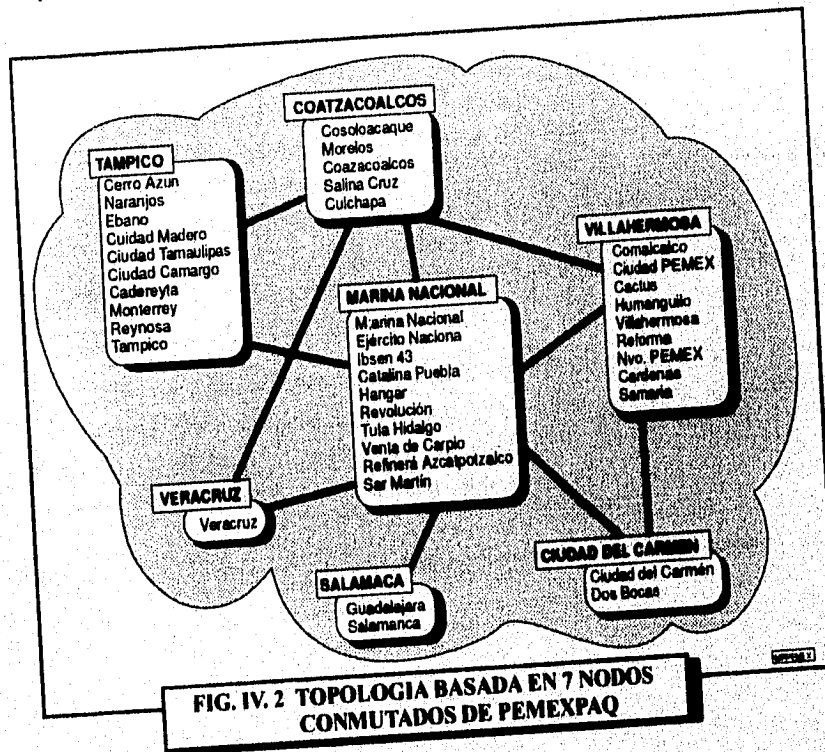
Como en PEMEX se realizan continuamente sistemas ejecutivos de información que requieren del soporte de una red de transmisión de datos que permita el envío y recepción de información de la sede y las regiones, se establecieron a través de su red de telecomunicaciones (a principios de 1987) enlaces de larga distancia entre equipos de cómputo a base de canales dedicados de sus sistemas de microondas.

Al desarrollarse los servicios de teleinformática de PEMEX, se integró una red institucional de transmisión de información que usa tecnología disponible y normatividad vigente, la cual se definió como la red privada de transmisión de datos de Petróleos Mexicanos, PEMEX PAQ.

Las principales características de la Red PEMEX PAQ, son:

- Esta red usa la técnica de conmutación de paquetes con base en X.25, establecida por la Unión Internacional de Telecomunicaciones.
- Se compone de 7 nodos de conmutación, ubicados en zonas importantes de PEMEX, y con topología de malla (Ver fig. IV.2)
- Tiene interconexión entre computadores de PEMEX, con terminales remotas (a las regiones) y hacia la red pública de transmisión de datos que opera en el distrito federal llamada "TELEPAC", con la posibilidad de comunicarse a otras redes públicas del mundo.
- Tiene 2 centros de control uno en México D. F. y otro en Villahermosa Tab., y un sistema automático de monitoreo de enlaces para supervisar, controlar, mantener y administrar la red.

- ◆ Tiene conexión redundante entre nodos y selección automática de rutas alternas.
- ◆ Capacidad actual de 1842 puertos usuario, con la posibilidad de ampliarse en forma ilimitada.
- ◆ Conversión de protocolos y velocidades desde 300 hasta 9600 bps; y manejo de diferentes códigos como ASCII, EBCDIC, ORUDOT, protocolos síncronos, usuarios X:"% y usuarios asíncronos.
- ◆ Servicio de correo electrónico



Debido a la necesidad de una infraestructura de comunicaciones suficientemente rápida entre las redes locales para el establecimiento y desarrollo de los sistemas ejecutivos de información así como para el manejo de la información entre las diferentes subdirecciones y gerencias que están diseminadas en todo el centro administrativo localizado en las oficinas centrales de PEMEX, en Marina Nacional se ha llevado a cabo la búsqueda de una mejor interconexión entre dichas redes locales.

Se requería que la conexión entre las redes cumpliera con ciertos requisitos, como velocidad, interconexión, entre otras; esto motivó a tomar la decisión de apoyar la puesta en operación de un Backbone con fibra óptica FDDI que ofrecía que el intercambio de información entre las diferentes áreas y divisiones de PEMEX fuera a gran velocidad.

Se comisionó a la Gerencia de Informática Institucional de la Subdirección de Finanzas, para que empezara la adquisición e instalación de una red FDDI (Backbone) dentro del centro administrativo a fin de permitir la comunicación transparente entre las distintas áreas y hacia la Dirección General.

Concretamente, la tarea encomendada fué:

**"Establecer una red de transmisión de datos de alta velocidad que proporcione un medio de integración de la Dirección General con las Subdirecciones, a nivel centro administrativo, para el intercambio de información estratégica que posibilite una toma de decisiones eficiente y oportuna."**



## **IV.2. DEFINICION DEL BACKBONE FDDI (INTERFASE DE DATOS DISTRIBUIDOS PARA FIBRAS)**

Se define como Backbone (espina dorsal) a la porción que provee conectividad entre redes que están en diferentes pisos y/o en diferentes edificios (redes metropolitanas -MAN-).

Las características que debe de ofrecer un Backbone en materia de comunicaciones entre las redes de las que se componga son:

- \* Capacidad de soportar múltiples protocolos de información y señales (información, LAN, voz y video), además de tráfico pesado simultáneo en la red.
- \* Capacidad de soportar el trabajo en grupo, así como la manipulación entre redes.
- \* Capacidad de soportar aplicaciones críticas, donde la necesidad para la alta fiabilidad y seguridad de la información sea obligatoria.
- \* Necesidad de soportar varios medios y tipos de dispositivos, con un alto grado de mejoramiento de calidad, tanto, que exista equipo que pueda ser preservado, hardware de alto diseño y soluciones de software que puedan ser implementados como uniones.
- \* Un alto grado de movilidad en redes, adición y cambios.

**TIPOS DE BACKBONE.** Existen 3 tipos de Backbone, según su tecnología;

- \* Multiplexores o todos aquellos que se basen en la tecnología de multiplexión.
- \* Backbone tipo LAN basados en FDDI, Ethernet, Token ring, etc.
- \* Backbone de colapso basados en tecnologías de ruteamiento de alta velocidad.

La selección del Backbone a utilizar, dependerá de los requerimientos que soporte.

Tradicionalmente la comunicación entre edificios se ha manejado en el mayor de los casos con tecnología Ethernet de banda ancha, mientras que al interior de los edificios se le ha realizado con Ethernet de banda base. Debido a la reducción de costos en el mercado de los componentes para los sistemas de comunicación que usan fibra óptica, un número mayor de planificadores de LANs optan por la fibra óptica para los ambientes de campos y troncales, por lo que ha aumentado el número de administradores de sistemas en red, que han puesto mayor atención a los detalles del tipo de fibra, cableado y los costos asociados. Aunque tradicionalmente este camino ha estado lleno de peligros, el temor a la fibra ha sido en realidad miedo a lo desconocido, por su novedad.

Ahora, la implementación de un **Backbone de interfase de datos distribuido por fibra óptica -FDDI-** entre edificios y puentes FDDI a subredes Ethernet o Token Ring se ha vuelto tan efectivo como atractivo para los usuarios pues ofrece gran velocidad; las columnas vertebrales de FDDI proveen una **supercarretera** para interconectar redes locales -LAN- y proveen de comunicación hacia redes de área amplia -WAN- usando ruteadores y compuertas FDDI.

Cuando se utiliza para conectividad hasta el escritorio del usuario, el paso de información a través del FDDI permite una nueva generación de aplicaciones basadas en redes. Cuando una red FDDI se instrumenta correctamente, se tiene un alto nivel de tolerancia a fallas, flexibilidad y disponibilidad de la red.

### IV.3. CARACTERISTICAS DEL BACKBONE FDDI

Algunas de las principales características del Backbone FDDI es el uso de fibra óptica como medio de transmisión, Topología anillo, protocolo token passing y una arquitectura con administración distribuida apropiada para dar fiabilidad. Se incluye una velocidad de 100 Mbps; de 2 a 3 kilómetros de distancia entre conexiones, y por arriba de 1000 conexiones en la red, con un total de distancia de 200 km.

La especificación que se ha desarrollado para FDDI cumple con el Modelo OSI definido por la Organización Internacional de Estándares ISO.

#### IV.3.1. ESPECIFICACIONES DEL ESTANDAR FDDI:

El estándar del Backbone FDDI, se especifica hasta la segunda capa del modelo OSI de enlace (data link), en la subcapa de control de acceso al medio (MAC) especificada por el IEEE 802.5; además el comité ANSI X3T9.5 para el FDDI ha señalado 4 subcapas (ver Fig. IV.3):<sup>4</sup>

- \* **PMD (dependiente del Medio Físico).** Subcapa que especifica las característica que debe tener el cable de fibra óptica.
- \* **PHY (Física).** Subcapa que especifica las característica eléctricas y de codificación/decodificación.
- \* **MAC (Control de Acceso al Medio).** Esta subcapa especifica los protocolos de traspaso cronometrado de los mensajes (token ring modificado).
- \* **SMT (Administración de Estaciones).** Esta subcapa se ocupa del mapeo sofisticado de estaciones FDDI en diferentes circunstancias.

---

<sup>4</sup>ver Capítulo II. Estándares

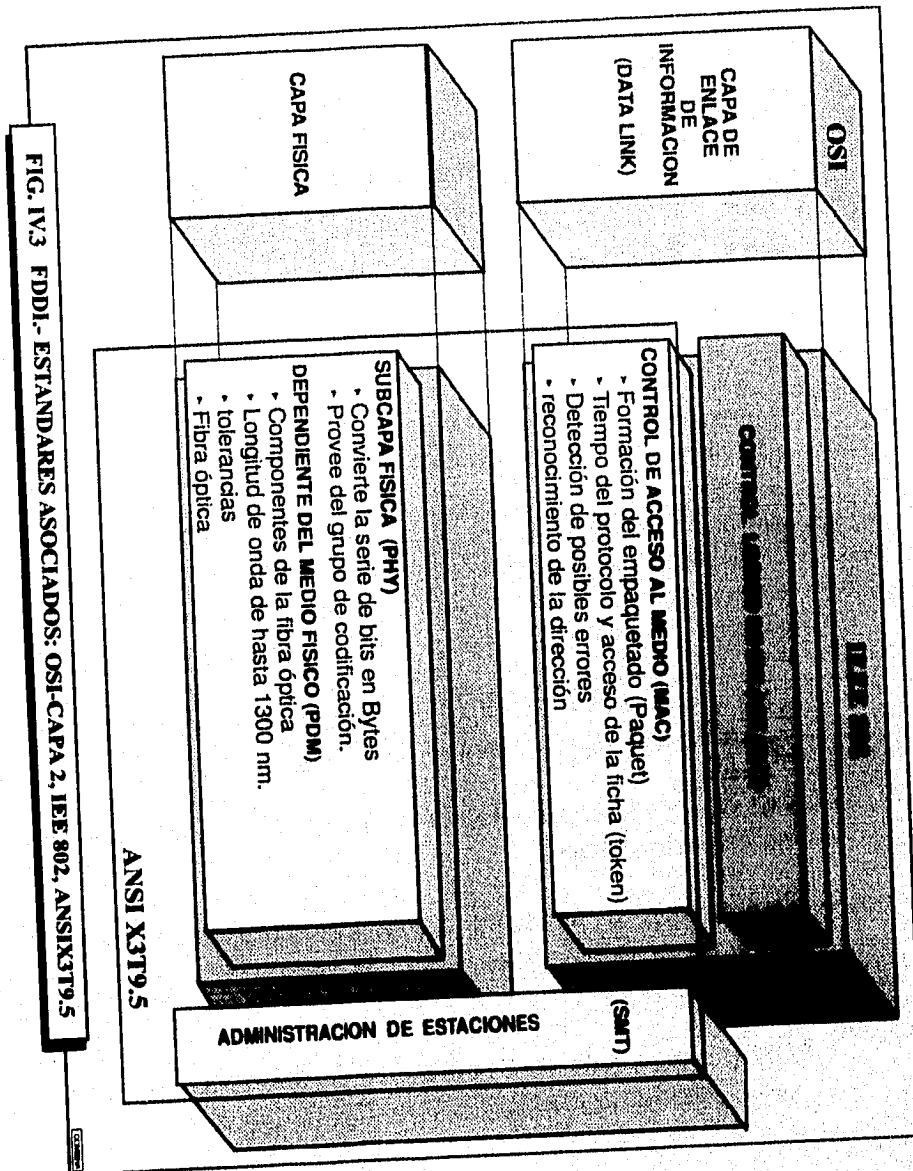


FIG. IV.3 FDDI.- ESTANDARES ASOCIADOS: OSI-CAPA 2, IEE 802, ANSIX3T9.5

La transmisión máxima en el estandar FDDI es de 100 Mbps (un orden de magnitud mas rápido que Ethernet).

Cuando hace varios años se visualizó al FDDI, se estimó que el punto de equilibrio tecnológico para el costo-beneficio se encontraba precisamente alrededor de una velocidad de transmisión de 100 Mbps.

Sin embargo, con el paso del tiempo, este valor ha sido superado, y esto se debe a la integración de los servicios de voz por lo que en la actualidad se están ejerciendo algunas presiones para que se aumente esta velocidad.

Por su parte, el comité X 3T9.5 ha establecido Incrementos de velocidad en múltiplos de 6.144 Mbps a partir de los 100 mbps.

#### **IV.3.2. TOPOLOGIA DEL BACKBONE FDDI**

La topología de una red especifica la disposición física de las estaciones y sus interconexiones. La topología del Backbone FDDI se compone de dos anillos (o anillo dual) de fibra óptica denominados primario y secundario:

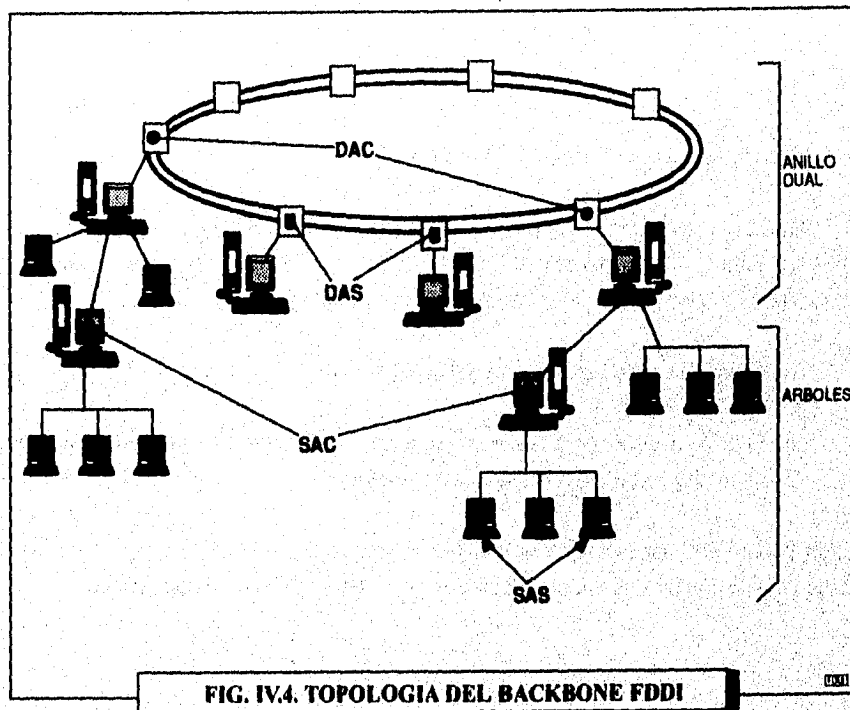
- A) El anillo primario se encarga del flujo de datos
- B) El anillo secundario actúa como una ruta redundante de respaldo o provee un ancho de banda adicional de 100 Mbps.

Cada uno de ellos transmite en un sentido de rotación inverso al otro, soportan una distancia máxima de 200 km entre estaciones y hasta 1000 conexiones físicas.

La topología de anillo FDDI se compone de conexiones punto a punto que forman un anillo, permitiendo así flexibilidad para el cableado de la red así como en el tipo de cable y conectores.

El diseño o arquitectura común que puede tener el Backbone FDDI (Ver fig. IV.4) es:

- **Anillo dual o Columna vertebral de alta ejecución.** Este diseño se compone del anillo dual y las estaciones conectadas a él.
- **Anillo de árboles.** Este diseño se compone del anillo dual, y de árboles en la que los nodos de los árboles son concentradores y los niveles inferiores son estaciones.

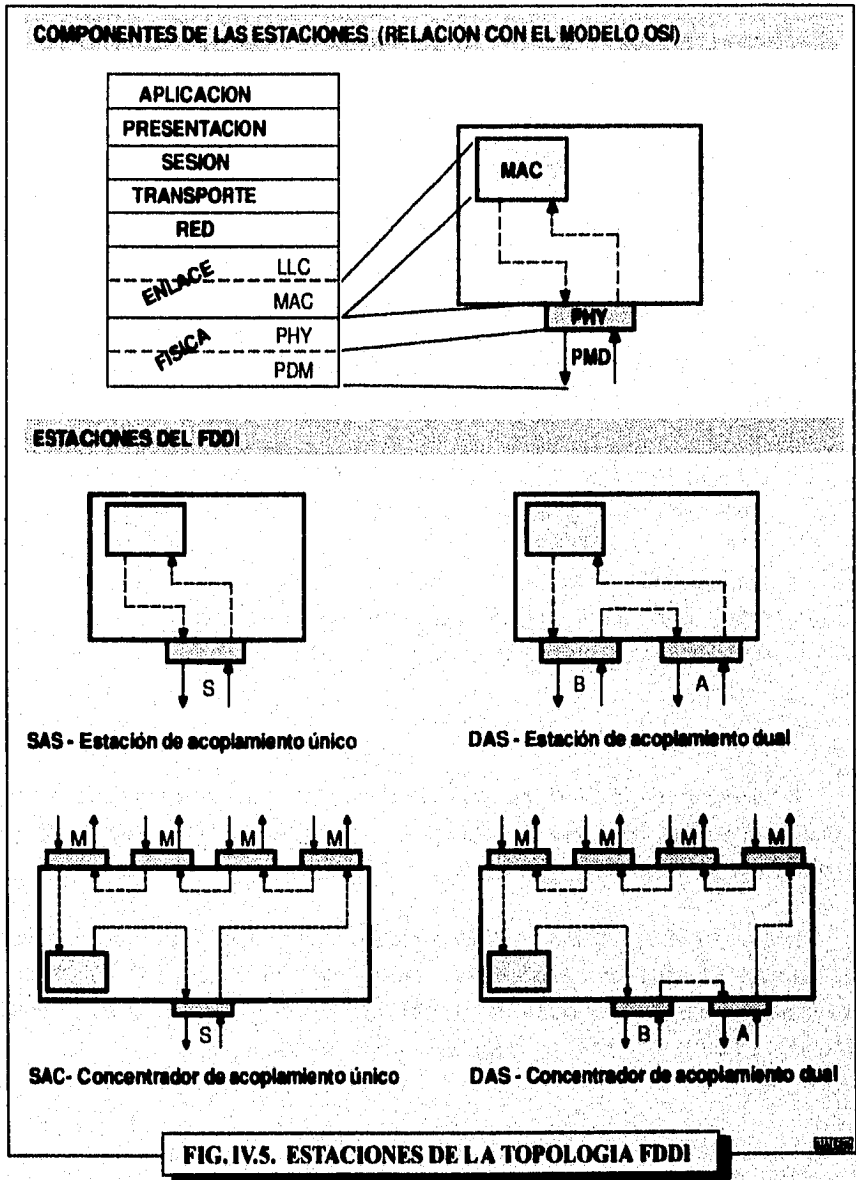


Las estaciones que se presentan en la topología FDDI pueden ser (Ver Fig. IV.5):

- \* "Estación con Acoplamiento Dual" (**DAS**), son las estaciones que se conectan a los dos anillos del FDDI, por lo que tienen incorporado un mecanismo de redundancia con lo que mantienen activa la operación y comunicación entre estaciones, incluso si una estación en el anillo FDDI llegara a fallar.
- \* Los "concentradores con acoplamiento Dual" -**DAC**-, tienen acceso hacia otras redes, y son concentradores con acoplamiento a los dos anillos del FDDI.
- \* Los "concentradores de acoplamiento único" -**SAC**-, son concentradores con acoplamiento al concentrador DAC a través de fibra óptica.
- \* Las "estaciones de acoplamiento único" -**SAS**-, son estaciones con acoplamiento al concentrador SAC a través de fibra óptica. Estas estaciones son para trabajo de ingeniería y estaciones PC de alto poder.

En el Backbone FDDI se pueden instalar columnas vertebrales que requieren grandes distancias, para ello es necesario un alto grado de tolerancia a fallas, confiabilidad y redundancia.

Las columnas vertebrales de FDDI generalmente se utilizarán para conexiones a subredes Ethernet y/o Token Ring. Para integrar FDDI en instalaciones de cableado existente y topologías de estrella, los concentradores inteligentes que soporten Ethernet, Token Ring y FDDI serán los indicados.





### IV.3.3 DESCRIPCION DE LAS ESPECIFICACIONES DEL ESTANDAR FDDI

#### A) SUBCAPA DEPENDIENTE DEL MEDIO FISICO -PMD-

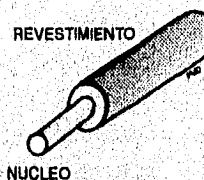
Subcapa que proporciona la comunicación digital en banda base entre los nodos de la red y especifica las características para todo el hardware del medio de transmisión (Fibra óptica). Define los transmisores y receptores, características de la fibra óptica, los cables, los conectores y la opción de interfases para desvíos ópticos.

#### CARACTERÍSTICAS, TIPO Y ATENUACIÓN DE LA FIBRA OPTICA

Las principales característica de la fibra óptica que se especifica para el estándar del Backbone FDDI son:

- \* La fibra óptica que se utiliza para el FDDI es la fibra dúplex multimodo, las dimensiones de la fibra óptica para su núcleo y revestimiento más comunes son:

Díámetro del núcleo	Díámetro del revestimiento	Apertura Numérica
62.5 $\mu\text{m}$	125 $\mu\text{m}$	0.275
50 $\mu\text{m}$	125 $\mu\text{m}$	0.20
50 $\mu\text{m}$	125 $\mu\text{m}$	0.22
85 $\mu\text{m}$	125 $\mu\text{m}$	0.26
100 $\mu\text{m}$	140 $\mu\text{m}$	0.29



Esta fibra óptica debe trabajar en el rango de longitud de onda de 1300 nanómetros (nm). De todas las anteriores especificaciones, el tipo de fibra óptica, que más se utiliza para el FDDI es la fibra cuyos diámetros núcleo/revestimiento son 62.5/125 micrones, ya que ofrece mayor alcance que las demás.

- \* La especificación de atenuación permite una pérdida entre estaciones de 11.0 dB, incluyendo cable, conectores, empalmes e interruptores para desvíos ópticos. Típicamente una fibra multimodo adecuada para luz de 1300 nm generalmente tiene menos de 2.5 dB/km de atenuación. Las pérdidas ópticas debe ser consideradas en los planes de instalación del FDDI.
- \* Optimización en el material para obtener mejores características ópticas.
- \* La máxima longitud del cable se define como la máxima distancia posible sin violación de los 11.0 dB de atenuación presupuestada incluyendo la pérdida en los conectores. La fibra multimodo del FDDI se utiliza para comunicaciones entre estaciones distantes hasta 2 Km. una de otra y entre un máximo de 500 estaciones mientras que las fibras multimodo de 100/140 micrones que hayan sido instaladas actualmente, pueden ser usadas para el FDDI, pero la distancia máxima se limita a cerca de 1 Km., debido al aumento en distorsión y dispersión en la fibra por su mayor diámetro en el núcleo.
- \* Para comunicaciones en una red de área metropolitana (MAN) que sobrepase los 2 Km, el FDDI define como opción el uso de una fibra unimodal. La fibra unimodal se caracteriza por sus diámetros de 9 a 10 micrones, y se utiliza para lograr distancias de hasta 60 Km, además de reemplazar los LED por LASER. Sin embargo, antes de su implementación se debe llevar a cabo un detallado análisis de costos comparando la fibra unimodal con la multimodo, ya que el costo de la fibra unimodal es relativamente mas alto.
- \* Dentro del FDDI, también se proporciona especificaciones para redes FDDI de bajo costo que están basadas en par trenzado no blindado, con distancias por arriba de 150 m., las cuales ya existen en el mercado

#### CARACTERÍSTICAS DEL CABLE ÓPTICO.

Para decidir que diseño de cable se va a utilizar en la instalación del FDDI, se debe elegir entre los diseños de tubo holgado, envoltura apretada o el de múltiples fibras por tubo.

- \* El diseño de tubo holgado es el mas adecuado para ambientes entre edificios ya que la fibra esta flotando libremente y el cable puede expandirse o contraerse según las variaciones de temperatura.
- \* El diseño de envoltura apretada goza de mayor inmunidad al ruido y es mas aplicable a operaciones en el interior del edificio ya que posee un aislamiento mínimo contra las variaciones de temperatura. Este diseño consiste en envolturas de capas plásticas aplicadas directamente sobre la fibra. La ventaja de tal diseño radica en que es mas fácil terminar el cable sin necesidad de un juego de acoplamiento.
- \* El diseño menos costoso es el de múltiples fibras por tubo, que consiste en un tubo que contiene de 2 a 12 hilos de fibra óptica. Generalmente se recomienda este diseño para distancias largas (mas de 60 m.). También ahorra espacio en los ductos. Las desventajas que presenta este tipo de diseño son:
  - ⇒ Cada una de las fibras deben ser separadas del tubo para ingresar en un juego de acoplamiento individual.
  - ⇒ Si una de las múltiples fibras se rompe, se pierde una vía entera de transmisión.

Otras especificaciones o parámetros adicionales a considerarse del cable, especialmente en ambientes de tipo severos o extremos son:

- ⇒ El máximo radio de doblamiento que puede sufrir el cable.
- ⇒ Los límites o rangos de temperatura para operación.
- ⇒ La máxima carga admitida (bits/seg).

### **EMISORES Y TRANSDUCTORES (TRANSCIVERS)**

Como se habia visto en el capítulo 2, la fibra óptica necesita de emisores y receptores para transmitir y recibir información. Para el FDDI se especifica:

- \* El diodo emisor de Luz -LED- para la transmisión.
- \* El fotodiodo PIN, para recepción.

### **CONECTORES**

Escoger el conector apropiado es otro factor en la instalación del cable.

El conector que se enchufa al cable óptico definido por el estándar FDDI se llama "conector de interfase al medio" -**MIC**-. El conector provee de alineación de la fibra óptica con los dispositivos y estos pueden ser (Ver fig. IV.6):

- \* Conector hembra tipo enchufe sencillo.
- \* Conector hembra tipo enchufe, con claves de especificaciones para asegurar la correcta polaridad y conexiones legales.
- \* Conector macho tipo enchufe ST; siendo este el más común para instalaciones en oficinas.

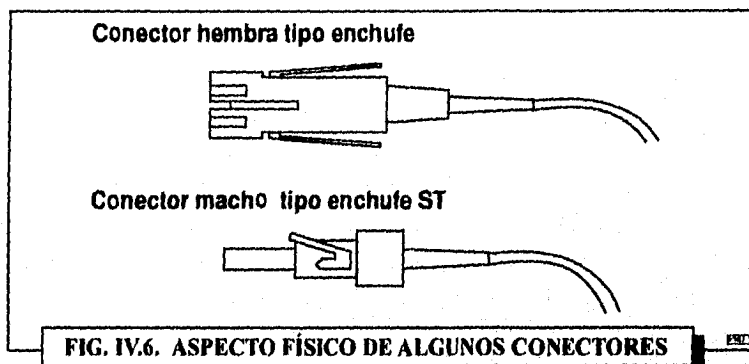


FIG. IV.6. ASPECTO FÍSICO DE ALGUNOS CONECTORES

Las claves de especificaciones relacionan la unión de dispositivos a los anillos primario y secundario de los anillos de fibra del FDDI.

Para los conectores hembras son:

- MIC A Transmite en primario, recibe en secundario.
- MIC B Transmite en secundario, recibe en primario. (Dispositivos DAS y DAC)
- MIC M Conexión maestra, se usa para proveer una unión para el concentrador.
- MIC S Conexión esclavo de un dispositivo SAS.

Para los conectores machos son:

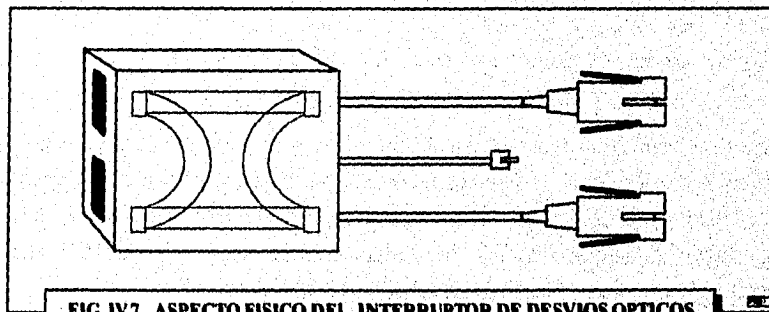
- MIC A Se inserta dentro de los conectores hembras MIC A
- MIC B Se inserta dentro de los conectores hembras MIC B
- MIC M Se inserta dentro de los conectores hembras MIC M
- MIC S Se inserta dentro de los conectores hembras MIC A, B, M o S
- MIC AM Se inserta dentro de los conectores hembras MIC A o M.
- MIC BM Se inserta dentro de los conectores hembras MIC B o M

La selección de un buen instalador que realmente sepa realizar un cableado con fibras ópticas es tan importante como la selección del tipo correcto de la fibra, ya que para tender fibra se requiere de una técnica por entero diferente a la usada para tender alambre de cobre, y porque la instalación de los conectores de fibra es una operación muy delicada, lo que nos da tolerancias muy pequeñas.

### INTERFASES PARA DESVÍOS ÓPTICOS

El PDM incluye la especificación de un interruptor de desvíos ópticos, con atenuación, aislamiento intercanal, interruptores hacia el dispositivo e interruptores hacia la fibra óptica. (Ver fig. IV.7) Cuando una estación es apagada, un interruptor de desvíos ópticos externo OBS automáticamente conectará el medio de entrada con el de salida manteniendo así completo al anillo y omitiendo la estación. Sin embargo, al añadir un interruptor de desvíos ópticos, se aumenta la cantidad de luz que se pierde en una distancia dada (perdida preestimada), con la cual se limita la distancia máxima permitida entre dos estaciones FDDI. Por lo que se debe tener cuidado de que la atenuación preestimada no exceda por demasiados interruptores de desvíos ópticos durante un apagón general.

Los interruptores de desvíos ópticos OBS fueron diseñados para manejo automático y a corto plazo de una estación/puente FDDI en el caso de un corte de luz, etc. Esto puede ser muy útil en ambientes como el de una sala de computadora central donde los enlaces son mas cortos y los equipos pueden ponerse fuera de línea sin afectar la operación de la red. En el caso de lapsos mas prolongados y aplicaciones en troncales, se deben tener un cuidado y precaución extremos en el uso de los OBS, pues si la distancia entre dos estaciones/puentes FDDI se acerca al estándar especificado para FDDI de 2 Km, el uso de OBS saltaría un puente FDDI y podría causar problemas de confiabilidad al violar la especificación de 2 Km.

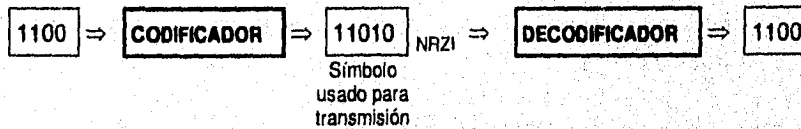


**B) SUBCAPA FÍSICA -PHY-**

Subcapa que especifica las característica eléctricas y de codificación/decodificación. Provee la conversión serie a paralelo y paralelo a serie. Recobra la señal del reloj de la estación siguiente e incluye una elasticidad en el buffer para sincronizarse al reloj de la estación local. También provee de un filtro repetidor para evitar transmisión de errores.

**CODIFICACION/DECODIFICACION**

El PHY usa símbolos basados en funciones, por lo que utiliza una codificación doble, primero codifica la información usando la codificación simbólica 4B/5B (4 bit a 5 bit) y posteriormente se transmiten siguiendo una codificación NRZI.



El PHY codifica y decodifica la información y controla los símbolos. Un símbolo es la secuencia básica de bits que representan información y control de información:

- ⇒ **Símbolo de Información.** Se define como una secuencia de 4 bits de información codificada a una secuencia de 5 bits que garantizan un bit lógico al menos cada 5 bits de información en secuencia para ser transmitido.
- ⇒ **Símbolos de Control.** Se define como una secuencia de 5 bits usada con propósitos de control transmitido en conjunto con los símbolos de información.

Los símbolos que se eligieron para representar los 16 símbolos de información son tales que existe un máximo de un bit 0 al inicio de cada símbolo y un máximo de dos bit 0 al final. Debido a que sólo se usan 5 bits, sobran 16 símbolos de donde se eligieron algunos para funciones específicas en el formato de la trama FDDI. Los símbolos de control elegidos, garantizan un 1 lógico cada 5 bits, con la excepción de el símbolo de silencio. Estos se dividen en 4 grupos:

### **1.- Símbolos de estado de la línea.**

- ⇒ **Silencio -Q-**, el cual indica la ausencia de cualquier transición y la pérdida de la habilidad de recobrar el reloj.
- ⇒ **Alto -H-**, el cual indica un rompimiento lógico forzado en actividad mientras mantiene el balance de CD y recobra el reloj.
- ⇒ **Libre -L-**, el cual indica condiciones normales entre el paquete y la transmisión del token mientras provee del mejor caso de condiciones para recobrar el reloj.

### **2.- Símbolos delimitadores de inicio/término.**

- ⇒ **Los delimitadores de inicio** consisten de un solo símbolo par **J** y **K**, el cual se usa para designar el inicio de un paquete.
- ⇒ **Los delimitadores de término** consisten de un solo símbolo par **-T-**, el cual se usa para terminar un paquete token, mientras un simple símbolo **T** seguido por un símbolo indicador de control, termina todos los otros paquetes.

### **3.- Símbolos indicadores de control**

- ⇒ Siendo definidos por la subcapa MAC así también las extensiones dependientes de implementación, los símbolos **Reset -R-** y **Set -S-**.



4.- *Simbolos de violación.*

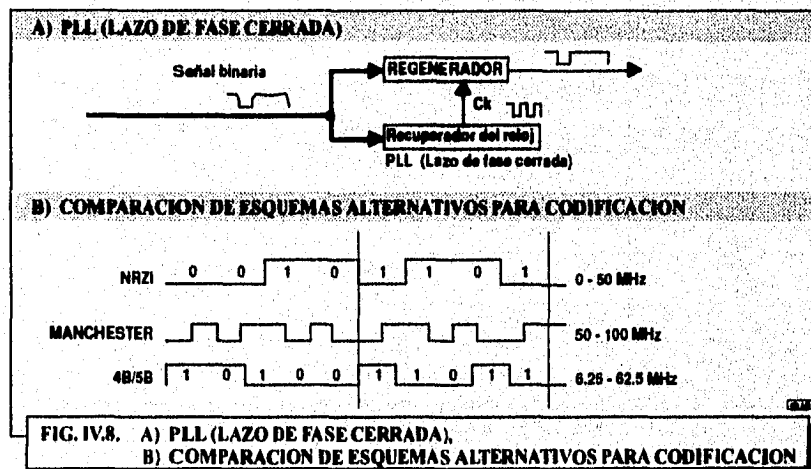
⇒ Finalmente todos los símbolos de codificación que sobran son de violación V; algunos son reconocidos como una alineación apagada con el símbolo H.

GRUPO DE CÓDIGO	SÍMBOLO	ASIGNACIÓN
<b>Simbolos del estado de la línea</b>		
00000	Q	silencio
11111	I	Libre
00100	H	Alto
<b>Delimitadores iniciales</b>		
11000	J	Delimita el inicio del flujo de información
10001	K	
<b>Simbolos de información (Hexadecimal)</b>		
11110	0000	0
01001	0001	1
01000	0010	2
10101	0011	3
01010	0100	4
01011	0101	5
01110	0110	6
01111	0111	7
10010	1000	8
10011	1001	9
10110	1010	A
10111	1011	B
11010	1100	C
11011	1101	D
11100	1110	E
11101	1111	F
<b>Delimitador de fin</b>		
01101	T	Delimita el término del flujo de información
<b>Simbolos de violación</b>		
00111	R	Denotación lógica cero (Reset)
11001	S	Denotación lógica uno (Set) de selección.
00001	V o H	Estos códigos no pueden ser transmitidos porque ellos violan la codificación consecutiva binaria de ceros de los requerimientos obligatorios del ciclo.
00010	V o H	
00011	V	
00101	V	
00110	V	
01000	V o H	Códigos con un solo código binario uno será interpretado como un alto cuando se reciba.
01100	V	
10000	V o H	

TABLA DE SÍMBOLOS DE INFORMACIÓN Y CONTROL

Posteriormente de la codificación 4B/5B, los 5 bits simbólicos son transmitidos usando la codificación NRZI (No retorno a cero invierte en unos) también conocida como NRZ-Marca, la cual produce una transición en la señal cuando se transmite un bit 1. Con esta doble codificación, se garantiza que existe una transición en la señal al menos cada 3 bits, lo que permite la sincronización de los relojes a una velocidad de señalización de hasta 125 Mbauds. Esta transición garantizada es requerida por los circuitos que conforman el sincronizador del reloj; un PLL (lazo de fase cerrada) permanece buscando la frecuencia de transición y recobra la señal del reloj. (Ver fig. IV.8.A)

La codificación 4B/5B y la codificación NRZI proveen un esquemas eficiente de sincronización del reloj, ya que nos da un 80% de eficiencia para la codificación del reloj. Por esto es que el FDDI puede transmitir a 100 Mbauds con 125 MHz de frecuencia en el reloj. Si se usara sólo la codificación NRZI se tendría que hacer los patrones para altas frecuencias o requeriría un ancho de banda equivalente a la mitad de la frecuencia de codificación, o 62.5 MHz para una velocidad efectiva de 100 Mbauds. Una alternativa menos eficiente de esquema de codificación podría ser utilizando la codificación Manchester, como la usan las redes Ethernet, con garantías al menos de una señal de transición por cada bit de información, resultando en un 50 % de eficiencia para la codificación del reloj. (Ver fig. IV.8.B)



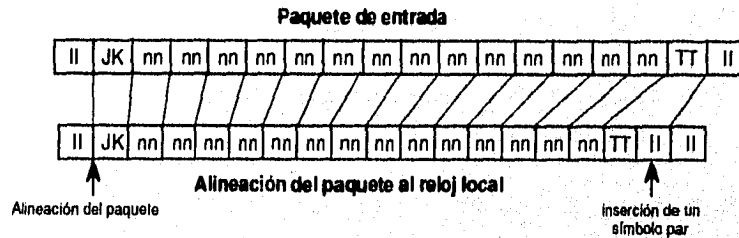
La subcapa PHY genera símbolos de control y detecta secuencias de control y símbolos de información. La subcapa PHY establece el estado de la línea según los símbolos de control que detecta.

- ⇒ **QLS El estado de línea en silencio** es establecido después de un flujo de 16 o 17 consecutivos símbolos Q.
- ⇒ **MLS El estado de línea Maestro** es introducida después de un flujo de 8 pares de símbolos HQ consecutivos.
- ⇒ **HLS El estado de línea en alto** es introducida después de un flujo de 16 o 17 consecutivos símbolos H.
- ⇒ **ILS El estado de línea libre**, es introducida después de un flujo de 4 consecutivos símbolos I.
- ⇒ **ALS El estado de línea activa** es introducida después de aparecer un par delimitador de inicio de trama JK.
- ⇒ **NLS El estado de línea con ruido** es introducida después de 16 o 17 potenciales eventos de ruido que hayan ocurrido sin introducir otro estado de línea.

En operación normal se puede presentar alarma entre ALS e ILS ya que un flujo de varios I se requieren entre cada paquete. Otros estados de línea son forzados durante los procesos de inicialización, reconfiguración o un aviso de falla durante el proceso de operación.

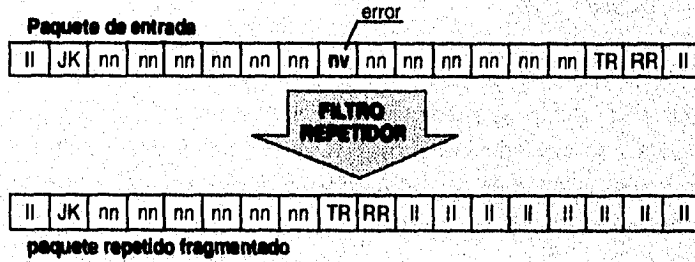
**BUFFER PARA SINCRONIZACION DEL RELOJ LOCAL**

La subcapa PHY también provee un buffer elástico, permitiendo una variación en la frecuencia del reloj de 50 ppm, y una longitud máxima del paquete de 9000 símbolos entre una estación y la estación siguiente. Si la frecuencia del reloj de la siguiente estación es alta, se agregan bits de relleno y si la frecuencia del reloj es baja se almacenan los bits en exceso. Este almacenamiento no es indefinido, ya que como se dijo, se permite en paquetes de 9000 símbolos.



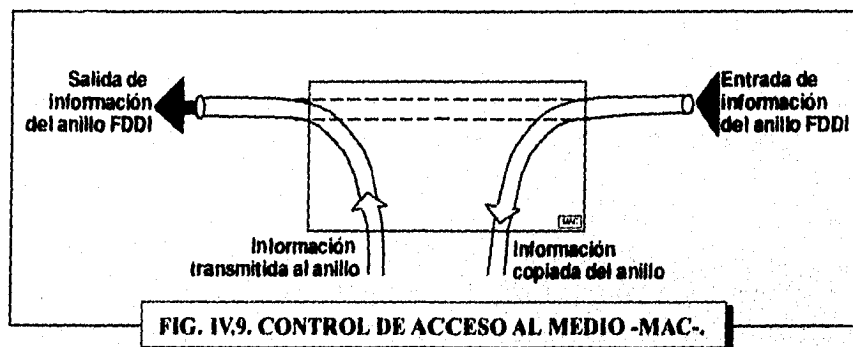
**FILTRO REPETIDOR**

Este es un dispositivo que detecta los errores en la trama y al ocurrir esto impide que la señal siga viajando alimentando a la línea símbolos I (canal ocioso).



**C) CONTROL DE ACCESO AL MEDIO -MAC-**

Subcapa que especifica los protocolos de traspaso cronometrado de los mensajes (token Ring). Se encarga de los paquetes orientados a funciones de control y al control de acceso al medio de transmisión. Verifica el empaquetamiento de la información y su clasificación. Genera y reorganiza las direcciones fuente y destino dentro de la red. También genera un checadore de secuencia en los paquetes llamado CRC de 32 bits así como la detección de errores.(Ver fig. IV.9)



**FIG. IV.9. CONTROL DE ACCESO AL MEDIO -MAC-**

**PROTOCOLO TOKEN RING MODIFICADO PARA EL BACKBONE FDDI**

El método de acceso (protocolo) que maneja el Backbone FDDI es el basado en la especificaciones IEEE 802.5 (Token ring) y una variante del algoritmo de asignación de capacidad del 802.4 (Token passing) además de agregar algunas modificaciones para que sea más eficiente a alta velocidad.

Dos emisiones básicas viajan en el anillo FDDI, una son los paquetes y el otro es una señal libre denominada "token", esta señal viaja a través del anillo como una señal que indica que el medio está libre.

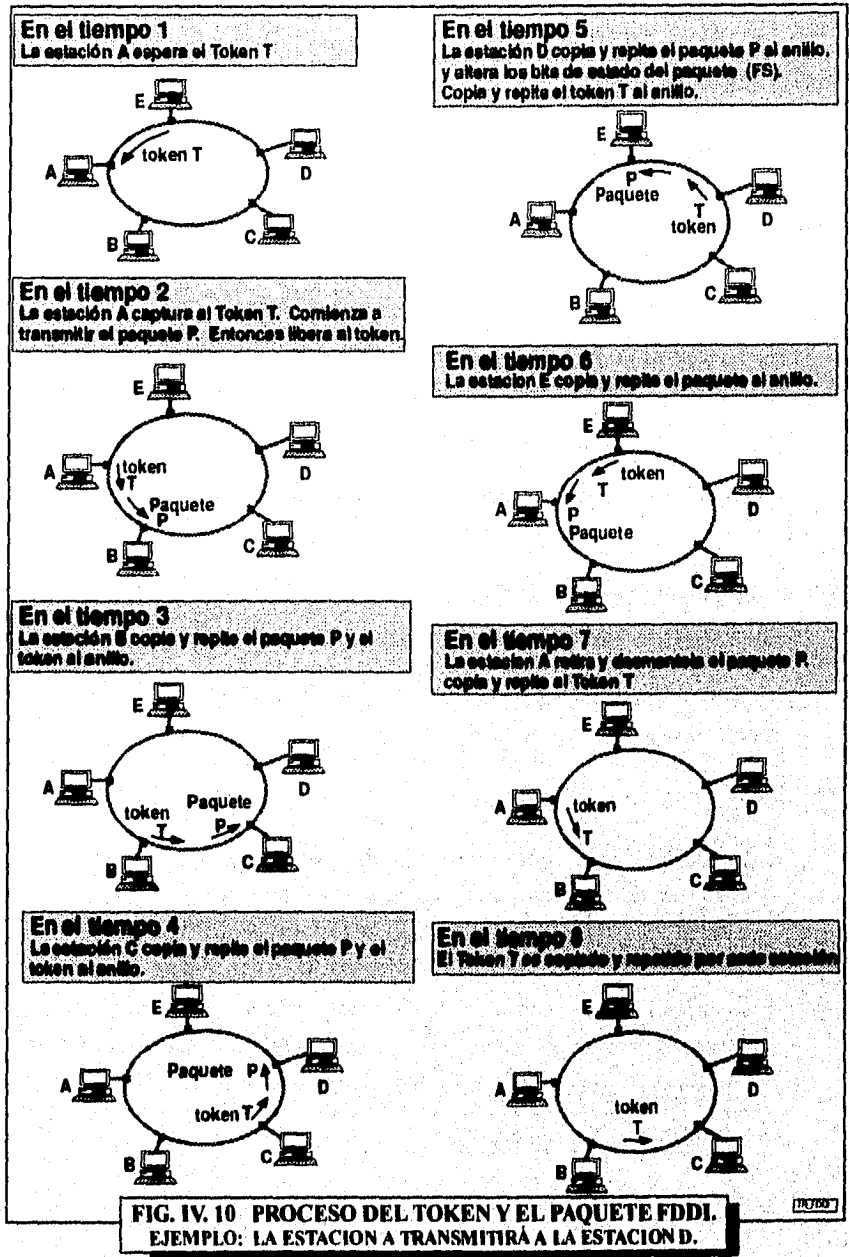
El acceso al medio está controlado por la posesión del token. Si ninguna estación quiere transmitir, el token continúa circulando por el anillo.

Cuando una estación desea empezar a transmitir información hacia otra estación debe capturar al token, luego envía un paquete donde va la información así como la dirección de la estación destino, en ese instante el token pasa a ser un token ocupado. Este paquete, circulará por el anillo y al pasar por cada estación ésta examina la dirección que está especificada en el paquete, aceptando la información sólo si le corresponde.

En la especificación IEEE 802.5, al recibir la estación destino la información, envía el token con un mensaje de que se recibió, a la estación de donde se transmitió, y ésta libera el token el cual vuelve a ser libre. Sólo hay un token en la red por lo que de todas las estaciones, una sola estación podrá transmitir en el anillo en un momento determinado.

La alta velocidad del FDDI, el tamaño máximo que pueden tener los paquetes y la extensión física que puede alcanzar la red hacen que el tiempo de transmisión de un paquete sea pequeño en comparación al retardo de propagación del paquete alrededor del anillo. Debido a esto, para aumentar la eficiencia de la red, la estación que transmite pone en circulación un nuevo token inmediatamente después de terminar una transmisión sin esperar que el que envió dé la vuelta completa al anillo por lo que no se puede utilizar el esquema de prioridades del 802.5, sino una variante del algoritmo de asignación de capacidad del 802.4. (Ver FIG. IV.10)

A esto se le agregan asignaciones del ancho de banda, para transmitir varios paquetes consecutivos y multiplexar el tiempo de tráfico continuo y en ráfagas.



**FORMATO Y TIPOS DE TOKEN**

El token es el único paquete que permite a un nodo obtener el acceso al anillo para transmitir información. La subcapa MAC es responsable de la captura y retransmisión del token. Este consiste de los siguientes campos:

PA	SD	FC	ED
----	----	----	----

- \* Preámbulo (PA) de 16 o más símbolos I. Este sincroniza el token con el reloj de cada estación. Los nodos que repiten el token pueden cambiar la longitud de este campo, de acuerdo a sus necesidades de sincronización (filtro repetidor).
- \* Delimitador de inicio (SD) estado de un símbolo par JK, indica el comienzo del token.
- \* Control del paquete (FC) consiste de 2 símbolos los cuales denotan el tipo de token.
- \* Delimitador de fin (ED) de 2 símbolos T. Indica el final del token

Dos clases de tokens son definidos:

⇒ **Un token no restringido** se usa para operación normal.

PA	SD	FC	ED
IIIIIIIIII	JK	1000 0000	TT

⇒ **Un token restringido** permite que una terminal transmita en forma asíncrona a mayor velocidad, aprovechando el tiempo entre un token y otro.

PA	SD	FC	ED
IIIIIIIIII	JK	1100 0000	TT



**FORMATO DEL PAQUETE**

El formato del paquete consiste de:



- |   |  |
|---|--|
| <p><b>PA.-</b> Preámbulo.<br/>(16 o más símbolos I)</p> <p><b>SD.-</b> Delimitador de inicio.<br/>(1 símbolo par JK)</p> <p><b>FC.-</b> Control del paquete.<br/>(2 símbolos)</p> <p><b>DA.-</b> Dirección destino.<br/>(4 o 12 símbolos)</p> <p><b>FCS.-</b> Secuencia de revisión del paquete. (8 símbolos)</p> | <p><b>SA.-</b> Dirección fuente.<br/>(4 o 12 símbolos)</p> <p><b>INFO.-</b> Información.<br/>(0 o más símbolos)</p> <p><b>ED.-</b> Delimitador de fin.<br/>(1 símbolo T)</p> <p><b>FS.-</b> Estado del paquete.<br/>(3 o más símbolos R o S)</p> |
|---|--|

- \* Preámbulo (PA) de 16 o más símbolos I, sincroniza el paquete con el reloj de cada estación. Los nodos que repiten este paquete pueden cambiar la longitud de este campo, de acuerdo a sus necesidades de sincronización.
- \* Delimitador de inicio (SD) estado de un símbolo par JK, Indica el comienzo del paquete.
- \* Control del paquete (FC) consiste de 2 símbolos los cuales denotan el tipo de paquete. Este campo se construye con los bits CLFFZZZZ.
  - El bit C especifica la clase de paquete que es (asíncrono o sincrónico)
  - El bit L Indica si la longitud de los campos de direcciones es de 16 o 48 bits.
  - El bit FF Indica si el paquete contiene información del usuario (LCC) o información de control del protocolo MAC.
  - Los bits ZZZZ especifican la prioridad del paquete LLC o MAC.

- \* Dirección destino (DA) consiste de 4 o 12 símbolos, y especifica la dirección de la estación a la cual va dirigida la trama.  
Puede ser una dirección única o de grupo, y en una misma red pueden coexistir estaciones con campos de dirección de 16 bits y estaciones con campos de dirección 48 bits de dirección.
- \* Dirección fuente (SA) consiste de 4 o 12 símbolos, y especifica la dirección de la estación que envió el paquete.
- \* Información (INFO) contiene datos del usuario o información de control MAC.  
Puede no existir si el usuario no envía información.  
La longitud máxima de un paquete es de 4500 bytes, incluyendo 2 bytes del preámbulo.
- \* Secuencia de verificación del paquete (FSC). consiste de 8 símbolos, este campo de 32 bits sirve para detectar si hubo errores durante la transmisión del paquete.  
El FCS se calcula utilizando los campos FC, DA, SA e INFO.
- \* Delimitador de fin (ED) consta de un símbolo T. Indica el final del paquete.  
Como el símbolo T no es parte de los 16 símbolos de datos, el ED no se puede confundir con símbolos de otros campos del paquete.
- \* Estado del paquete (FS) consiste de 3 o más símbolos R o S que especifican el estatus del paquete con símbolos indicadores de control E, A y C.  
Los símbolos set y reset de los indicadores E, A y C se administran por la subcapa MAC y señalan si una condición en la subcapa MAC ha ocurrido durante la circulación del paquete en la red.

Cuando la estación emisora transmite un paquete coloca en el campo FS 3 símbolos R (Reset), los indicadores pueden cambiar a:

**E.- Detección de Error en el paquete.** Si una estación detecta un error en la transmisión coloca en el indicador E el símbolo S.

**A.- Reconocimiento de la dirección.** Si una estación detecta su dirección en el campo DA cambia a S el indicador A.

**C.- Paquete copiado.** Si la estación que detectó su dirección copia el paquete cambia el indicador C a S.

Los indicadores A y C permiten que la estación emisora determine, al regresar su paquete, si la estación receptora no existe o no está activa, existe pero no copió el paquete, o existe y copió el paquete.

**Notas:**

- La secuencia de información del paquete incluye el campo de control del paquete, los campos de direcciones destino y fuente, y 8 símbolos del campo de secuencia de revisión del paquete.
- Toda estación requiere soporte completo de los paquetes de 16 bits de direccionamiento, repetir todos los paquetes de direccionamiento de 48 bits y soportar los 48 bits de demanda, guía y emisión de paquetes de dirección (Ver tipos de paquete).
- El primer bit del paquete de la dirección destino denota si un paquete es individual o un grupo de direcciones, mientras el segundo bit de los 48 bits de direcciones denota si la dirección es universal o esta localizada en las direcciones de administración.
- El primer bit de la dirección fuente siempre denota una dirección individual.

**TIPO DE PAQUETE**

El campo de control del paquete denota el tipo o clase de paquete:

⇒ **Un paquete vacío** es un paquete en el cual el contenido es ignorado mientras esta siendo desmantelado por la estación de transmisión.

J K	0X00 0000	T
-----	-----------	---

⇒ **Los paquetes MAC, SMT y LLC** son usados para transmitir información a través de las subcapas entre estaciones.

\* **Los paquetes MAC** se usan para inicializar y recobrar varios parámetros MAC, en los cuales se incluye:

⇒ El "paquete guía" el cual se usa para localizar una falla seria que se haya producido en el anillo

1L00 0011	2/6 Octetos DA=SA	2/6 Octetos SA	4 Octetos T	...Octetos	4 Octetos FCS
-----------	----------------------	-------------------	----------------	------------	------------------

⇒ El "paquete de demanda" el cual se usa para determinar cual estación podrá transmitir el primer token e inicializar el anillo.

1L00 0011	2/6 Octetos DA=0	2/6 Octetos SA	1 Octeto de tipo	3 Octetos reservados	4 Octetos FCS
-----------	---------------------	-------------------	---------------------	----------------------	------------------

\* **Las funciones de las Estaciones de administración SMT** implementan las facilidades para administración de la red y usa sus propias clases de paquetes. Un paquete especial SMT direcciona la siguiente estación, y es usado por SMT para mapear el anillo y recobrar funciones.

0100 rXXX	2/6 Octetos DA=SA	2/6 Octetos SA	0 - 4486 Octetos	4 Octetos FCS
-----------	----------------------	-------------------	---------------------	------------------

\* **Los paquetes LLC** se usan para la transmisión de información entre las capas altas del modelo OSI y sirven como la principal vía de información para la conectividad de la red. Estos pueden ser enviados como paquetes síncronos o asíncronos.

⇒ La transmisión de paquetes síncronos es parte de una predeterminada asignación garantizada de ancho de banda en una estación. Estos están arriba de los paquetes de prioridad.

1L01 rXXX	2/6 Octetos DA	2/6 Octetos SA	0 - 4486 Octetos	4 Octetos FCS
--------------	----------------	----------------	---------------------	------------------

⇒ Los paquetes asíncronos usan el tiempo entre tokens para transmitirse generalmente a altas velocidades.

0L01 rXXX	2/6 Octetos DA	2/6 Octetos SA	0 - 4486 Octetos	4 Octetos FCS
--------------	----------------	----------------	---------------------	------------------

⇒ Los paquetes reservados existen para usarse por la implementación dependiente de la red. Están especificados por un sitio dependiente de la red solamente.

#### GENERACIÓN Y DETECCIÓN DE ERROR DE 32 BITS CRC

El campo de información consisten de 0 o más octetos de información. El campo de secuencia de verificación de paquete es un código CRC de 32 bits comúnmente usado para protocolos de comunicación que encapsula la secuencia de información, incluyendo el paquete de control, direcciones y los campos de información, y al mismo campo de secuencia de verificación del paquete.

#### OPERACION DE LOS CRONOMETROS DEL ANILLO FDDI

Tres relojes y un contador son usados por la subcapa MAC para regular la operación del anillo:

- ⇒ **El reloj propiedad del token THT**, controla cuanto tiempo puede la estación transmitir paquetes asíncronos.
- ⇒ **El reloj de transmisión válida TVX**, se utiliza para recobrase de situaciones de errores transitorios en el anillo. En tiempo de retraso desde la última transmisión válida y un paquete vacío, el paquete vacío puede ser usado para resetear el TVX en ausencia de un paquete normal de información.
- ⇒ **El reloj de rotación del Token TRT**, controla el horario del anillo durante la operación normal, además de detectar y controla el reestablecimiento de posibles situaciones serias de error en el anillo.
- ⇒ **El contador de retraso (Late\_Ct)** cuenta el número de expiraciones de TRT desde que el MAC fue restablecido o un token fue recibido.

Tres contadores adicionales se usan para ayudar en problemas de determinación y fallas locales:

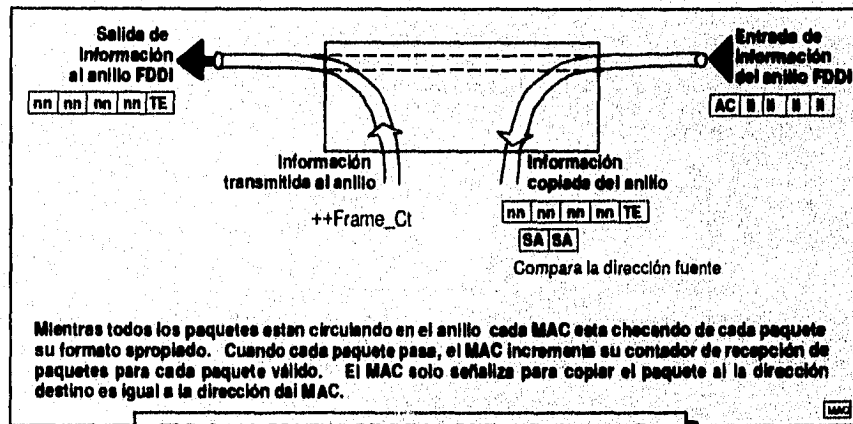
- ⇒ **El Frame\_Ct** es un contador de todos los paquetes completos recibidos (no fragmentados).
- ⇒ **El Error\_Ct** es un contador de paquetes recibidos con un error en la revisión del paquete FCS y sin el indicador E agrupado.
- ⇒ **EL Lost\_Ct** es un contador de todos los instantes que mientras se recibía un paquete o token un error ocurría que afectaba la integridad del mismo, como si fuera una recepción de un símbolo V.

**OPERACION GENERAL DEL PROTOCOLO FDDI**

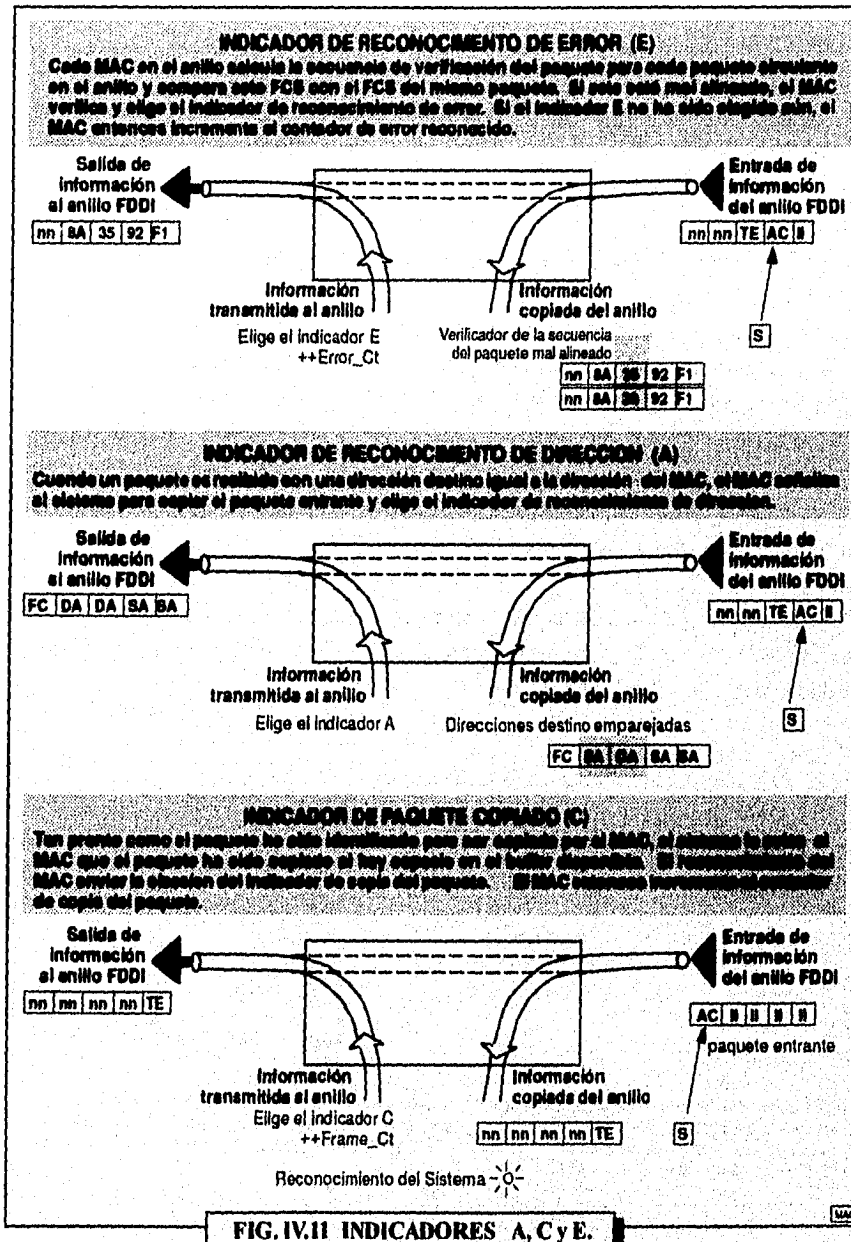
Si una estación desea transmitir información, debe ganar el acceso al anillo capturando el token. Al capturarlo podrá seguir transmitiendo múltiples paquetes hasta que termine o el tiempo disponible expire; es entonces cuando se retransmite el token al anillo. Si el MAC ha capturado el token, paquetes o Idles (I) pueden ser transmitidos, y todos los símbolos entrantes son bloqueados y desechados.

Mientras varios paquetes circulan alrededor del anillo, ellos son reconocidos por la estación receptora la cual selecciona el indicador A. El paquete es copiado al espacio disponible del buffer de la estación, la cual selecciona el indicador C, durante la retransmisión, e incrementa el contador de copia Frame\_Ct. En caso de que la estación note que el paquete tiene errores en su formato, elige el indicador de reconocimiento de error E; si para ese entonces no había sido elegido este indicador por otra estación, incrementará el contador de error Error\_Ct. (Ver Fig. IV.11)

Mientras circulan los paquetes en el anillo, cada MAC de cada estación, esta verificando su formato, e incrementando el contador de recepción de paquetes válidos Frame\_Ct. (Ver Fig. IV.12)



**FIG. IV.12 CONTADOR DE PAQUETES (Frame\_Ct)**





Si un paquete tiene problemas con su formato y tiene otros símbolos no válidos en la información antes del delimitador de fin (T), el MAC incrementa el contador de pérdida de paquetes y cambia el residuo del paquete con idles (I). (Ver Fig. IV.13)

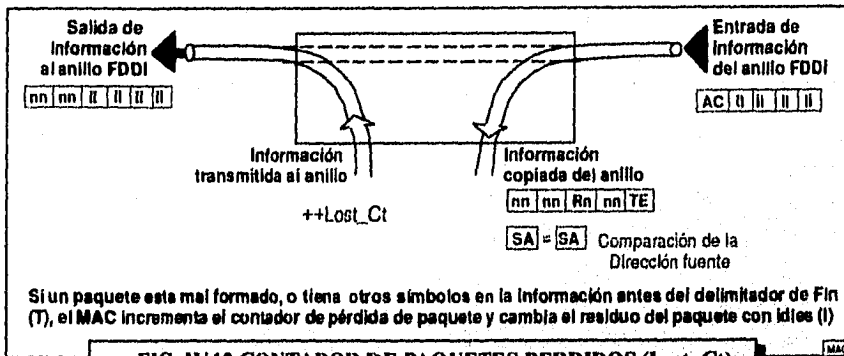


FIG. IV.13 CONTADOR DE PAQUETES PERDIDOS (Lost\_Ct)

Quando el paquete regresa a la estación original, esta reconoce su dirección en el campo de direcciones de la fuente, por lo que empieza a desmantelarlo para posteriormente transmitir el paquete fragmentado seguido de varias I. Si otra estación quisiera transmitir sobre este paquete fragmentado, simplemente sobrescribe el MAC sobre él. (Ver Fig. IV.14)

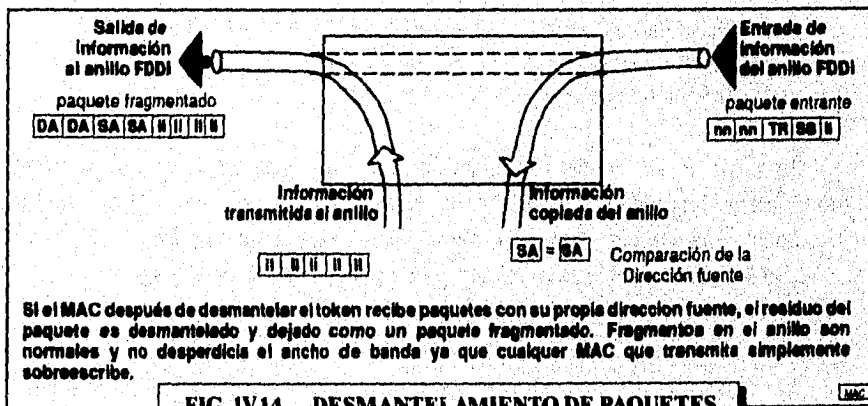


FIG. IV.14. DESMANTELAMIENTO DE PAQUETES

Una estación con tráfico continuo necesita el token periódicamente en un cierto lapso. Durante el proceso de reclamo (Claim), todas las estaciones en el anillo coinciden sobre un tiempo mínimo solicitado por las estaciones de rotación del token TTRT, cada estación tiene un temporizador TRT que mide el tiempo entre llegadas consecutivas del token, si entran varias estaciones en el proceso de reclamo, envían el paquete de demanda y se hace una comparación entre los tiempos TRT entre estaciones. Las estaciones que no entraron en proceso de reclamo dejan pasar el paquete de demanda, la estación con el más bajo bid TRT gana. Si dos estaciones tienen el mismo TRT, se define con la que tenga la dirección más alta. (Ver fig. IV.15)

A algunas estaciones con tráfico continuo se les asigna un tiempo de transmisión sincrónica (SA) que garantiza qué estación ocupará el ancho de banda de transmisión; durante este tiempo puede enviar tramas cada vez que capture un token. Un tiempo de asignación sincrónica de una estación se basa en la implementación del anillo y agrupado por una comunicación SMT a SMT, y debe cumplir con:

$$\sum SAI + D_{\max} + F_{\max} * \text{Token\_Time} \leq \text{TTRT}$$

donde:

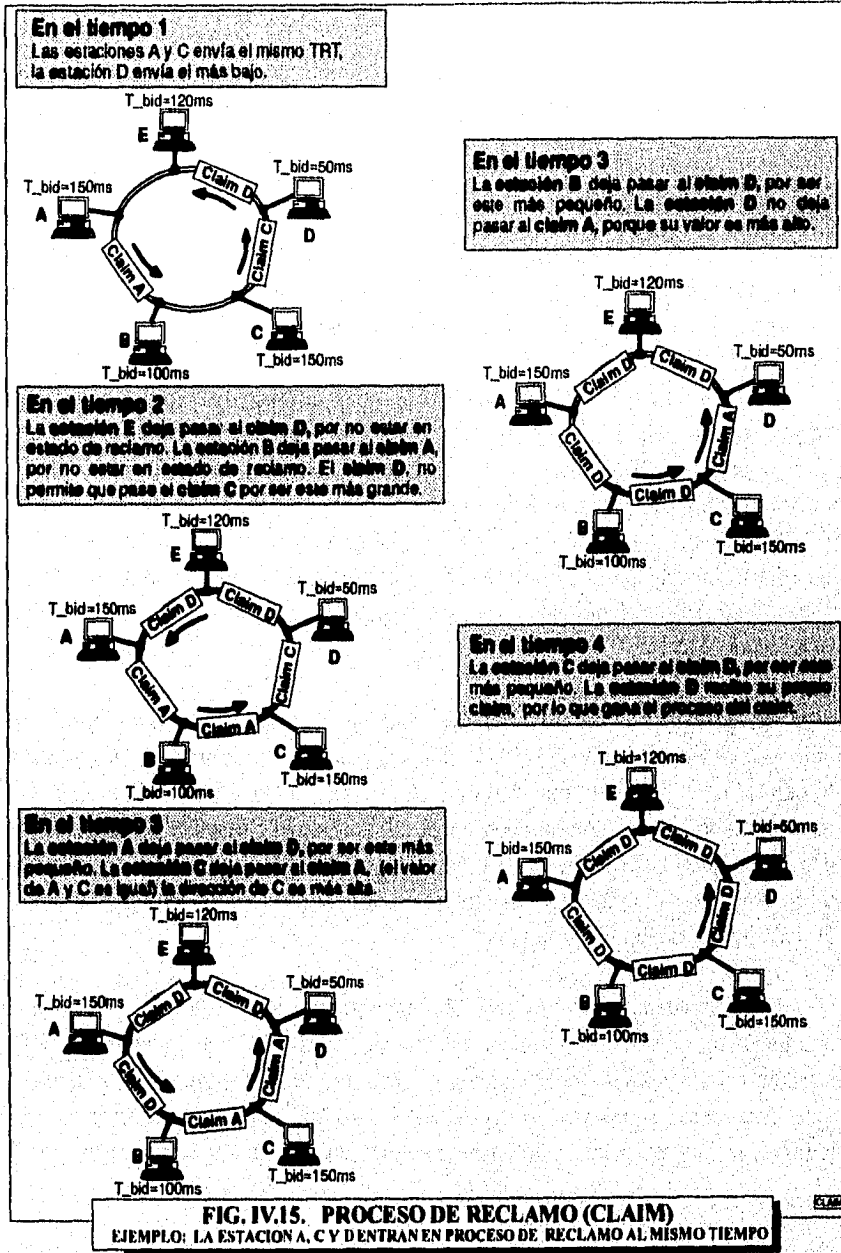
$D_{\max}$  = Tiempo máximo de propagación de un símbolo alrededor del anillo

$F_{\max}$  = Tiempo necesario para transmitir un paquete de longitud máxima.

Token\_time = Tiempo de transmisión de un token.

SAI = Tiempo de transmisión sincrónica.

En caso de ser tráfico en ráfaga, con necesidad de ancho de banda menos predecible y tiempo de respuesta menos crítico, se utilizan paquetes de transmisión asíncrona. Estos paquetes pueden o no ser enviados cuando se captura un token, dependiendo de la velocidad de rotación que venía presentando el token.



**FIG. IV.15. PROCESO DE RECLAMO (CLAIM)**  
EJEMPLO: LA ESTACION A, C Y D ENTRAN EN PROCESO DE RECLAMO AL MISMO TIEMPO

Como cada estación tiene un temporizador TRT que mide el tiempo entre llegadas consecutivas del token, si este tiempo es superior a tiempo mínimo solicitado por las estaciones de rotación del token TTRT entonces la estación no puede enviar tramas asíncronas. Si el token llega a tiempo entonces la estación puede transmitir paquetes asíncronos durante un tiempo igual a la tiempo de transmisión sincrónica de la diferencia entre TTRT y TRT. Esta diferencia se almacena en el temporizador THTR que se habilita únicamente durante la transmisión de paquetes asíncronos. Dependiendo del valor de THT, es posible enviar paquetes en ocho diferentes niveles de prioridad.

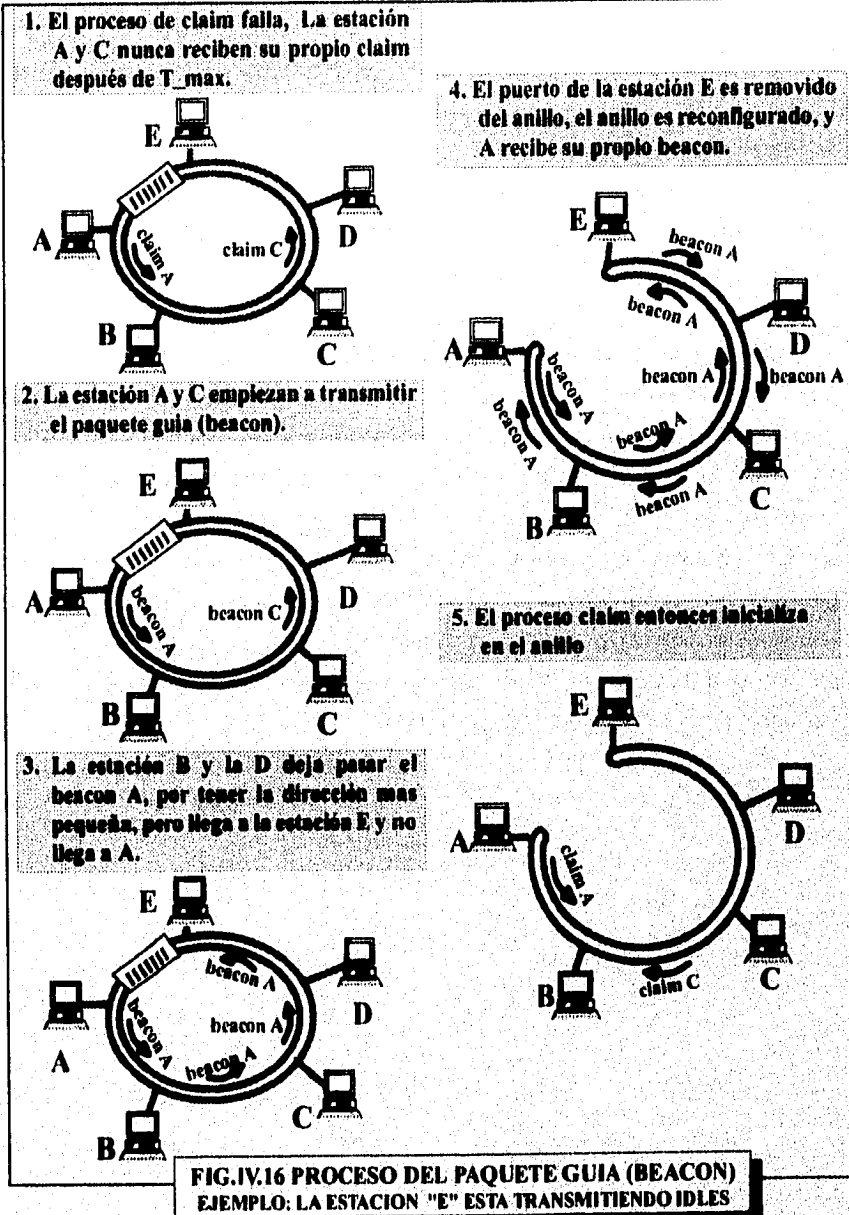
Cada tiempo un token es recibido, y el contador de retraso Late\_Ct es restablecido a cero y TRT es restablecido a TTRT e inicia la cuenta regresiva. Si otro token es recibido antes que el TRT expire, ambas transmisiones sincrónicas y asíncronas podrían tomar el mismo lugar. En este tiempo, THT es agrupada a TRT y TRT es reseteada a TTRT para empezar midiendo el tiempo del siguiente intervalo de rotación. THT es entonces el ancho de banda disponible que se puede usar para transmisión asincrónica y paquetes asíncronos pueden ser transmitidos hasta que expire THT.

Puede existir un esquema de prioridad asincrónica para THT para tener mayor valor que el valor de umbral  $T\_Pri(n)$ , antes que una trama de prioridad (n) pueda ser transmitida. Si llega a la estación otro token, antes de que TRT expire, Late\_Ct es incrementado a uno y solo pueden haber transmisiones sincrónicas durante el tiempo disponible que existe antes de recibir el token. Si TRT expira por segunda vez antes de recibir el token, Late\_Ct se incrementa a dos, el token es considerado perdido, y un nuevo proceso de reclamo empieza.

Este protocolo garantiza un TRT cada cierto tiempo (tiempo promedio de respuesta sincrónica) el cual no es mas grande que TTRT, y un máximo TRT (o máximo tiempo de respuesta sincrónica) el cual no es mas grande que el ancho de banda asincrónica no utilizada por la estación, pero que cualquier otra estación pueda tener un cambio para usar este ancho de banda y tener comunicación entre ellas

Todo esto hace posible que dos o más estaciones puedan establecer diálogos asíncronos extendidos, utilizando tokens restringidos que permiten reservar temporalmente todo el ancho de banda que no se usa para la transmisión síncrona. Un token restringido es un token especial que transporta una dirección DA y que sólo puede ser capturado, para la transmisión de paquetes asíncronos por la estación con dirección DA.

Otra diferencia con el 802.5, es que el FDDI no tiene una estación particular que monitoree el anillo, esta función la realizan todas las estaciones y tiene como objetivo detectar y corregir una condición inválida de funcionamiento en el anillo. La existencia de esta condición es detectada por las estaciones cuando no ven circular un token en un determinado intervalo de tiempo. Para corregir esta condición, las estaciones FDDI ejecutan el algoritmo de reclamo (Claim) y la estación ganadora inserta en el anillo un nuevo token. Si la condición inválida no puede resolverse debido por ejemplo a una ruptura en el anillo, las estaciones invocan un proceso guía (beacon) que finaliza hasta que el anillo se restaura (por intervención manual o automáticamente). (Ver fig. IV.16)



**FIG. IV.16 PROCESO DEL PAQUETE GUIA (BEACON)  
EJEMPLO: LA ESTACION "E" ESTA TRANSMITIENDO IDLES**

**D) SUBCAPA DE ADMINISTRACIÓN DE ESTACIONES -SMT -.**

Esta subcapa que se ocupa del mapeo sofisticado de estaciones FDDI en diferentes circunstancias. Su funcionamiento de administración de la red se desempeña en monitoreo, detección de fallas y recobro de errores. Controla todas las capas del modelo OSI. (Ver fig. IV.17)

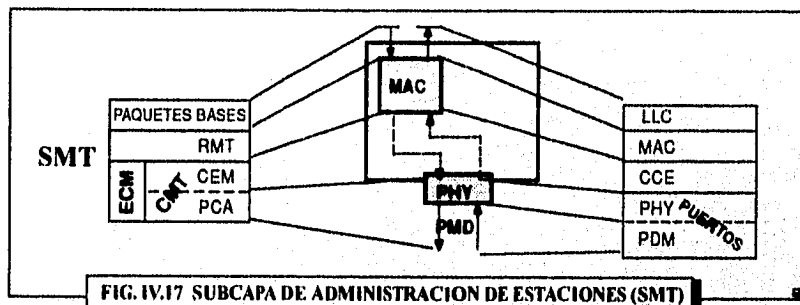


FIG. IV.17 SUBCAPA DE ADMINISTRACION DE ESTACIONES (SMT)

SMT está dividido en tres áreas (Ver Fig. IV.18):

- 1) **Administración de conexiones (CMT).** El administrador CMT Controla los componentes PHY y su conexión física. Analiza los enlaces físicos con las estaciones vecinas. Configura conexiones lógicas entre PHY y MAC para lograr un acoplamiento lógico de la estación al anillo. Detecta fallas en la capa física.
- 2) **Administración del anillo (RMT).** Controla y notifica la disponibilidad de los componentes MAC y los anillos a los cuales ellos son lógicamente acoplados. Provee detección de errores en el anillo basado en paquetes MAC e inicializa las correspondientes correcciones a estas discrepancias según el nivel que ocupe.
- 3) **Administración basada en paquetes.** SMT provee de funciones basadas en paquetes que reúnen información referente a los paquetes circulantes y ejerce control sobre las estaciones de la red FDDI. Además de análisis, detección y corrección de problemas de paquetes según su nivel.





## 1) ADMINISTRACIÓN DE CONEXIONES (CMT)

El administrador de conexión (CMT) realiza la conexión de los puertos al MAC, además de encargarse de la inserción y eliminación de los puertos PHY y PDM al anillo.

Ejecuta la función de cancelación para remover aquellos paquetes solitarios que pudieron haber quedado después de una reconfiguración que se haya realizado para remover una MAC.

El CMT coordina la configuración de elemento de control (un CCE por puerto) a través de un administrador de elementos de configuración (CEM). Provee de las configuraciones viables para una estación o concentrador FDDI, y de un administrador colectivo de configuración (CFM) a través de una estación.

Por lo que CMT esta subdividido en tres áreas que se complementan: ECM, PCA y CFM.

### 1.1) ADMINISTRADOR COORDINADOR (ECM)

El **administrador coordinador (ECM)** se encarga de la interfase al medio para la red FDDI, e indica cuando el medio esta disponible, ya que controla la conexión PMD para conectarse, deshabilitarse y verificar el ciclo completo del PMD local. El ECM se comunica con el PCA para informarle el estado del PMD. Presenta la posibilidad de coordinar a otras SMT a través de un nodo.

Coordina las actividades de todos los puertos, incluso del enchufe óptico para desvíos con lo que inserta o quita un nodo en el anillo (estación o concentrador). Cuando se activa algún enchufe óptico para desvíos el ECM señala al administrador de conexiones físicas (PCA), cuando el medio esta listo para empezar a inicializar desde el PHY.

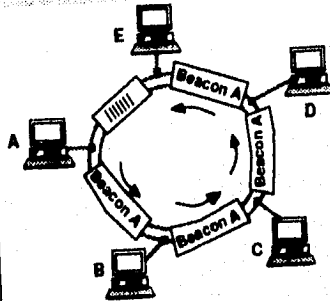
ECM también coordina el análisis de la función de trazo de un nodo para localizar alguna supuesta falla; y funciones que analizan y proveen de la ruta respectiva a través de un nodo al siguiente vecino MAC. Estas son utilizadas para localizar una condición de inserción de paquete guía (Beacon) así como movilizar mecanismos para recobrase de esta. También señalizan al PCA para que este inicialice el envío de MLS (Estado de línea maestro) al flujo de MAC para iniciar la función del trazo. El ECM es responsable de la propagación y terminación del trazo. (Ver Fig. IV.19)

El análisis de la ruta verifica todos los componentes existentes en la red, a través de una estación o nodo, analizando todas las funciones y operaciones en el anillo.

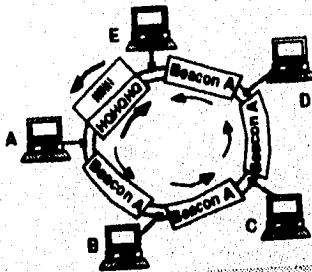
Los resultados que se obtienen pueden ser:

- Solución apropiada de un proceso de reclamo (claim).
- La posibilidad de alcanzar a todos los puertos a través de una configuración por enchufe óptico para desvíos.
- Operación apropiada del token y los procesos del paquete.
- Operación apropiada de relojes y contadores.

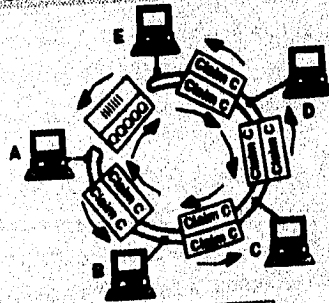
**En el tiempo 1**  
La estación A reconoce el problema, e inserta una señal guía (Beacon).



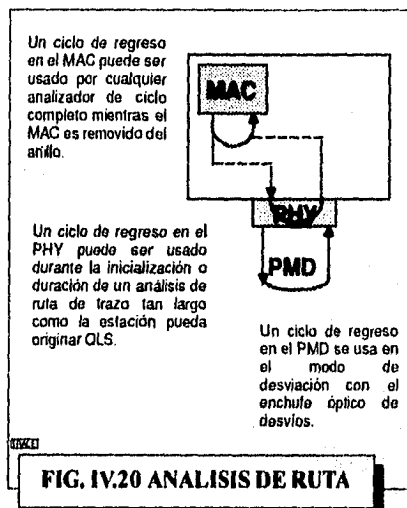
**En el tiempo 2**  
La estación A inicializa una función de trazo hacia su estación vecina anterior E.



**En el tiempo 3**  
Después de completar el análisis de la ruta, el origen A-E se inicia de nuevo el PCA. El resto del anillo se retransmite.



**FIG. IV.19 FUNCION DE TRAZO  
EJEMPLO: LA ESTACION "E" ESTA TRANSMITIENDO IDLES**



Un analizador de ruta puede operar durante la inicialización de la estación así como durante una función de trazo. A veces no es posible el análisis del enlace físico durante la inicialización, pero puede ser después del PCA analizado por el monitor de error en enlace. (Ver Fig. IV.20)

**1.2) ADMINISTRADOR DE CONEXIONES FÍSICAS (PCA)**

El PCA impone las reglas de conexión entre puertos unidos, administra las señales entre los puertos por generalización y reconocimiento de los estados de línea, evitando los posibles ciclos locales fuera del anillo principal (autoaislamiento del nodo) e inicializa la conexión de los puertos vecinos en caso de ser necesario.

El PCA al recibir del ECM la señal de que un puerto se ha dañado, inicia la conexión física entre el puerto dañado y otro puerto de la estación o concentrador más cercano en el anillo FDDI. Para realizar esta conexión física entre un puerto y sus vecinos se usa una "señal de envío" la cual va y viene buscando una respuesta a una secuencia de estado de línea en un predeterminado protocolo.

La "señal de envío" no es otra cosa que la transmisión de un flujo continuo de símbolos desde una estación o concentrador hacia otro vecino semejante hasta que responda el vecino el cual cambia a un nuevo estado de línea y esta empieza a transmitir un diferente flujo de símbolos esperando la siguiente respuesta.

Las secuencias de PCA a través de un número de señales (estados de línea) para comunicarse da información sobre su conexión: como el tipo de puerto (A, B, M, S), la compatibilidad de sus conexiones, la duración de un examen confidente de enlace (LCT), la disponibilidad de una MAC para una examinación del ciclo local, y la asignación de un MAC a este puerto para operaciones en el anillo ya sea como un árbol o par de MAC. Cuando la conexión ha sido verificada completamente por este procedimiento, una respuesta es emitida para el administrador de configuración (CFM). A través del uso de este señalamiento característico, CMT en una estación puede forzar a su vecino CMT a un nuevo estado al transmitirle una serie de símbolos, ayudando en el aislamiento de fallas en el anillo. (Ver Fig. IV.21)

Con la supervisión del ECM, se ejecuta la función de trazo para recuperarse de las condiciones que se produjeron al introducir un paquete guía, para el aislamiento del lugar donde se presentó la falla.

Como el PCA reglamenta la conexión entre puertos unidos, estos pueden ser:

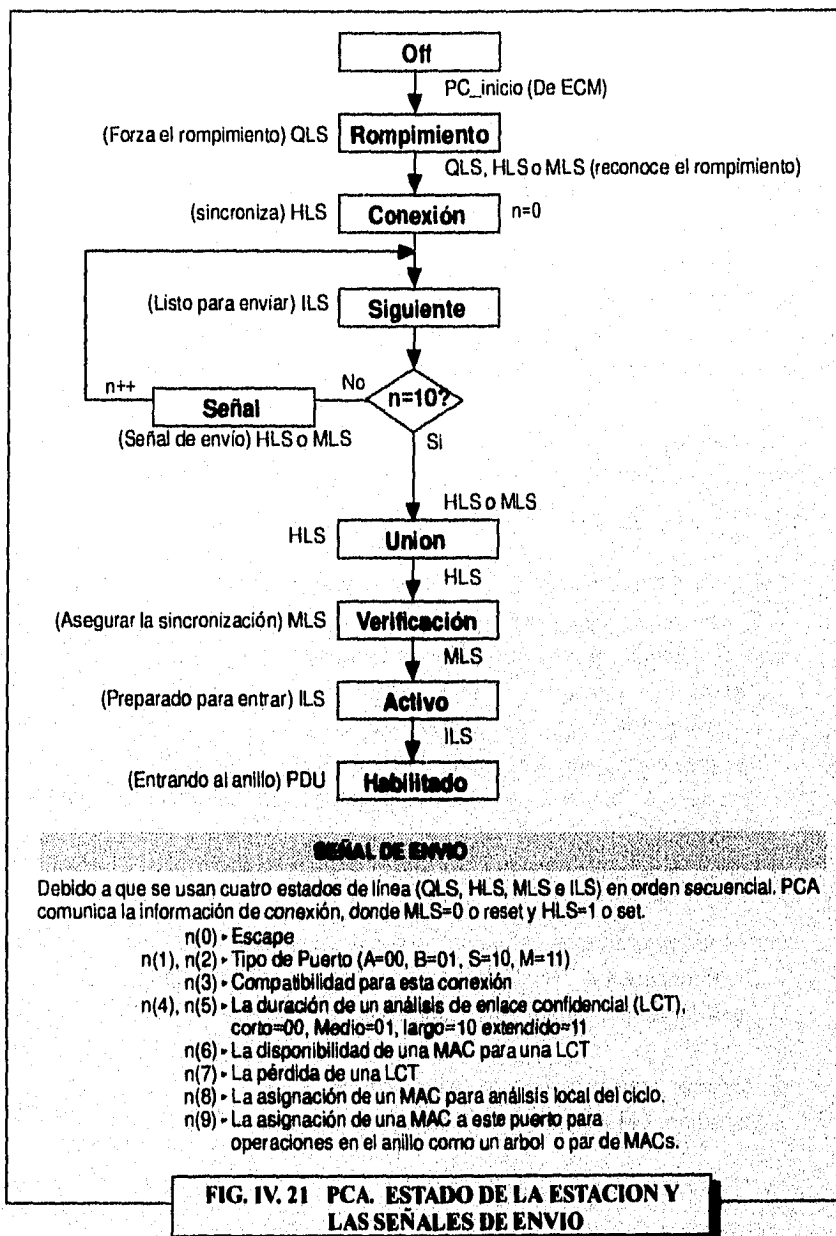
- Conexión del puerto A a B, DAS al anillo dual.
- Conexión del puerto M a S, SAS al concentrador.
- Conexión del puerto A a M o B a M, precedente al puerto B. Cuando los puertos A y B de un DAS son conectados a dos puertos M del mismo o diferente concentrador, el puerto A es deshabilitado por el DAS y el puerto B completa el PCA. Esta proporciona una conexión dual mientras localiza la desconexión.
- Conexión del puerto S a S, anillo sencillo de dos nodos.

Las conexiones opcionales que se pueden realizar para niveles altos incluye:

- Conexiones A a A o B a B, formando un anillo sencillo trenzado
- Conexiones A a S o B a S, formando un anillo envuelto.

Conexiones ilegales que nunca se deben hacer :

- Conexiones M a M, formando un árbol de topología anillo.



El PCA monitorea el enlace físico detectando errores de enlace confidencial el cual se utiliza para determinar si el enlace es adecuado para la operación del anillo. Un monitor de error de enlace (LEM) se usa para examinar la velocidad de error en un enlace activo, este se realiza con una transmisión de símbolos I (idles) durante 50 ms. Los errores de enlace son contados y comparados contra la alarma y contadores de límite de error en la velocidad. Si la velocidad de error excede el límite de umbral, el enlace es automáticamente removido del anillo y el evento es reportado al administrador de niveles altos.

El examen de la integridad de los paquetes, involucra el uso de paquetes de transmisión de MAC, así como la ejecución de operaciones normales de MAC.

### 1.3) ADMINISTRADOR DE CONEXIONES CFM

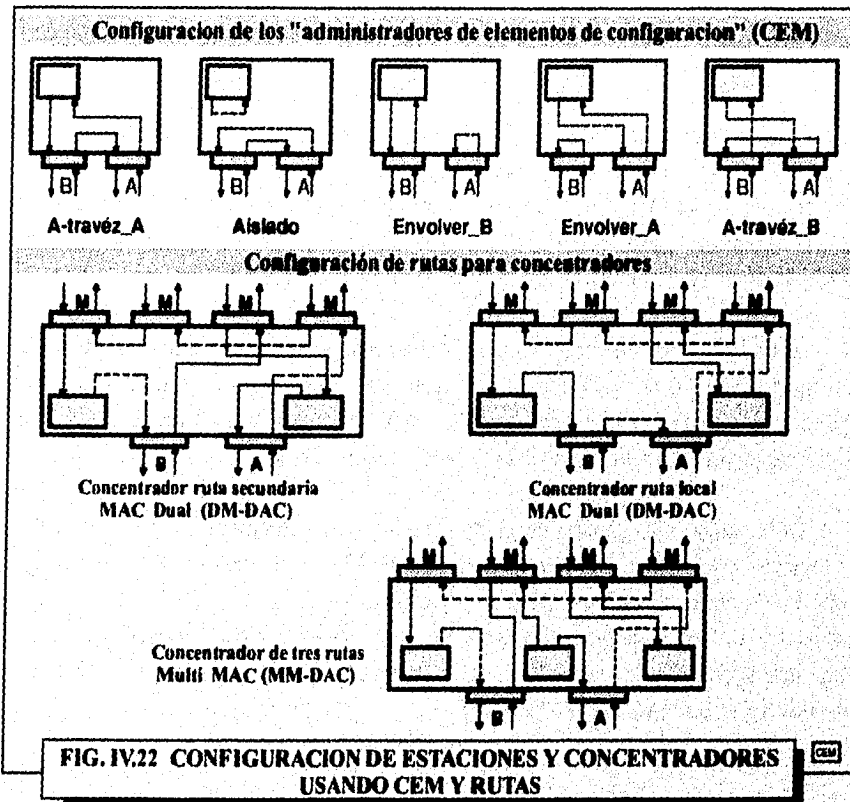
Cada puerto en una estación o concentrador tiene un PCA asociado con él, y cada PCA tiene un administrador de elementos de configuración (CEM) asociado con él. Cada CEM controla un elemento de control de configuración asociado (CCE), algunas veces referenciado como el enchufe de configuración, el cual conecta físicamente el MAC y los puertos existentes (PHY).

El administrador de conexiones CFM colectivamente se refiere a todos los CEM en una estación o concentrador y administra la configuración del MAC y puertos existentes. Administra la interconexión de PHYs y MACs para configurar el puerto y coordinar la conexión de todos los MAC a través de un nodo.

CFM soporta la configuración de todo tipo de estaciones y concentradores incluyendo DAS, SAS, DAC, y SAC a través del uso de cuatro diferentes CEM soportando conexiones A y B para un anillo de unión dual y conexiones S y M para todas las uniones simples. También hay un sencillo CEM especificado para coordinar la conexión de todos los MAC a través de un nodo, llamado "Administrador de colocación de MAC". (Ver Fig. IV.22)

Se necesita de cada CCE para proveer una ruta primaria de conexión para sus puertos asociados, y puede opcionalmente incluir la capacidad de conectarse a la ruta secundaria. La unión de una ruta local que pudiera usarse para conectar una MAC dedicada a un puerto también existe.

CFM se responsabiliza y garantiza que una reconfiguración del anillo no debe crear paquetes indeseables en el anillo; esto incluye remover los paquetes de MAC que pertenecen a la ruta del token en ese instante, no concatenación de paquetes o encontrando al menos 16 ls antes de conectarse a una nueva ruta dentro del anillo, y el vaciado o eliminación de procesos concurrencios en el puerto CEM en A y B, para evitar una entrada de estados indeseables.





## 2) ADMINISTRACIÓN DEL ANILLO (RMT)

El administrador del anillo RMT verifica la información básica y condiciones de cada MAC verificando su disponibilidad para transmitir y recibir información y el estado del CMT, comunicando esta información al SMT y subsecuentemente al administrador de niveles superiores.

RMT se hace responsable de los errores de nivel en el anillo que causan que el anillo no pueda operar.

Una inserción de condición de guía (beacon) se reconoce si en el anillo permanece en un estado de guía por un largo tiempo (alrededor de 8s), por la expiración de un reloj. Una vez que esta condición es reconocida, guías dirigidas son enviadas para ver si el problema no se puede resolver, si es así, RMT notifica a ECM y ECM inicializa la función de trazo la cual usa los señalamientos de PHY para identificar el dominio de la falla, examinando las rutas en todos los nodos en el dominio de la falla para darle solución.

Al observar el orden en el cual los paquetes de guía y reclamo son recibidos por el MAC, RMT puede detectar direcciones duplicadas auxiliándose del Ring\_Op, por lo que notifica al administrador de niveles más altos de esta condición.

RMT puede resolver este problema:

- Cambiando la dirección del MAC a una dirección única universal
- Cambiando el tiempo de envío para garantizar que esta estación pueda perder el proceso de reclamo.
- Removiendo el MAC del anillo.

### 3) ADMINISTRACIÓN BASADA EN PAQUETES.

SMT provee de varios servicios basados en paquetes y aplicaciones que pueden ser usados por funciones de administración de niveles más altos para reunir información referente a los niveles bajos, y así poder ejercer control sobre la red FDDI.

Los protocolos definidos dentro de SMT tienen la capacidad de:

- ⇒ Reunir información con respecto al estado de la red.
- ⇒ Detección, aislamiento y resolución de fallas en la red.
- ⇒ Operación del FDDI: parámetros operacionales para conocer la ejecución de aplicaciones y requerimientos de conectividad.

Estos paquetes de apoyo son:

#### 3.1) PAQUETES DE INFORMACIÓN DEL VECINDARIO NIF

La "notificación del vecindario" (NN) usa los NIF para determinar las direcciones de los vecinos anterior y siguiente (UNA y DNA), para poder detectar una dirección duplicada, y para verificar la operación del MAC local, recepción y transmisión así como las rutas en ausencia de tráfico en la red. Es por ello que los NIF proveen información para resolver fallas de la red y mapas de construcción del anillo lógico:

Los "NIF de aviso" son enviados cada 30s sobre condiciones de carga cero en la red. Si un indicador es reseteado cuando recibe, el MAC registra este NIF SA como su vecino siguiente y elige el indicador A. El NIF contiene un campo de dirección del vecino siguiente, y esta información junto con el campo SA puede ser usada por una estación de monitoreo para construir pasivamente un mapa del anillo lógico.

Un "NIF de solicitud" puede ser usado en lugar de un "NIF de aviso" con el mismo efecto de el indicador A, ya que se puede usar con un "NIF de pregunta", para solicitar respuestas de la red sobre información del vecindario. Este protocolo puede ser usado para construir activamente un mapa de anillo local.

### **3.2) PAQUETES DE ASIGNACIÓN DE RECURSOS RAF**

Los RAF se utilizan para soportar una variedad de políticas dentro de la red para el manejo de los recursos. El protocolo para este uso esta en desarrollo, pero ya opera, ya que actualmente solo el Ancho de banda sincrona es identificado como un recurso para ser soportado por el RAF.

### **3.3) LOS PAQUETES DE CONTROL DE ESTADO SRF**

Los SRF se usan para declarar periódicamente el estatus de las estaciones, condiciones de los parámetros de la red y condiciones de los eventos en las cuales pudiera estar interesado el administrador de la red. Cada SRF reporta muestras instantáneas las cuales son de interés al administrador de la red, y estos reportes pueden ser tan largo como las condiciones lo permitan.

### **3.4) LOS PAQUETES DE ADMINISTRACIÓN DE PARÁMETROS OPCIONALES PMF**

PMF son usados por un protocolo para leer y modificar parámetros en una estación, específicamente los parámetros definidos en el administrador de Información base MBI con lo que se tiene una administración remota sobre los atributos de las estaciones, como el ancho de banda sincrona asignado para cada estación.

Los paquetes de pregunta y respuesta son implementados para cada cuatro clases de PMF, así como la habilidad de direccionar a uno, a un grupo o a todas las estaciones en el anillo. Los PMF son transmitidos con un código de autorización para proveer un chequeo seguro. Los paquetes de respuesta denegada pueden alternativamente ser generados como una respuesta a una pregunta.

Las cuatro clases de PMF son:

- \* Get -Usado para preguntar el valor de uno o un grupo de atributos en el MIB
- \* Chance -Usado para cambiar el valor de un atributo sencillo en el MIB
- \* Add - Usado para adicionar el valor de un atributo sencillo en el MIB
- \* Remove -usado para remover el valor de un atributo sencillo en el MIB

### **3.5) LOS PAQUETES DEL ESTADO DE LA INFORMACIÓN SIF**

SIF usa paquetes de solicitud y respuesta para operar. Una estación puede preguntarle a una estación, a un grupo de estaciones, o a todas las estaciones del anillo esperando un SIF de respuesta. Sobre la recepción de un SIF de solicitud, el SIF de respuesta puede ser generado cada 30s.

Los SIF proveen el estatus de la estación obteniéndolo remotamente por una encuesta de estaciones verificando su conexión, sus parámetros de configuración e información de su operación estática. Esta información puede ser usada para construir un mapa de anillo completo, incluyendo la información física y lógica. Por ejemplo, un análisis en un concentrador que esté en el anillo, nos determina si existe un árbol de concentradores, y cual es su conectividad local usando cualquier de los protocolos SMT basado en solicitud/respuesta.

La información de la configuración con respecto a la estructura de un nodo describe las conexiones de sus PHY y MAC, así como los parámetros de operación, tales como el valor de los contadores y cronómetros etc. Esto lo puede usar el administrador de la red para detectar fallas al monitorear estos parámetros.

### **3.6) LOS PAQUETES DE ECO ECF**

El eco de los paquetes proveniente de SMT-SMT en un ciclo completo, analiza todo el anillo. Los ECF pueden ser usados para analizar fallas sensibles en la red revisando los datos sospechosos en los campos de información.

ECF puede también confirmar la funcionalidad básica de un puerto de la estación, MAC y SMT.

Una estación puede recibir las respuestas de ECF de otra estación para retransmitir un análisis de ruta que se necesitara en ese instante. Sobre la recepción, una respuesta de ECF se genera cada 30s, o un paquete de respuesta denegada puede ser generado.

### **3.7) LOS PAQUETES DE SERVICIO EXTENDIDO ESF**

ESF pueden ser usados para analizar los nuevos servicios de SMT que están proyectados para inclusión en versiones nuevas de documentos SMT-FDDI. Esta estructura esta definida por el propio tipo de extensión, solo requiere un parámetro de identificación.

### **3.8) LOS PAQUETES DE RESPUESTA DENEGADA RDF**

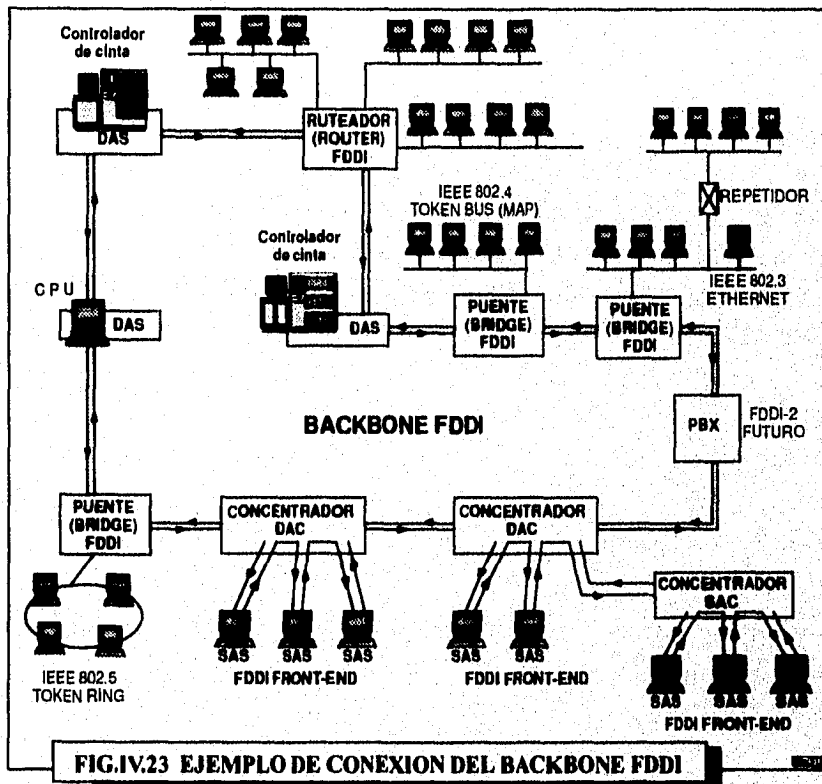
Al verificar la compatibilidad hacia atrás (niveles) con respecto a nuevos protocolos de fácil identificación de estaciones incompatibles en un ambiente mezclado, los RDF se utilizan para responder a un paquete opcional si esa estación no lo soporta o para responder a los paquetes SMT con versión ID que esa estación no soporta.

#### IV.4. CARACTERISTICAS DE LOS DISPOSITIVOS DE COMUNICACIONES DEL BACKBONE FDDI

En una red FDDI, se pueden usar cuatro tipos de dispositivos:

- Estaciones DAS y SAS.
- Concentradores DAC y SAC
- Puentes (Bridge)
- Ruteadores (routers)

La utilización de estos elementos debe ser planeada cuidadosamente para obtener de cada uno los mayores beneficios con el menor costo (Ver fig. IV.23).

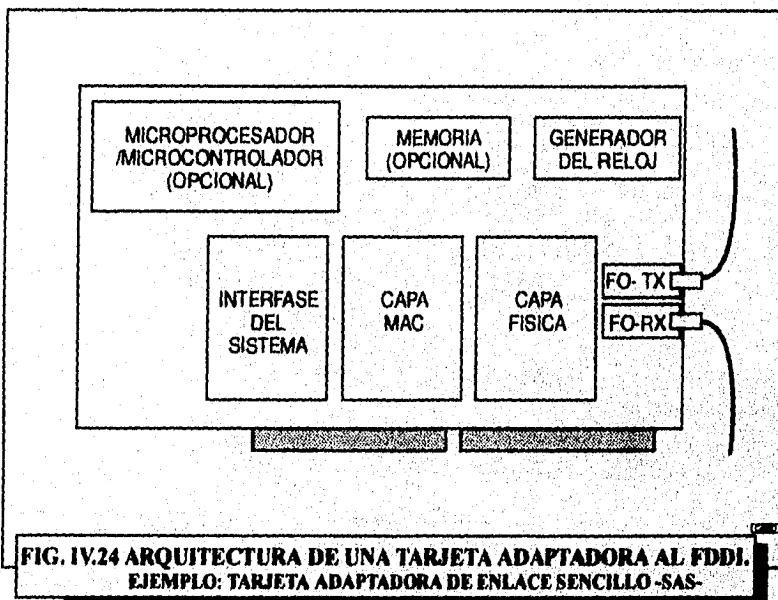
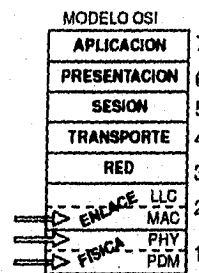


#### IV.4.1. ESTACIONES DAS Y SAS

Las estaciones de enlace dual -DAS- y de enlace sencillo SAS, se les consideran las últimas estaciones de la red FDDI, ya que son las últimas estaciones que tienen enlace físico con fibra óptica al FDDI. Ya sea de enlace sencillo o dual, se ubican dentro del modelo OSI en las capas PHY y MAC

Las características de la tarjeta FDDI para estas estaciones son (Ver fig. IV.24):

- \* Conecta computadoras, mainframe, servidores o periféricos a la red FDDI.
- \* Conecta a propietarios de buses ya sea estándares o comerciales, tales como EISA, VME, MCA, SBUS, AT, NuBus, Futurebus+ entre otros, a la red FDDI.



**FIG. IV.24 ARQUITECTURA DE UNA TARJETA ADAPTADORA AL FDDI. EJEMPLO: TARJETA ADAPTADORA DE ENLACE SENCILLO -SAS-**

IV.4.2. CONCENTRADORES DAC Y SAC

Los concentradores ya sea de enlace Dual -DAC- o enlace sencillo -SAC-, se conectan a estaciones tipo SAS. Sus características son: (Ver fig. IV.25)

- \* Aislamiento de estaciones SAS del Backbone
- \* Puede conectar el Backbone de fibra óptica a redes front-end de par trenzado.
- \* Debido a sus conexiones puede tomar una topología en cascada "como un anillo de arboles".
- \* Puede tener múltiples capas físicas locales (una por conexión).
- \* Soporta hasta 255 conexiones.

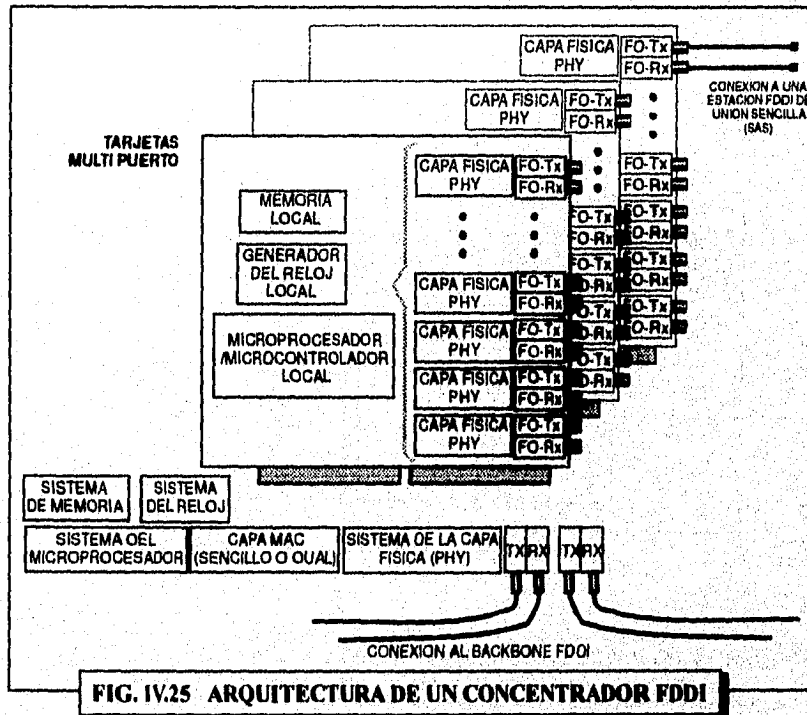
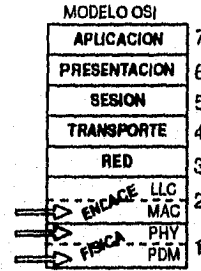


FIG. IV.25 ARQUITECTURA DE UN CONCENTRADOR FDDI

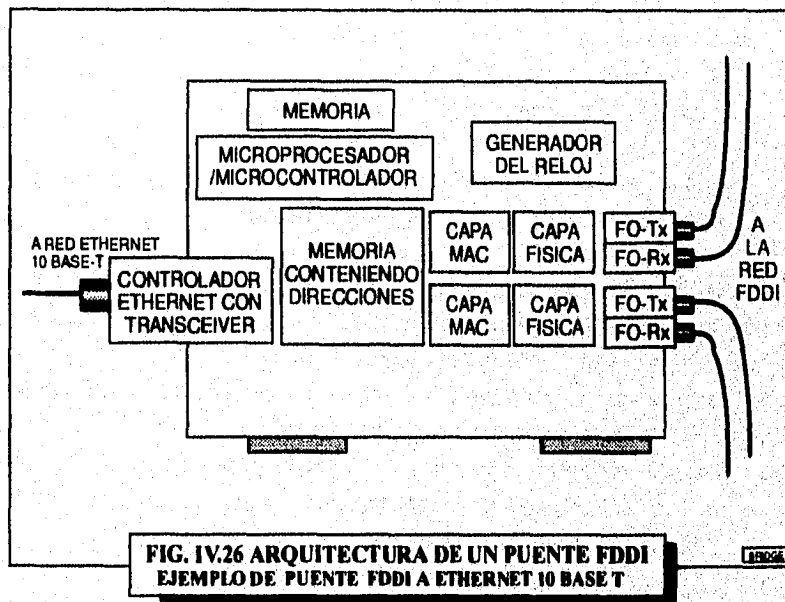
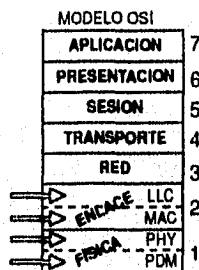


### IV.4.3. PUENTES

Los puentes pueden conecta dos LANs que tengan la misma estructura del modelo OSI en la capa LLC (Capa de Enlace de Información), como manejan paquetes, cuida de separar los paquetes de cada red local procesándolos sólo si el enlace entre las LAN es necesario. El envío de los paquetes se basa en dirección destino, por lo que altera el formato de la información para que corresponda a la LAN destinataria. (Ver fig. IV.26)

Existen varios tipos de puentes:

- A) Puentes Transparentes.
- B) Puentes de ruteamiento desde la fuente.
- C) Puentes Encapsuladores.



**FIG. IV.26 ARQUITECTURA DE UN PUENTE FDDI EJEMPLO DE PUENTE FDDI A ETHERNET 10 BASE T**

#### A) PUENTES TRANSPARENTES

Con un puente transparente, la transmisión entre estaciones no requiere del conocimiento de la ruta a través del puente para recibir la información, ya que estos "leen" qué paquete se va a enviar, con solo verificar la dirección fuente en su correspondiente campo SA en el puerto. Al reconocer una dirección fuente (SA) en un puerto dado, se puede asumir que cualquier paquete con una correspondiente DA pueda ser enviado a través de ese puerto y nunca desde otro puerto.

No existe gran problema si se puentea entre dos puertos con la misma tecnología. Pero si es diferente tecnología, se pueden presentar problemas con respecto a los direccionamientos; por ejemplo, el FDDI transmite el bit más significativo del primer byte, mientras que Ethernet transmite el bit menos significativo del byte más significativo. Esto afecta las direcciones físicas y las cabeceras de los LLC. Para evitar esto se filtran las direcciones, mapeando primero y luego filtrando:

1. Los mapas de direcciones asocian direcciones destino a un puerto dado, al recibir el empaquetado, reconstruye la dirección fuente. Si las entradas no se usan, caducan y se remueven. Para el caso de las direcciones FDDI se requiere hardware avanzado para su implementación.
2. El filtrado consiste en pasar el empaquetado cuya dirección se conoce al puerto asociado. Pasar aquellos empaquetados con direcciones multicanal o dirección destino desconocida a todos los puertos

Si existen varias rutas redundantes, estas pueden causar grandes problemas en el mantenimiento de las tablas de direcciones, por lo que una solución a esto es el algoritmo de "Spanning tree", que consiste en lo siguiente:

1. Los puentes se comunican entre ellos para deshabilitar rutas redundantes.
2. Un puente es designado como el administrador.
3. Rutas provenientes de cualquiera de las redes, son elegidas por el puente administrador basado en la optimización de la red, revisando cuantos nodos pasa y su velocidad de enlace.
4. El tráfico se congrega alrededor del puente administrador.

**B) PUENTES DE RUTEAMIENTO DESDE LA FUENTE**

Con un puente de ruteamiento desde la fuente, la estación que transmite explícitamente define la ruta que el paquete puede tomar para llegar hasta la estación de recepción, esto reduce el tráfico alrededor de un puente administrador en caso de existir. Cada puente inspecciona la información del campo donde lleva la ruta por sus direcciones, y lo pasa cuando es encontrada.

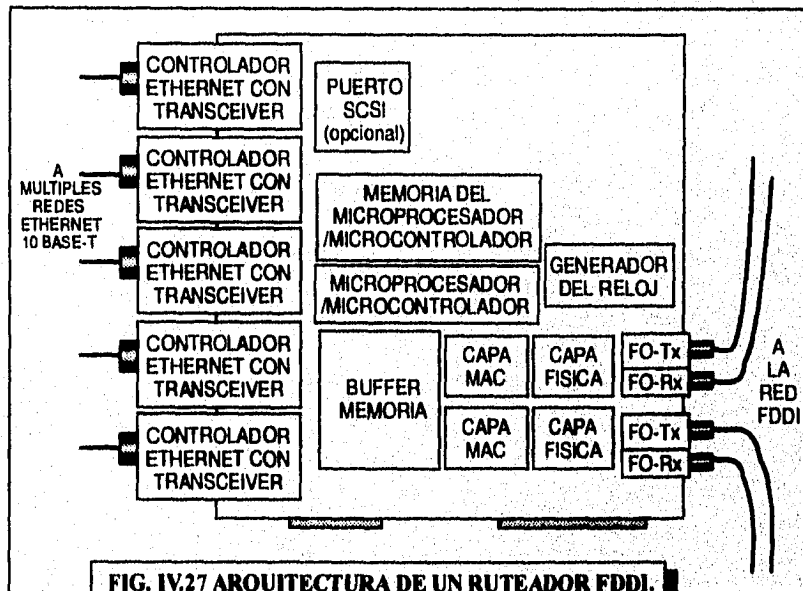
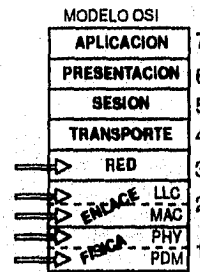
**C) PUENTES ENCAPSULADORES**

Este tipo de puente encapsula un paquete y lo envía a otro puente compatible encapsulador, nunca a una estación final. Los puentes encapsuladores los usa la red FDDI como un sistema distribuido.

IV.4.4. RUTEADORES

Los ruteadores conectan múltiples LANs o WANs que tengan la misma estructura del modelo OSI en la capa de red. Estos manejan varias rutas de manera eficiente, para mover información entre redes, pero la transferencia de información es un poco más lenta que los puentes, y la medida de desempeño es en función de la velocidad de envío del paquete. (Ver fig. IV.27)

Los ruteadores deben soportar múltiples protocolos, para tener comunicación con otras redes.



**FIG. IV.27 ARQUITECTURA DE UN RUTEADOR FDDI. EJEMPLO DE RUTEADOR FDDI A ETHERNET 10 BASE T**

#### IV.5. OBJETIVOS ESPECIFICOS PARA LA INSTALACION DEL BACKBONE FDDI EN LAS OFICINAS CENTRALES DE PEMEX

Los objetivos específicos para que se autorice la instalación de una red de alta velocidad FDDI son:

- A) Debido a que continuamente se desarrollan sistemas que necesitan tener acceso a la información de otras áreas, se requiere comunicación eficiente entre estas.  
De estos sistemas, los más importantes son:
  - 1. El Sistema Ejecutivo de Información de la Dirección General.
  - 2. El Sistema de Seguimiento del Archivo de la Dirección General.
  - 3. El Sistema Ejecutivo de Información de la Subdirección de Finanzas.
  - 4. Todas las subdirecciones están desarrollando su propio Sistema Ejecutivo de Información
  
- B) La implantación de un correo electrónico eficiente, que ofrezca:
  - 1. Cambiar el manejo de documentos en papel, por documentos electrónicos.
  - 2. Manejo de seguridad para usuarios, usando password.
  - 3. Una base de datos documental centralizada (para que exista una sola versión).
  - 4. La actualización y consulta de los documentos.
  - 5. Firma electrónica.
  
- C) Se requiere que el sistema de red de alta velocidad, sea flexible, para permitir la incorporación a corto plazo de otras subdirecciones y sus respectivas áreas.
  
- E) Que soporte la tecnología de vanguardia en teleinformática para la integración a corto plazo de servicios tales como:
  - 1. Servicio de teleconferencia
  - 2. Correo de voz
  - 3. Transmisión de documentos compuestos
  - 4. Manipulación y envío de información en forma sencilla, ágil y eficiente.
  - 5. Internet.

## IV.6. ESTUDIO DEL MERCADO DE LA DEMANDA DEL SERVICIO

### IV.6.1 SERVICIOS QUE PROPORCIONARA.

#### A) Inmediatos:

1. Intercambiar información entre las subdirecciones, con lo que se evita duplicidad y falta de integridad.
2. Correo electrónico y firma electrónica.
3. Transmisión electrónica de documentos a las redes.
4. Manipulación de imágenes.
5. Utilización de periféricos en forma remota.
6. Teleconferencia.
7. Implantación de un esquema global de automatización de oficinas montado en este servicio.
8. Conexión a la Red Wan de Petróleos Mexicanos, lo que optimizaría el uso de los recursos de PEMEX PAQ, ya que los enlaces X.25 estarían integrados como un servicio más del Backbone, con lo que se elimina la necesidad de proporcionar un puerto dedicado a cada usuario que requiera enlaces remotos.

#### B) A mediano plazo:

1. Manejo de video.
2. Documentos compuestos
3. Animación

#### C) Otros:

1. Optimización de los recursos de computo de las subdirecciones, ya que permite compartirlos remotamente, sin importar su ubicación dentro del Centro Administrativo.
2. Integración óptima de la información para los sistemas ejecutivos de información de la Dirección General y las subdirecciones

**IV.6.2 ESTIMACION DE LA DEMANDA DEL SERVICIO DE LA RED DE ALTA VELOCIDAD (FDDI).**

**CONSIDERACIONES**

- A) El sondeo realizado en las Subdirecciones, arroja que un 60% de los usuarios requieren de los servicios derivados de esta red de alta velocidad.
- B) Se tendrán en cada piso redes locales de PC's con un número aproximado de 50 estaciones/usuarios por red.
- C) Que se tienen:

EDIFICIO	PISOS
Torre Ejecutiva	45
Edificio "A"	12
Edificio "B-1"	12
Edificio "B-2"	12
Edificio "C"	4
Ejercito Nacional 216	18
Total	103

Con lo que tenemos un total de:

$$(103 \text{ pisos}) \times (50 \text{ usuarios}) \times (0.6) = 3090 \text{ usuarios inmediatos, de 5150 posibles.}$$

### **CONSECUENCIAS DE NO CONTAR CON ESTE SERVICIO**

Las consecuencias que se tendrían si no se cuenta con este servicio son:

1. Para la Dirección General, la información no sería oportuna y confiable para la toma de decisiones
2. Se quedarían aislados e incompletos los sistemas ejecutivos de información de las distintas subdirecciones por no intercambiar información entre ellos y hacia la Dirección General.
3. No se podría implementar el Sistema de Manejo Electrónico de Documentos (Sistema de Seguimiento del Archivo de la Dirección General). Esto implica continuar con el tradicional, lento, costoso y poco confiable manejo de documentos utilizando artículos de papelería.
4. No se podría utilizar los recursos de las redes locales en forma remota (uso compartido de periféricos, procesador, almacenamiento e información), con lo que no hay optimización de estos.
5. No se optimizarían las comunicaciones a través de PEMEX PAQ (X.25).
6. No se podría aspirar a servicios más avanzados tales como teleconferencia, video y transmisión de documentos compuestos .
7. Se tendría que adquirir modems para la conexión a Internet lo que limita la cantidad de máquinas que utilizaran esta aplicación.



## IV.7. ESTUDIO TECNICO.

### IV.7.1 ESTUDIO DE TRAFICO.

La siguiente tabla es un análisis del gasto que generan algunos servicios que se requieren:

Servicio	Cuadros por día.	MBps por Cuadro.	MBps por día.	Número de Usuarios.	Total MBps
Sistemas Ejecutivos de Información	10	2.4576	24.576	200	81.92
Teleconferencia	24	2.0	48.0	30	24
Manejo de Archivo de la Dirección General (Imágenes de documentos)	3	1.0	3.0	100	5

Como se puede observar, una sola de las aplicaciones utilizada al 100% ocupa cerca del 80% del ancho de banda disponible bajo la tecnología FDDI (Fiber Distributed Data Interface).

Verificando las necesidades planteadas en el estudio de tráfico, y el estudio del mercado de la demanda del servicio, la única posibilidad actual para soportar los servicios requeridos es la de FDDI, la cual cuenta con una velocidad de transmisión de 100 MBPS y es un estándar (ANSI X3T9.5); a corto plazo se libera la tecnología FDDI-II (que es una versión mejorada del FDDI) que manejará una velocidad mínima de 140 MBPS y soportará directamente el servicio de teleconferencia entre otros.

#### IV.7.2 EQUIPOS EN REDES LOCALES Y SISTEMAS DE COMPUTO, UBICADOS EN LAS OFICINAS CENTRALES DE PEMEX

##### REDES LOCALES

En los últimos años se han instalado en Petróleos Mexicanos muchas redes locales de PC's, para compartir recursos de cómputo, paquetería e información, por lo que se tiene una gran cantidad de estas.

##### **Características.**

- Redes locales ETHERNET IEEE 802.3. (10BASE2, 10BASE5 Y 10BAST)
- Tarjeta de Red Local Ethernet propietaria para cada marca de equipo (HP, UNISYS y NCR).
  - ⇒ Tarjetas Ethernet 3COM 3C501, 3C503, 3C505, 3C507, 3C509
  - ⇒ Tarjetas Ethernet NOVELL NE 2000
  - ⇒ Conector DIX DB15 a Tranceptor externo Ethernet IEEE 802.3.
- Cable Coaxial Delgado (10Base2)
- Cable Coaxial Grueso (10Base5).

##### **Protocolos:**

- Novell IPX/SPX.
- Netbios.
- TCP/IP y servicios ARPA Berkeley.
- 3COM 3+ Open.
- X.25 a través de PEMEX PAQ donde rutean redes NOVELL IPX/SPX y TCP/IP a una velocidad nominal de 9600 BPS.

##### **Velocidades:**

- 10 MBPS.
- 9600 BPS.
- 64 KBPS.

**Sistemas Operativos**

- MS-DOS V.4.0, V.5.0, y V.6.\*
- OS/2 V.1.21
- UNIX V.8 y compatibles
- NETWARE V.3.11 y V.2.15

**SISTEMAS DE CÓMPUTO MULTIUSUARIO**

Los sistemas de cómputo multiusuario que se tienen se conforman de una red local de equipos MINI's, Hewlett Packard, Unisys y NCR, bajo Sistema Operativo UNIX System V, ubicada en el 4o. piso del Edificio 'C' y equipos PC's multiusuario (UNIX) de la marca Altos, diseminados en todo el Centro Administrativo.

**Protocolos**

- TCP/IP
- Servicios ARPA Berkeley
- IPX/SPX
- NETBIOS
- X.25 a través de la Red PEMEX PAQ a una velocidad nominal de 9600 BPS.  
A corto plazo se prevé un incremento de esta velocidad a 64KBPS.

**Velocidades**

- 10 MBPS
- 9600 BPS

**C) Otros**

- Dos líneas asíncronas dedicadas para la interconexión de las redes de la Dirección General y Subdirección de Finanzas, con las redes de la Gerencia de Informática Institucional, esto a una velocidad nominal de 96000 BPS.

#### **IV.8. INSTALACION DEL FDDI**

Debido a que las redes locales operan en forma independiente unas de otras dentro del Centro Administrativo, se estudió la posibilidad de interconectarlas a través del backbone en cualquier momento a otra red local como usuario de la misma, ya sea para transferencia de archivos o emulación de terminales; por lo que se especificó que dentro del Centro Administrativo la comunicación a otra red local o equipo se llevara a cabo mediante el servicio directo del Backbone; la conexión a redes locales remotas o equipos remotos se llevara a cabo mediante los servicios de ruteo, a través de la red de Pemexpaq bajo el protocolo X.25.

Las estaciones de trabajo de las redes locales deberán poder efectuar transferencia de archivos y emulación de terminales a los Equipos MINI's y MAINFRAME's, así como efectuar consultas y actualizaciones a las bases de datos de los esquemas institucionales (SICEP, SIC-1, SIC- 2, SIT, SIRH, SIS, SEI, etc..) alojados en ellos.

El sistema deberá estar conformado por dos anillos operando a una velocidad de 100 MPBS cada uno, con los servicios y accesos indicados anteriormente.

##### **IV.8.1. UBICACION DEL EQUIPO QUE CONFORMA EL FDDI**

La distribución de los equipos deberá ser estratégica de acuerdo con la ubicación de las redes de área local (LAN's) que se interconectarán y dependerán directamente de la filosofía de operación del equipo seleccionado, así como de la capacidad del mismo y de la distancia entre estos y las redes de área locales.

Los concentradores conectados al Backbone estarán distribuidos dentro de los edificios que forman parte del Centro Administrativo, de manera que se minimice el tendido de Fibra Óptica. Estos cuentan con un gabinete y todos sus aditamentos necesarios.

#### IV.8.2. CABLEADO

Se establece que la ruta idonea para la instalación de la fibra es a través de los registros y ductos telefónicos de la Torre Ejecutiva pasando a los edificios del Centro Administrativo (Marina Nacional) por el Sótano, para llegar al segundo piso del Edificio "B-1" y la siguiente ruta por los Edificios "B-2", "A" y "C", distribuyéndose finalmente a los pisos del 1 al 4 de este último, y un cableado subterráneo blindado desde el edificio C a Ejercito Nacional, que entre por los ductos telefónicos para cubrir todos los pisos y regresar al edificio C.

#### IV.8.3. CONDICIONES DE LAS AREAS A UTILIZAR EL SERVICIO

Los equipos a adquirir deberán operar bajo las condiciones denominadas de oficina, sin necesidad de adecuación alguna; estas condiciones son las siguientes:

- Temperaturas entre 0 y 50 grados centígrados.
- Humedad relativa de 8 a 90% sin condensación.

#### IV.8.4. ESTANDARES DEL FDDI A CUMPLIR

La tecnología deberá ser FDDI y cumplir con los siguientes estándares:

- X3.166-1990/ISO 9314-3:1990 Physical Layer Medium Dependent (PMD)-  
Corresponde a la parte baja del nivel físico (Physical Layer) del modelo OSI.  
Define los requerimientos del medio tales como fibra, conectores y operación de recepción y transmisión de las Estaciones FDDI.
- X3.148-1988/ISO 9314-1:1989 Physical Layer Protocol (PHY)-  
Corresponde a la parte alta del nivel físico (Physical Layer) del modelo OSI.  
Define la codificación y paquetes de información para la transmisión entre estaciones.

- X3.139-1987/ISO 9314-2:1989 Media Access Control (MAC)-  
Corresponde a la parte baja del nivel de Data Link y protocolos para el manejo de paquetes, tokens y errores.
  
- X3T9.5/84 Station Management (SMT) -  
Define protocolos para el manejo de las funciones PMD, PHY y MAC.
  
- X3.184-1991 Single Mode Fiber Physical Layer Medium Dependent (SMF-PMD)  
Define los requerimientos del medio, tales como fibra y conectores para fibra óptica monomodal.

#### **IV.8.5. CARACTERISTICAS DEL EQUIPO FDDI Y CARACTERISTICAS DEL MEDIO DE TRANSMISION**

**Las características del medio de Transmisión son:**

- La fibra óptica para los anillos FDDI deberán ser fibra multimodo de cristal, de diámetro de 62.5/125 +/- 3 Micras.
- Ventana de Operación de 1300 nm (nanómetros).
- Atenuación máxima de 1.5 dB/km y en empalmes de 0.5 dB máximo.
- Cumplir con el estándar ANSI X3T99.5.
- Tiempo de envejecimiento de la fibra en condiciones normales de 15 años mínimo.
- Terminación de las fibras en panel de control.

**Las características de las fuentes emisoras y receptoras son:**

- Fuente luminosa : LED.
- Fotoreceptor: Diodo tipo APD (Avalancha).
- Ancho del espectro, deberá ser mínimo de 500 MHz-Km @ 1300nm para la fibra de 62.5/125 micras GI

**Requisitos de los concentradores:**

- La arquitectura de los concentradores deberá estar basada en Very Large Instruction Word (VLIW) (Estándar que especifica PEMEX).
- Los concentradores cuentan con relevadores externos de desvíos ópticos, para asegurar la integridad de la red, los cuales tendrán switcheo automático de un anillo al otro en caso de falla y restauración al modo de operación normal al restablecerse el servicio.
- Bus de alto desempeño sostenido.
- Ancho de banda del bus de los concentradores mayor o igual a 1/2 GBPS.
- Baja susceptibilidad a los cambios de temperatura.
- Velocidad de respuesta para el ancho de banda en la portadora óptica.
- La tasa de errores (BER) no debe exceder  $2.5 \times 10^{-10}$  Bits por segundo.

**Requerimientos adicionales de operación:**

- Se deberá contemplar la utilización de ruteadores entre las redes de área local y los concentradores, a fin de aislar el tráfico hacia la Red FDDI.
- El tráfico entre redes adyacentes (ligadas al mismo concentrador), no debe pasar por el anillo FDDI.
- Número máximo de estaciones a conectarse al anillo FDDI: 500.
- Incluir ruteadores X.25 que soporten un mínimo de 128 circuitos virtuales y servicios Arpa Berkeley sobre X.25.

#### **IV.8.6. VELOCIDADES Y PROTOCOLOS A SOPORTAR POR EL FDDI**

El sistema deberá soportar los siguientes protocolos y velocidades:

##### **Protocolos obligatorios:**

- Servicios Arpa Berkeley sobre X.25
- Novell IPX/SPX
- Netbios
- 3COM 3+ Open
- TCP/IP
- ISO
- X.25
- PX64 (Teleconferencia) / CCITT

##### **Protocolos deseables:**

- JPEG (Joint Photographics Expert Group) / CCITT
- MPEG (Moving Picture Expert Group) ISO-OSI.

##### **Velocidades:**

- 100 MBPS
- 64 KBPS
- E1



#### IV.8.7. SOFTWARE DE ADMINISTRACION DE LA RED Y PRIORIDADES DEL ADMINISTRADOR

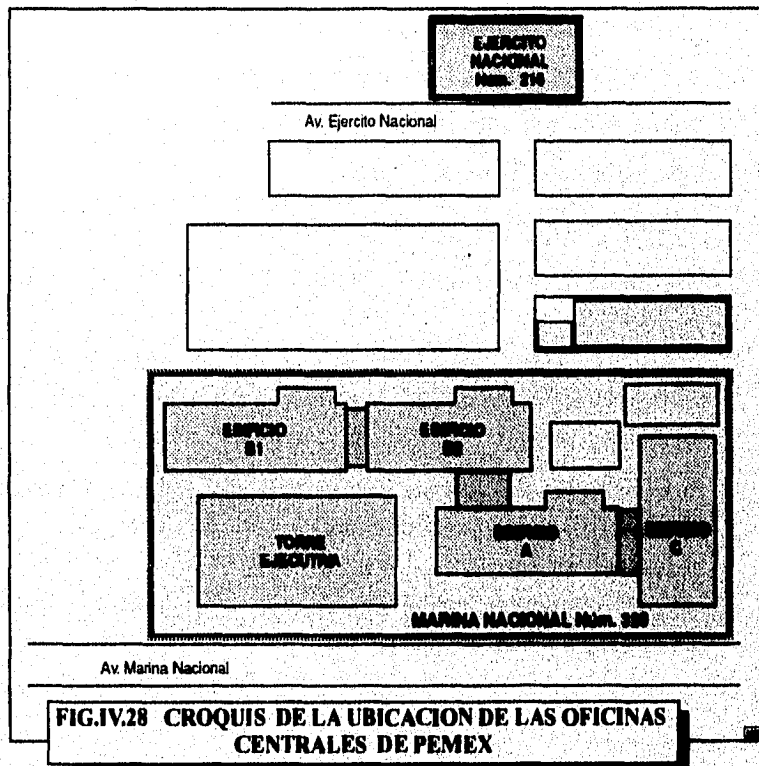
El ambiente definido para la Administración del Backbone deberá ser totalmente gráfico y deberá contemplar los siguientes puntos:

- Protocolo SNMP (Simple Network Management Protocol).
- Análisis de desempeño de la red a nivel general.
- Detección de errores y localización de fallas.
- En caso de fallas poderse reconfigurar en forma automática.
- Recuperación automática por fallas de enlace.
- Información de la topología de la red.
- Establecimiento de umbrales de operación.
- Monitoreo y control a nivel estación dentro de los concentradores integrados al Backbone.
- El Sistema Operativo de la consola deberá ser preferentemente UNIX (Compatible con Unix System V, Versión 3.3. ó más reciente) o MS-Dos Versión 6.2 o mayor.
- Se deberá integrar el software de tarificación de la red, que permita obtener estadísticas de utilización de recursos, así como reportes de costos asociados por dicho uso, a nivel de equipo, de red local, de sistema completo y por usuario, por grupos de usuarios, por tiempo de conexión o por cantidad de información transmitida.

#### IV.9. ALCANCES DEL PROYECTO

El alcance de la instalación del FDDI en las oficinas centrales de PEMEX implica la interconexión y convivencia con los sistemas de telecomunicaciones: transmisión de datos, transmisión electrónica de documentos, transmisión de documentos compuestos, teleconferencia, internet, etc., ya que este proyecto pretende brindar la intercomunicación de los diversos equipos y redes locales de la Dirección General y de las distintas subdirecciones y áreas, ubicadas en el Centro Administrativo en Marina Nacional núm. 329 y Ejercito Nacional núm. 216.

(Ver fig. IV.28).



**IV.9.1 ETAPAS PARA LA INSTALACION DEL FDDI**

Se ha dividido la instalación de la red de alta velocidad FDDI en tres etapas, primero tomando a la torre ejecutiva, la segunda agrupa a los 4 edificios que están junto a la torre ejecutiva, en Marina Nacional # 329; y por último la tercera etapa conectará a Ejercito Nacional # 216 (ubicado a unas cuantas cuadras).

**PRIMERA ETAPA**

Esta etapa consiste en el cableado con fibra óptica para el Backbone FDDI a cada uno de los pisos de la Torre Ejecutiva (45 Pisos) y a los pisos del Edificio "C" (4 Pisos).

En cada piso se colocará un ruteador FDDI, que a través del transceiver se conecte a la red de área local. Este ruteador se conectará al concentrador utilizando fibra óptica dual (Ver fig. IV.29).

Cada concentrador administrará 12 pisos, de manera que serán 4 concentradores:

Edificio	Pisos	Piso donde se instalará el Concentrador
Torre Ejecutiva	Del 1 al 12	Piso 6
	Del 13 al 24	Piso 19
	Del 25 al 36	Piso 31
	Del 37 al 45	Piso 41

Cada concentrador se unirá al FDDI con fibra óptica dual, pasando por un panel que monitoreará sus salidas.

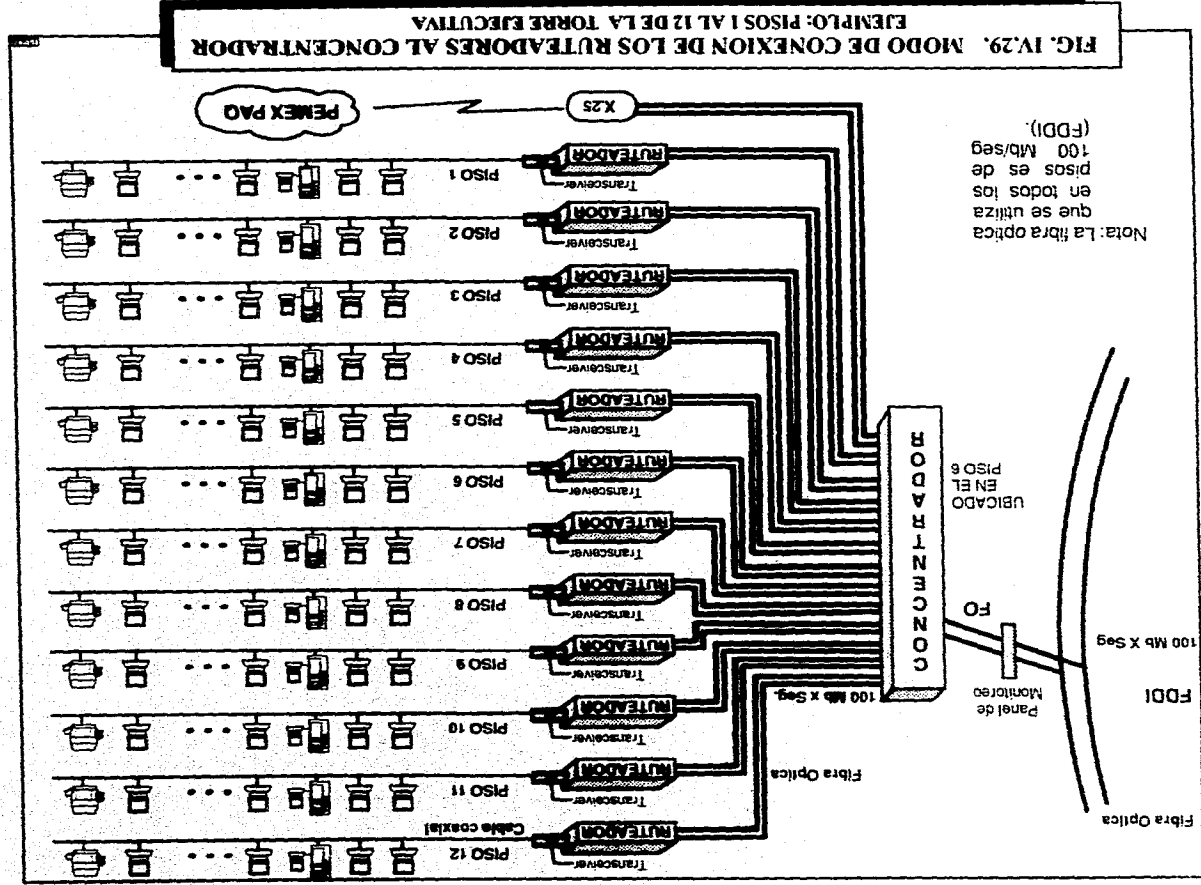


FIG. IV.29. MODO DE CONEXION DE LOS RUTEADORES AL CONCENTRADOR EJEMPLO: PISOS 1 AL 12 DE LA TORRE EJECUTIVA

También durante esta etapa se deja preparado el cableado necesario para tener un punto de conexión en cada uno de los Edificios "A", "B1", "B2", y hacia Ejército Nacional para integrarlos en una segunda y tercera etapa al Backbone (Ver fig. IV.30). Notemos que el cableado entre edificios y hacia Ejército Nacional deberá ser blindado hasta el concentrador, y del concentrador al ruteador con blindaje normal.

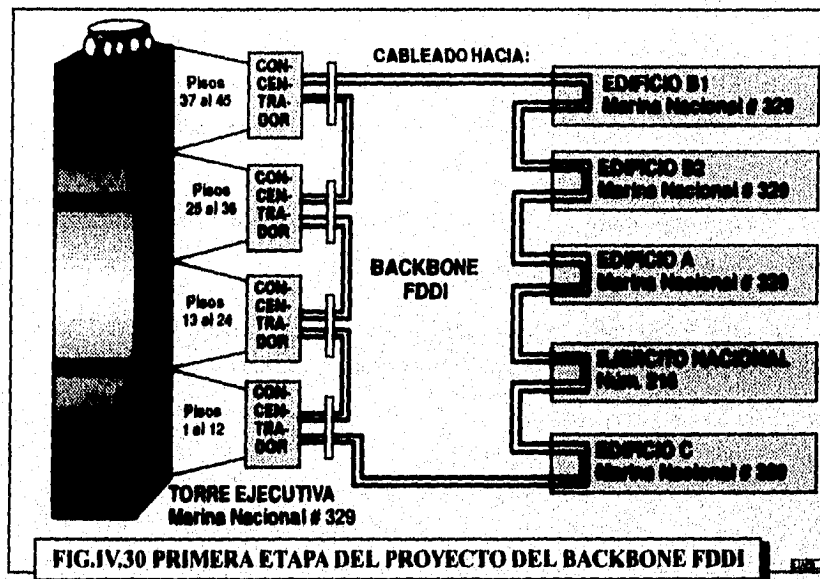
Se deberán conectar a este servicio como prioridad las siguientes áreas:

**Torre Ejecutiva:**

- Dirección General (pisos 43, 44 y 45).
- Subdirección de Finanzas (Piso 38).
- Áreas de la Subdirección de Finanzas (28, 29, 30 y 31).

**Edificio "C":**

- Gerencia de Contabilidad (Pisos 1 y 2).
- Gerencia de Informática Institucional (pisos 3 y 4).



**SEGUNDA ETAPA**

En la segunda etapa se integrarán los Edificios "A", "B-1" y "B-2" al Backbone FDDI, dejando un punto de enlace en cada uno de los pisos de estos edificios para los correspondientes ruteadores que serán el enlace de las redes existentes al Backbone entre la fibra óptica y coaxial delgado. (Ver fig. IV.31)

En cada piso se colocará un ruteador FDDI, que a través del transceiver se conecte a la red de área local. Este ruteador se conectará al concentrador utilizando fibra óptica dual.

Cada concentrador administrará máximo 12 pisos, de manera que serán en total 4 concentradores:

Edificio	Pisos	Piso donde se instalará el Concentrador
Edificio B1	Del 1 al 12	Piso 6
Edificio B2	Del 1 al 12	Piso 6
Edificio A	Del 1 al 12	Piso 6
Edificio C	Del 1 al 4	Piso 2

Cada concentrador se unirá al FDDI con fibra óptica dual, pasando por un panel que monitoreará sus salidas.

A este Backbone FDDI se podrán integrar en forma paulatina todas las subdirecciones o áreas que tengan la infraestructura suficiente.

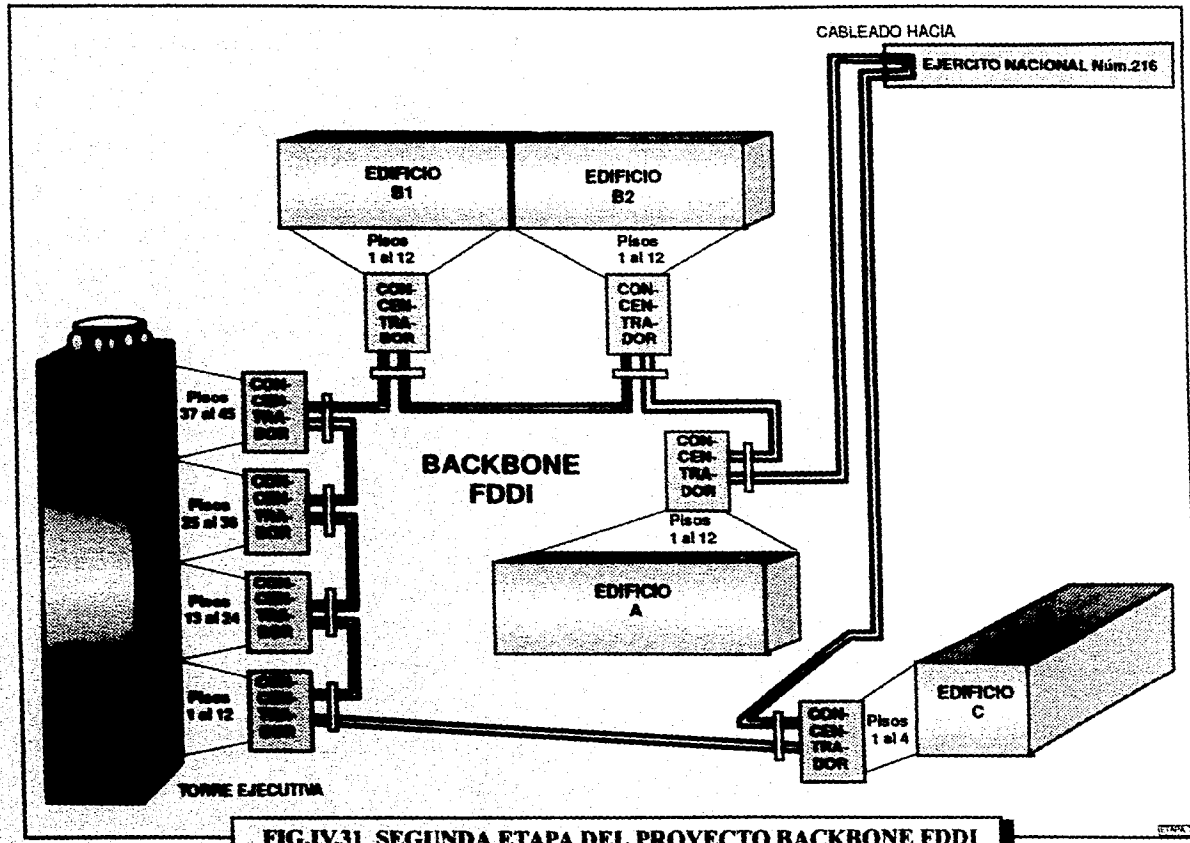


FIG.IV.31 SEGUNDA ETAPA DEL PROYECTO BACKBONE FDDI

**TERCERA ETAPA**

La tercera etapa consiste en cablear los edificios de Ejército Nacional, para luego integrarlos al anillo de Marina Nacional.(Ver fig. IV.32)

Se utilizará la misma manera de instalar el ruteador con las redes de área local, que se utilizó en las otras etapas al concentrador. Cada concentrador administrará 9 pisos, de manera que serán 2 concentradores:

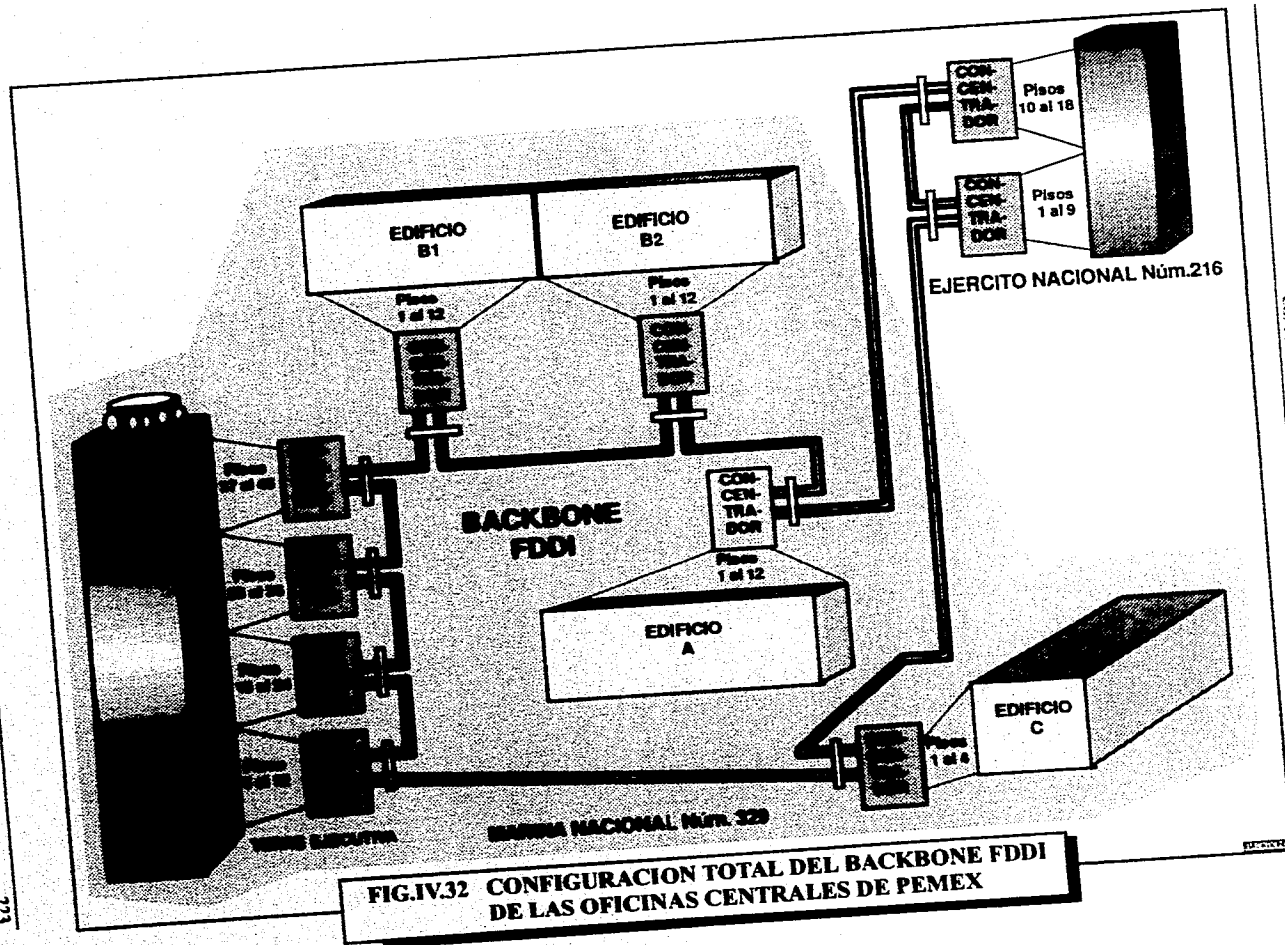
Edificio	Pisos	Piso donde se instalará el Concentrador
Ejército Nacional	Del 1 al 9	Piso 5
	Del 10 al 18	Piso 15

**ASIGNACIONES DE X.25**

Se tendrán concentradores en los que se administrará el puerto de X.25, para cada 26 pisos por lo que quedará de la siguiente forma:

Edificio	Pisos	Piso donde se instalará el Concentrador
Torre Ejecutiva	Del 1 al 19	Torre Ejecutiva Piso 6
	Del 20 al 45	Torre Ejecutiva Piso 31
Edificio B1	Del 1 al 7	Torre Ejecutiva Piso 6
	Del 8 al 12	Edificio B2 Piso 6
Edificio B2	Del 1 al 12	
Edificio A	Del 1 al 9	
	Del 10 al 12	
Edificio C	Del 1 al 4	
Ejército Nacional	Del 1 al 18	





**FIG.IV.32 CONFIGURACION TOTAL DEL BACKBONE FDDI DE LAS OFICINAS CENTRALES DE PEMEX**

CONFIGURACION DEL BACKBONE DE LAS OFICINAS CENTRALES DE PEMEX

**CONFIGURACION DEL BACKBONE DE LAS OFICINAS CENTRALES DE PEMEX**

**ESTIMACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS TOTALES QUE SE TOMARÍAN EN CUENTA PARA OBTENER UN COSTO DEL PROYECTO**

La estimación de los costos del proyecto esta en función del equipo que se tendrá que adquirir y de la cantidad de cableado a usar, además de tomar en cuenta la mano de obra y mantenimientos.

Se instala un ruteador en cada piso de cada edificio, por lo que así se deberán contar:

EDIFICIO	PISOS	RUTEAPORES
Torre Ejecutiva	45	45
Edificio "A"	12	12
Edificio "B-1"	12	12
Edificio "B-2"	12	12
Edificio "C"	4	4
Ejercito Nacional 216	18	18
<b>Total</b>	<b>103</b>	<b>103</b>

Cada concentrador se ha ubicado de la siguiente forma:

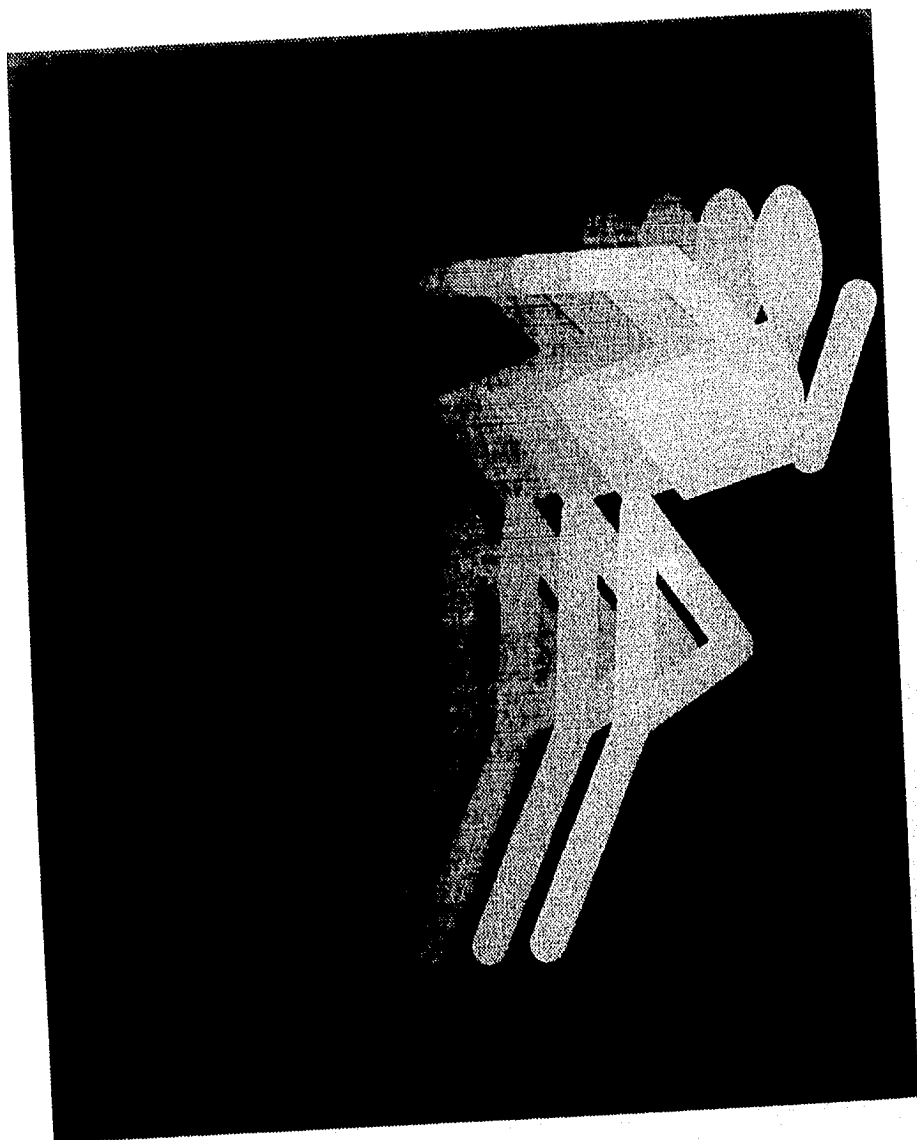
Edificio	Pisos	Nº de Concentradores
Torre Ejecutiva	1 al 12	1
	13 al 24	1
	25 al 36	1
	37 al 48	1
Edificio B1	1 al 12	1
Edificio B2	1 al 12	1
Edificio A	1 al 12	1
Edificio C	1 al 4	1
Ejercito Nacional	1 al 9	1
	10 al 18	1
<b>Total</b>	<b>103</b>	<b>10 Concentradores</b>

Por lo que se requerirá para la instalación del Backbone FDDI en las oficinas centrales de PEMEX lo siguiente:

Por lo que se requerirá para la instalación del Backbone FDDI en las oficinas centrales de PEMEX lo siguiente:

- La cantidad total de ruteadores que se requieren es de 103, junto con el transceiver, ya sea integrado o externo.
- La cantidad total de concentradores que se requieren es de 10 y cada concentrador, debe tener las especificaciones que se han pedido para el estándar que requiere PEMEX.
- Notemos que se debe comprar el equipo con todo y su software de soporte y este debe estar tanto instalado como en paquetes.
- Los sistemas de monitoreo externos, que van ubicados a la salida de cada concentrador.
- Cable de fibra óptica dual con blindaje normal de plástico, para las uniones entre el concentrador y los ruteadores. (La fibra mantiene el estándar solicitado)
- Cable de fibra óptica dual con blindaje extra de plástico o polietileno, para las uniones entre los concentradores y el Backbone FDDI, y para el mismo Backbone FDDI. (La fibra mantiene el estándar solicitado)
- Los correspondientes empalmes y conectores (MIC Macho y MIC Hembra) para los concentradores y ruteadores
- Herramientas de corte, y empalmadoras, tanto para las tres etapas como para mantenimiento a futuro.
- Mano de Obra especializada en la manipulación de la fibra óptica
- Costos permanentes para la manutención de un equipo humano para monitorear diariamente toda la red FDDI, para que en caso de bloqueo o daño físico, lo pueda reparar si el FDDI no pudiera recuperarse, o algún equipo presentara fallas, aquí se puede contratar una empresa externa, o asignar personal de PEMEX para esta función, por lo que se deberá incluir capacitación a dicho personal.
- Los correspondientes mantenimientos preventivos y correctivos.

## CONCLUSIONES



## **CONCLUSIONES**

La implementación de fibra óptica en redes, se ha debido a que esta presenta muchas ventajas entre las cuales destacan la presencia de bajas pérdidas en comparación con los cableados normales, el uso del máximo ancho de banda y su tamaño el cual es pequeño y de poco peso, por lo que no es aparatosa para manejar como los cables convencionales. Y aunque la tecnología es cara, el gasto en este tipo de tecnología a la larga produce beneficios que la hacen económica.

El avance hacia la modernización obliga a las empresas de toda índole a buscar la rentabilidad como objetivo principal. Para alcanzar este objetivo las tecnologías idóneas se presentan en las áreas de computación y telemática, ya que el Intercambio de Información es muy importante para el proceso de toma de decisiones.

PEMEX es una de estas empresas que necesita contar con información oportuna y confiable para que el proceso de toma de decisiones sea exitoso, por lo que es necesario fortalecer la base computacional instalada ofreciendo más y mejores equipos con nuevos y poderosos servicios.

PEMEX justifica la instalación de esta infraestructura de comunicaciones bajo el FDDI, como la solución a la necesidad de transmisión de información en forma estándar, sin cuellos de botella que se producían bajo las tecnologías anteriores a la FDDI, además de cumplir con los objetivos de:

1. Interconexión entre la base instalada de redes locales de las subdirecciones entre sí y con la Dirección General, con lo que el proceso de integración de información hacia esta última se lleve a cabo transparentemente.

## CONCLUSIONES

---

En PEMEX, la Dirección General es el eje donde se mueve la información de toda la empresa, proveniente de todas las subdirecciones; las decisiones que se toman con base a la información que ahí se integra, afectan el rumbo de la empresa

2. Apoyo a la alimentación de los diferentes Sistemas Ejecutivos de Información, que se desarrollan en PEMEX en forma oportuna y eficiente. Además de esto, la Dirección General requiere reunir información proveniente de fuentes externas a PEMEX, un ejemplo de esto es el servicio llamado INFOSEL (Subdirección de Finanzas), el cual maneja información proveniente de la Bolsa de Valores y de los principales periódicos. Así como la consulta de información contenida en los sistemas Institucionales, que las distintas divisiones desarrollen.

3. La posibilidad de integrar en forma gradual servicios tales como: transmisión de datos, manejo de imágenes, correo electrónico, correo de voz, multimedia, video conferencia, internet, etc., que por el tamaño de archivos que generan requieren de una infraestructura más poderosa que las redes actuales, siendo el soporte medular de la plataforma de aplicaciones distribuidas y de los servicios necesarios en el presente y dejar abierta la posibilidad de integrar servicios a futuro.

4. Compartir recursos, entre las áreas.

En la actualidad existen otras tecnologías, con capacidad de manejo de volúmenes y servicios similares a una fracción del costo, pero el problema de estas tecnologías es que no están basadas en estándares y son por lo tanto un riesgo a la inversión realizada.

A pesar de la reestructuración que está sufriendo PEMEX, la red con fibra óptica del Backbone sigue en pie, y las conexiones que faltan siguen instalándose, y realmente no se sabe qué sucederá con el Backbone ni con el cableado que ya existe, tanto el de fibra óptica, como el estándar.

Las redes actuales están limitadas a velocidades que van de 4 a 16 Mbps, a comparación de la FDDI que tiene una velocidad de 100 Mbps sobre distancias muy grandes. Esta tasa de transferencia de información permite la integración de redes de equipos que ejecutan o manejan grandes volumen de información tales como aplicaciones gráficas y cálculos intensivos.

Se puede afirmar que el FDDI es el estándar a elegir cuando el tamaño, distancia y velocidad son críticos para las aplicaciones. A medida que las redes incrementen su tamaño también se volverá importante contar con niveles mas altos de administración para controlar el aislamiento de las fallas con algoritmos avanzados de corrección.

A medida que los enlaces troncales se acercan al setenta por ciento (70%) de su utilización, el tiempo de respuesta se vuelve inaceptablemente grande. Ahora bien, al ofrecer mayor capacidad el FDDI provee una extensión lógica a las redes Ethernet o Token Ring actuales. Por su ancho de banda de 100 Mbps, el FDDI ofrece integración e interoperatividad entre los productos de diversos fabricantes, venciendo así los obstáculos inherentes a los estándares de facto y de propiedad industrial de las redes locales de hoy en día.

Otro punto de señalar es que FDDI es un estándar ampliamente aceptado, y que la disponibilidad de equipos de múltiples fabricantes está asegurada. La progresiva demanda del estándar FDDI en el mercado se debe a diversos factores: las redes con cientos de nodos son comunes y el volumen de transacciones requerido por estos nodos ha aumentado de manera dramática.

La conformidad del FDDI con los protocolos IEEE y sus similitudes con los protocolos 802.5, lo hacen ideal para interconectar ambientes con interfaces FDDI por un lado, y con Ethernet o Token Ring por otro lado, de tal forma que el tráfico del LAN local (departamental) queda aislado dentro de su propio sistema de cableado entre estaciones, mientras que el tráfico entre redes (interdepartamental) es transportado por medio del Backbone de fibra óptica.

## CONCLUSIONES

---

Los atributos bien conocidos de la fibra óptica, tales como transmisión casi sin ruido, seguridad y mayor ancho de banda, la vuelven muy adecuada para ambientes ruidosos y comunicaciones a distancia, en que los alambres de cobre no podrían ser utilizados. Una sección de un anillo FDDI puede tener 2 Km entre estaciones, mientras que el anillo, en total, puede ser de decenas de kilómetros. Existe asimismo, dentro de los estándares, una tendencia favorable a aumentar las capacidades de distancia hasta mas allá de los 2 Km especificados para el uso de la fibra unimodal y de tecnologías de componentes de fibra basados en láser. Esto permitiría que el FDDI se convierta en un estándar viable para aplicaciones de área amplia (WAN) y área metropolitana (MAN).

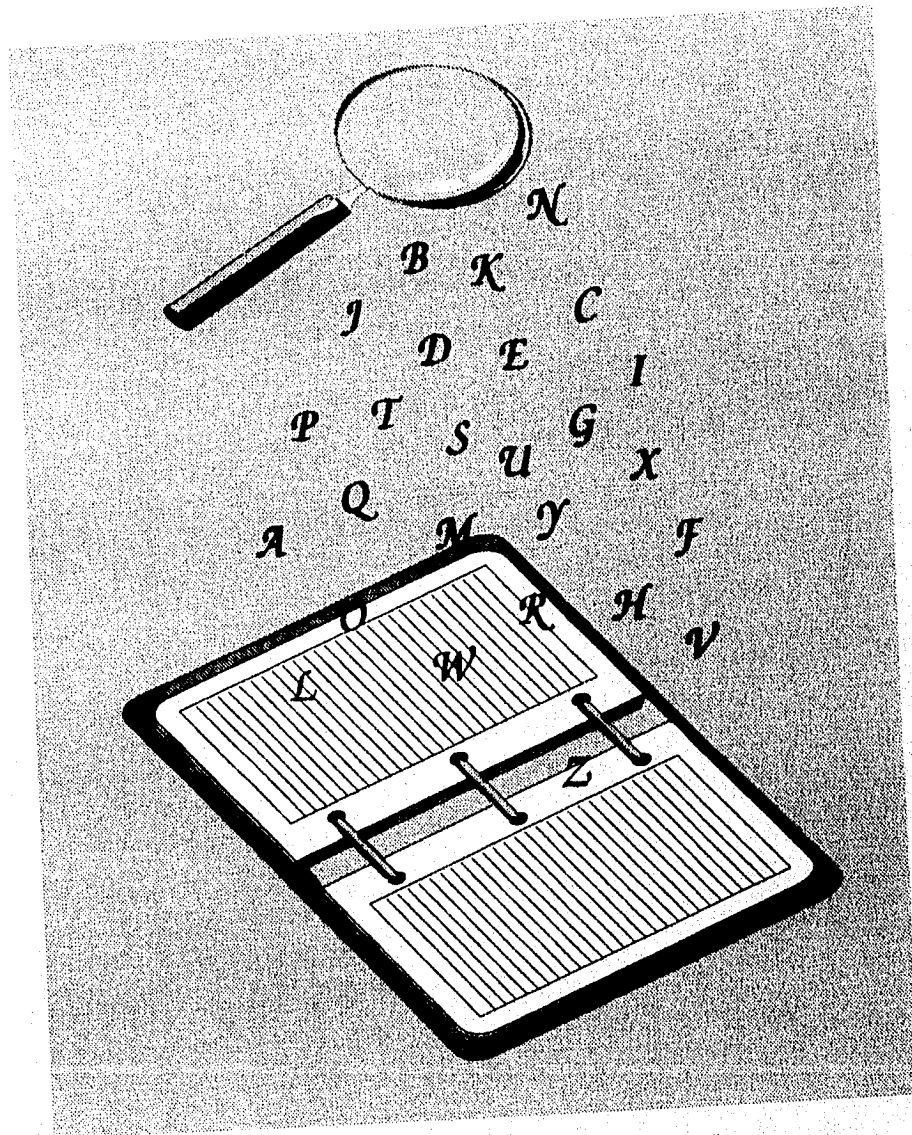
Lo que se ha querido presentar en esta tesis, es un ejemplo de una tecnología, veloz y eficiente para el manejo y transporte de información. El FDDI es aplicado a una empresa de gran magnitud como lo es PEMEX, dando buenos resultados. Esta tecnología si se aplicara para unas cuantas redes, no sería muy costosa, porque como se dijo anteriormente, sólo se utiliza para redes grandes con altos volúmenes de información.

En el manejo de información, siempre ha sido estudiada la manera de facilitar su transportación, manteniéndola íntegra y oportuna, intentando corregir vicios de estancamiento. Es por ello que las empresas han empezado a investigar la implementación de tecnologías que satisfagan sus necesidades de información.

Aquella empresa que tenga los recursos para obtener tecnologías avanzadas, debe primero hacer un estudio de lo que realmente necesita, si planea crecer a futuro, cuales serían los requerimientos inmediatos y a futuro, y cuales serían las alternativas de compra.



# GLOSARIO



**GLOSARIO****Ancho de banda**

Es la diferencia entre la frecuencia máxima y la frecuencia mínima de una señal.

**Ángulo de admisión**

Especifica el mayor ángulo de incidencia que puede tener un haz luminoso para que tenga una reflexión interna total.

**Apertura numérica**

Es la máxima capacidad de una fibra óptica para captar luz, siendo un cono imaginario formado con el máximo ángulo incidente de la luz con referencia a su eje axial.

**Atenuación**

Es la pérdida de la intensidad de la señal mientras pasa por el medio de transmisión. Se expresa en decibeles (dB), la cual provee una medida relativa (logarítmica) con respecto a la entrada y salida de la señal.

**Backbone**

Es la parte que provee conectividad a varias redes que estén en diferentes pisos y/o edificios.

**Banda ancha**

Transmisión de múltiples señales a través del uso de varios y diferentes frecuencias de acarreo en el mismo medio o modulaciones.

**Banda Base**

Es la transmisión de la señal sin usar ninguna modulación en la frecuencia de acarreo.

**Baud**

La velocidad de transmisión, o el número de transiciones digitales por segundo en algunos esquemas de codificación como el manchester, dos transiciones por bit son requeridos.

**BER (Bit error rate)**

Especifica las frecuencias de error esperadas.

**Buffer**

Es una memoria de almacenamiento temporal.

**Cable coaxial**

Medio de transmisión. Consta de un alambre conductor el cual es cubierto con material aislante, posteriormente se le agrega otro conductor (ejemplo malla trenzada) y una cubierta de protección de plástico.

**Cable par trenzado**

Medio de transmisión. Es un par de alambres conductores con forro aislante; uniendo varios pares se tiene un cable de estos.

**Capacidad de un canal**

Es el número de bits/segundo que un canal puede transmitir.

**Compuerta**

Dispositivo que conecta dos o más redes no necesariamente LAN, que usen diferentes protocolos, topología y tipos de medios.

**Comunicación Half Duplex HDX**

La comunicación tiene dos vías alternadas (2/4 alambres)

**Comunicación HDX/Operación TWA**

Transmisión en ambos sentidos, pero no es simultánea, pues cada par transmite en un sentido.

**Comunicación FDX/Operación TWS**

Transmisión simultánea en ambos sentidos, de distinta frecuencia.

**Comunicación Full Duplex (FDX).**

La comunicación es en ambos sentidos, y simultánea (4 alambres).

**Comunicación simplex**

La comunicación es en un solo sentido, de una sola vía.

**Concentrador**

Dispositivo donde llegan varias conexiones de una red, y que controla y redirecciona la entrada y salida de las señales de las mismas.

**Concentrador con acoplamiento dual (DAC)**

Es un concentrador con acoplamiento directo a los dos anillos del FDDI.

**Concentrador con acoplamiento único (SAC)**

Es un concentrador con acoplamiento al concentrador DAC del FDDI.

**Conector óptico**

Es un dispositivo mecánico usado en el final de la fibra para proveer conexión con un transmisor, receptor u otra fibra.

**Conexión multipunto**

Unión de varios dispositivos a un control central.

**Conexión punto a punto**

Unión de dos dispositivos con un solo medio de comunicación.

**CSMA/CA (Carrier sense multiple access with collision avoidance)**

En este método de acceso, las estaciones verificará que el canal esté libre para usarlo; para evitar que se produzca colisiones por dos o más estaciones que deseen transmitir al mismo tiempo se utilizan algoritmos de selección, por su dirección, ya sea esta en forma fija (SPI) o que estén variando (NCRP).

**CSMA/CD (Carrier sense multiple access with collision detection)**

En este método de acceso, las estaciones pueden transmitir en forma aleatoria. Cada terminal verificará que el canal esté libre para usarlo; si dos o más estaciones desean transmitir al mismo tiempo, sucede una colisión y se detiene la transmisión en forma temporal para posteriormente transmitir en un tiempo aleatorio.

**dBm**

Nivel de poder referenciado en decibeles para un microwatt.

**Decibel (dB)**

Unidad para medir la longitud relativa de una señal.

**Decodificar**

Es un esquema, que representa en forma digital unos y ceros a través de una combinación de altos y bajos estados de voltaje

**Dispersión**

Es el ancho efectivo de un pulso que ha viajado a través de la fibra.

**Empalme**

Manera de unir dos fibras por sus extremos.

**Empalme mecánico**

Es un dispositivo mecánico que acopla una fibra con otra.

**Empalme por fusión de arco**

Una unión de dos fibras físicamente fusionándolas extremo-extremo

**Estación con acoplamiento dual (DAS)**

Es una estación que se conecta directamente a los dos anillos del FDDI.

**Estación con acoplamiento único (SAS)**

Es una estación que se conecta a un concentrador SAC en el FDDI.

**FEP**

Material dieléctrico. Fluorotileno propileno.

**Fibra óptica**

Es una fibra de material transparente, capaz de conducir la energía luminosa. Usualmente es de pequeño diámetro.

**Fibra monomodo**

Un tipo de fibra la cual soporta una sola ruta a través del núcleo, dependiendo de la longitud de onda.

**Fibra monomodo de salto de índice sencilla escalonada**

Tienen un ángulo de admisión estrecho, por lo que los rayos penetran en forma recta, y por lo tanto en un solo modo.

**Fibra multimodo**

Un tipo de fibra la cual soporta múltiples rayos de luz a través de su núcleo.

**Fibra multimodo de índice gradual**

Su índice de refracción cambia en forma gradual, teniéndose una propagación curva en vez de recta.

**Fibra multimodo de salto de índice o escalonada**

Los rayos de luz son guiados por reflexión interna total.

**FDDI - Interfase de datos distribuidos por fibra óptica**

Describe una topología anillo usando fibra óptica, método de acceso Token-passing modificado, y 100 Mbauds de velocidad.

**Filtro**

Dispositivo que detecta errores y trata de corregirlos.

**Fotodetector**

Dispositivo que convierte la energía luminosa en señal eléctrica

**Fuente de luz**

Emisor de luz en la transmisión por fibra óptica.

**Guía de ondas**

Son tubos metálicos a través de los cuales viajan las microondas.

**Índice de refracción**

Característica de un material, con respecto a la velocidad de la luz en ese material con respecto al vacío.

**Infrarrojo**

Similar a las microondas pero trabaja en el espectro infrarrojo.

**Interfase para desvío ópticos -OBS-**

Es un interruptor de seguridad, en operación normal permite el pase libre de señales, en caso de alguna falla cierra el acceso a esta área y se comporta como un repetidor.

**LASER -Amplificador de la luz por emisión estimulada de Radiación (Light amplification stimulate emission radiation)**

Dispositivo que genera luz coherente, los rayos de luz viajan en trayectorias paralelas.

**LDDI - Interfase de datos distribuidos locales**

Describe una topología estrella usando cable coaxial, propuesto por DEC (Digital equipment Corporation), y 70 Mb/s de velocidad.

**LED - Diodo emisor de luz (Light Emitting Diode)**

Diodo semiconductor el cual emite luz.

**Ley de Shannon**

Capacidad máxima de un canal ruidoso.

**Ley de Snell**

Un haz de luz que viaja por un medio 1 y penetra en un medio2, forma un ángulo de refracción y uno de incidencia; con respecto a una normal los índices de refracción y reflexión son iguales a los ángulos de incidencia y refracción:  $n_1 \text{ Sen } \theta = n_2 \text{ Sen } \phi$ .

**Línea conmutada o pública**

Se compone de una conexión multipunto con concentradores, donde se puede tener varias rutas de comunicación.

**Línea no conmutada o privada**

Se compone de una conexión punto a punto, por lo que solo se tiene una sola ruta de comunicación.

**Longitud de onda**

La distancia entre dos picos en una forma de onda electromagnética.

**MAC (Control de acceso al medio)**

Supercapa del modelo OSI, que especifica el control de acceso de los paquetes al medio de transmisión en la red (protocolo).

**Medida espectral**

La medida de la longitud de onda en un pulso de luz, basado en el 50% de su intensidad.

**MIC (Conector de interfase al medio)**

Conector que provee de alineación a la fibra óptica al enchufarla con los dispositivos de comunicación.

**Micra**

Una millonésima parte de un metro.

**Microondas**

Son ondas electromagnéticas, las cuales viajan usualmente en el espacio aéreo, y se transmiten en línea recta. Pueden ser utilizadas en la vía terrestre, o por satélite

**Modelo OSI**

Son las recomendaciones conocidas como sistema abierto de interconexión propuestas por la Organización Internacional de Estandarización (ISO), y describe arquitecturas y normas de comunicación para las redes.

**Modo de propagación luminosa**

Es el patrón transversal que se produce por la propagación o trayectoria de la energía luminosa en la fibra. Tipo de ruta que toma la luz a través de la fibra.

**Modulación**

La codificación de información sobre una señal de acarreo.

**Modulación en amplitud (AM - Amplitude Modulation)**

Modulación de la señal portadora de la información con respecto a su amplitud. La señal de información es de naturaleza analógica.

**Modulación de fase (PM Phase Modulation)**

Modulación de la señal portadora de la información con respecto a su fase. La señal de información es de naturaleza analógica.

**Modulación en frecuencia (FM - Frequency Modulation)**

Modulación de la señal portadora de la información con respecto a su frecuencia. La señal de información es de naturaleza analógica.

**Modulación FSK (Frequency Shift Keyed)**

Modulación de la señal portadora de la información con respecto a su frecuencia usando solo 2 frecuencias predeterminadas. La señal de información es de naturaleza binaria.

**Modulación OOK (On-Off Keyed) o ASK (Amplitude Shift Keyed)**

Modulación de la señal portadora de la información con respecto a su amplitud, tomando dos niveles. La señal de información es de naturaleza binaria.

**Modulación PCM (Pulse Code Modulation)**

Modulación por codificación de pulsos de una señal analógica, la cual es muestreada, cuantificada y por último codificada en código binario y transmitida por un canal.

**Modulación PSK (Phase Shift Keyed)**

Modulación de la señal portadora de la información con respecto a su fase cambiándose a  $p$  radianes. La señal de información es de naturaleza binaria.

**Multiplexaje o multicanalización**

Transmisión de varias señales de información a través de un solo canal.

**Multiplexaje por División de Frecuencia FDM**

Se divide el ancho de banda en un número de canales independientes, de manera que todas las señales operen al mismo tiempo, pero con diferentes frecuencias.

**Multiplexaje por División de Tiempo TDM**

Las señales se turnan para usar el canal de comunicación.

**Nanometro**

Unidad de medida para la longitud de onda, es una billonésima parte de un metro.



**Núcleo de la fibra óptica**

Parte central de la fibra en donde se concentra la luz.

**Optodetector**

Es un dispositivo semiconductor el cual detecta la energía óptica y la transforma en una señal eléctrica débil.

**Optoreceptor o Receptor óptico**

Dispositivo que se compone de fotodetector, amplificadores, ecualizador filtros y demoduladores con los que detecta la luz, la manipula y la convierte en una señal eléctrica utilizable.

**Paquete o trama**

Es la unión o compactación de los bits de información y/o los de control.

**PE**

Material dieléctrico. Polietileno.

**PHY (Supcapa física)**

Supcapa del modelo OSI, que especifica las características eléctricas y de codificación/decodificación de una red.

**PLL**

Lazo de fase cerrada, es un dispositivo que permanece buscando la frecuencia de transición y recobra la señal del reloj.

**PMD (Dependiente del medio físico)**

Subcapa del modelo OSI, que especifica las características que debe tener el medio de transmisión así como los conectores de una red.

**Polling**

En un control de acceso, con un controlador central que verifica el tráfico y asigna turnos a los dispositivos.

**Protocolos**

Conjunto de reglas y procedimientos que administran, asignan y controlan los recursos; además de intentar de resolver los problemas que se pudieran presentar durante la conexión a la red, si es posible.

**Puente**

Dispositivo que conecta dos redes LAN de diferente topología y tipos de medios.

**PVC**

Material dieléctrico. Cloruro de polivinilo

**Radio de arqueo de la fibra**

Es el límite más bajo en el cual la fibra o cable ópticos pueden doblarse por razones de funcionamiento mecánico y óptico

**Redes de área amplia -WAN-**

Conjunto de redes LAN y MAN.

**Redes de área local -LAN-**

Conjunto de dispositivos que tienen comunicación entre ellos, localizados en un mismo lugar, teniendo una extensión no mayor de 10 km.

**Redes de área metropolitana -MAN-**

Conjunto de redes LAN, que se ubican en una misma ciudad.

**Reflexión interna total**

Se produce cuando un haz luminoso que viaja en un medio 1 choca sobre otro medio 2, de tal manera que el rayo se refleja hacia el mismo medio 1 sin pasar al otro.

**Relación Señal/Ruido (S/R)**

Es la relación entre la cantidad de ruido y la cantidad de señal que están mezclados.

**Repetidor**

Un dispositivo electrónico que recibe y regenera una señal.

**Revestimiento**

Es la parte de la fibra que cubre al núcleo, la cual ayuda a contener la energía luminosa en este, por lo que se tiene un pequeño índice de refracción.

**Ruteador**

Dispositivo que conecta dos o más redes LAN que usen el mismo protocolo, de diferente topología y tipos de medios, en el cual puede tener otras rutas alternas.

**Sensibilidad óptica**

El mínimo de energía necesario que requiera un optoreceptor para poder operar.

**Símbolos en FDDI**

Es una secuencia básica de bits que representan información y control de información.

**Simplex**

La comunicación es de una sola vía, en un solo sentido.

**SMT (Administración de estaciones)**

Subcapa del modelo OSI, se encarga del mapeo sofisticado de las estaciones en la red, monitoreando, detectando fallas y recobrando la red de los errores. Controla a todas las capas anteriores.

**Teorema de Nyquist**

Establece que la máxima velocidad de datos será  $2 AB \log_2 n$  [bits/s].

**Token passing o token bus**

En un control de acceso, en el cual se utiliza una señal llamada token, ésta viajará estación por estación hasta que aquella que desee transmitir, deberá atraparlo y enviar su mensaje, en este punto, el token es ocupado y nadie puede transmitir, hasta que el mensaje sea recibido y llegue el aviso de entregado a la estación original, entonces el token es liberado y vuelve a empezar.

**Token passing o token bus**

Este control de acceso es semejante al token bus, la diferencia reside en que se usa sólo en topología anillo, por lo que el anillo lógico coincide con el anillo físico.

**Topología**

La medida física o conexiones físicas entre dispositivos que forman una red.

**Topología bus**

Termino usado para describir el enlace físico entre dispositivos en una red, compartiendo un mismo medio de comunicación.

**Topología árbol**

Termino usado para describir el enlace físico entre dispositivos en una red en forma jerárquica.

**Topología estrella**

Termino usado para describir el enlace físico entre dispositivos en una red a un solo concentrador.

**Topología anillo**

Termino usado para describir el enlace físico entre dispositivos en una red formando un anillo.

**Topología malla.**

Termino usado para describir el enlace físico entre dispositivos en una red en los cuales pueden entrelazarse entre ellos en varias combinaciones.

**Transductor (transceiver)**

Es una interfase que regenera una señal de un medio a otro, ya que tiene la capacidad de transmitir y recibir al mismo tiempo.

**Velocidad de transmisión**

Es aquella en donde se considera los bits de información y los de control que se les ha agregado. Esta se mide como el recíproco de la duración de un solo pulso, en bauds.

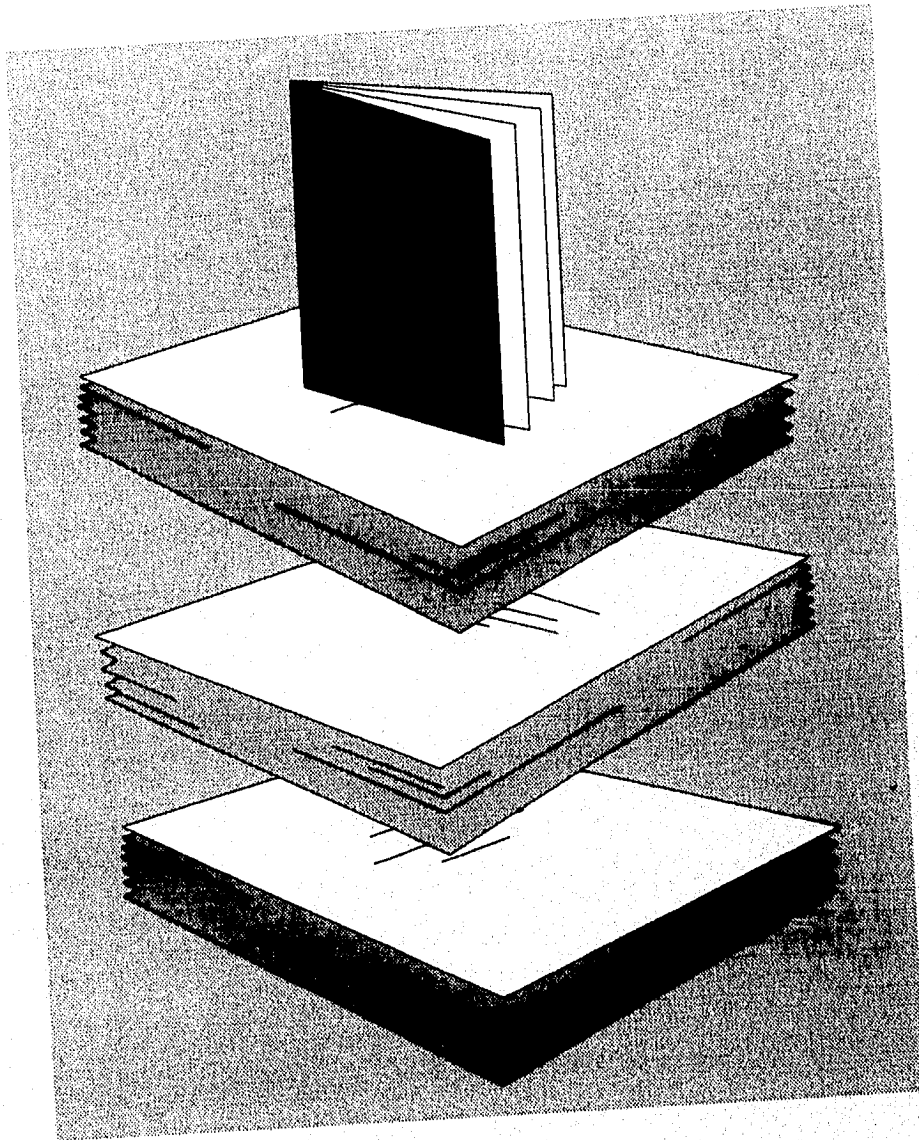
**Velocidad de transmisión de información**

Es aquella en donde se considera los bits de información, esta se mide en bits/seg.

**X.25**

Protocolo que especifica una comunicación a 9600 Bps, con conmutación de paquetes, establecida por el Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía.

# BIBLIOGRAFIA



**BIBLIOGRAFIA**

**ADC FIBERMUX CORPORATION**  
**BACKBONE APPLICATIONS GUIDE**  
1992

**ANDREW S. TANNENBAUM**  
**REDES DE ORDENADORES**  
EDIT. PRENTICE HALL  
1991

**A PENN WELL PUBLICATION**  
**REVISTA LIGHTWAVE**  
APRIL 1994

**CONACIT**  
**REVISTA CIENCIA Y DESARROLLO**  
VOL. XIV NÚM. 83  
Nov - Dic. 1991

**COLIN B UNGARO**  
**THE LOCAL NETWORK HADBOOK**  
EDIT. MC GRAW HILL, DATA COMMUNICATIONS.  
1993

**GERD E. KEISER**  
**LOCAL AREA NETWORKS**  
EDIT. MC GRAW HILL.  
1989

**BIBLIOGRAFIA**

---

**IBM CORPORATION**  
RISC SYSTEM/6000. SYSTEM OVERVIEW.  
HARDWARE, SOFTWARE, COMMUNICATIONS  
DOCUMENTATION & TRAINING  
1992

**IBM CORPORATION**  
AIX LAN COMMUNICATIONS STUDEN GUIDE  
1991

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL.**  
TECNOLOGIA DE ELEMENTOS ELECTRONICOS Y PROCESOS  
1990

**INTEROP INCORPORATED.**  
FDDI  
1993

**MARIA JOSÉ SALMERÓN**  
LINEAS DE TRANSMISION, GUIAS DE ONDA Y FIBRAS OPTICAS  
EDIT. TRILLAS.  
SEP. 1984

**MARK S. WOLTER,**  
FIBER DISTRIBUTED DATA INTERFACE (FDDI) A TUTORIAL  
NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION.  
1992

**NELSON PUBLISHING**  
REVISTA COMMUNICATIO NEWS  
DEC. 1993

**NESTOR GONZALES SAINZ**  
COMUNICACIONES Y REDES DE PROCESAMIENTO DE DATOS  
EDIT. MC GRAW HILL.  
1987

**PEMEX**  
ESTANDARES DE TELEINFORMATICA  
1994

**PEMEX.**  
SISTEMA INSTITUCIONAL DE INFORMÁTICA "NORMATIVIDAD"  
1994

**PUBLICACIONES TELECOMEX**  
TELEDATO  
- OBRA 181, XII- 1984  
- OBRA 212, XII- 1985

**RED S. A.**  
REVISTA RED  
AÑO II NUM. 10

**TELMEX**  
SUBDIRECCION DE COMUNICACIONES Y RELACIONES CORPORATIVAS.  
- RED DIGITAL INTEGRAL (RDI)  
- FIBRA OPTICA  
- APLICACIONES  
- REVISTA "RED DE TELMEX"  
1994

**UNAM**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
APUNTES DEL CURSO "COMUNICACIONES VIA FIBRA OPTICA"  
1994

**UNAM**  
FES - CUAUTITLAN  
APUNTES "COMUNICACIONES VIA FIBRA OPTICA"  
1994



**UNGERMANN-BASS INC.**

**NOTAS Y FOLLETOS DE ARTICULOS PARA FDDI:**

- FDDI IN THE ENTERPRICE
- INTERNETWORKING THE ENTERPRICE
- PROVIDING CONNECTIVITY
- ACCESS/ONE REMOTE MULTIPROTOCOL BRIDGE/ROUTER FAMILY
- ACCESS/ONE 10 BASE-T SYSTEM
- ACCESS/ONE ETHERNET ON FIBER OPTICS
- ACCESS/ONE ETHERNET ON TWISTED PAIR SYSTEM
- ACCESS/ONE SYSTEM ENCLOSURES
- ACCESS/ONE FAULT TOLERANCE POWER SUPPLY
- ACCESS/ONE THIN ETHERNET SYSTEM
- ACCESS/ONE LOCAL ETHERNET BRIDGE
- ACCESS/ONE NETWORK INTERFACE MODULE
- ACCESS/ONE ASYNCHRONOUS INTERFACE MODULE

1994

**UYLESS BLACK**

**REDES DE COMPUTADORAS PROTOCOLOS E INTERFACES.**

EDIT. MACROBIT RAMA 1987

**XWIEW. S. A. DE C. V.**

**REVISTA SOLUCIONES AVANZADAS**

JUL-AGOS. 1993

**3COM CORPORATION.**

**NOTAS Y FOLLETOS DE ARTICULOS PARA FDDI:**

- BRIDGES IB/2000 AND IB/3000
- NETBUILDER BRIDGES IB/2000 AND IB/3000

1994