



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**



Facultad de Estudios Superiores Aragón

**“DISEÑO DE LA RED CON CABLEADO ESTRUCTURADO
PARA LA DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS”**

**TESIS PROFESIONAL
Para obtener el título de:**

Ingeniero Mecánico Eléctrico – Electricista

PRESENTA:

Said Fernando López Hernández

Asesor de Tesis:

Ing. Eleazar Margarito Pineda Díaz

México D.F., a de del 2009



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 mis Padres

Les estoy profundamente agradecido por guiarme en este camino de la vida, por darme las herramientas suficientes para sobrevivir en este mundo tan caótico, por guiarme cuando no sabía cuál era rumbo correcto y sobre todo por darme su amor y comprensión en los momentos difíciles.

A mi Hermano

Debes saber que eres una de las personas por las que yo daría todo y que quiero más en esta vida. Te agradezco por siempre apoyarme, por escuchar mis locuras y por qué se que siempre estarás a mi lado donde quiera que estés. Eres mi ejemplo de tenacidad, disciplina y coraje.

A mi Chaparra

Mi vida mejoro cuando tu niña linda y hermosa aceptaste estar a mi lado. Me has enseñado a ser una mejor persona cada día, me has dado la fuerza para seguir adelante en esos momentos difíciles y el amor que me das, me da la voluntad de superar cualquier reto. Tu apoyo y confianza me permite forjarme nuevas y mejores metas que quiero compartir contigo. Gracias por compartir tu vida con este hombre que te ama con todo su corazón.



A mis amigos Iban y Ricardo

Gracias por siempre darme esa motivación tan *sutil* para terminar esta tesis, nunca la voy a olvidar. Además aprovecho para agradecerles que me hayan enseñado el significado de la amistad, esa que es sincera, leal, honesta y muy pero muy divertida. “Por siempre amigos”

Al Ing. Salvador Hernández Nava

Le agradezco por compartir su experiencia y amistad. Además por enseñarme hacer las cosas con calidad y profesionalismo. Espero siempre contar con su apoyo.

Al Ing. Eleazar Margarita Pineda Díaz

Gracias por su paciencia y su apoyo para sacar adelante esta tesis que medara la gratificación de conseguir mi título de ingeniero Mecánico Eléctrico-Electricista.



INDICE

Introducción	I
Prologo	III
Capitúlo I “Cableado estructurado”	1
1.1 Cableado estructurado	1
1.2 Estándares internacionales	2
1.2.1 Cuarto de equipo	2
1.2.2 Cuarto central	3
1.2.3 Cuarto de telecomunicaciones	3
1.2.4 Cableado horizontal	3
1.2.5 Área de trabajo	4
1.2.6 Sistemas de entrada o Campus	5
1.3 Funciones básicas de los equipos	5
1.3.1 Concentradores	6
1.3.2 Repetidores	7
1.3.3 Puentes	8
1.3.4 Encaminadores	9
1.3.5 Pasarelas	12
1.3.6 Conmutadores	13
Capitulo II “Cables de cobre”	16
2.1 Cable Coaxial	16
2.1.1 Propagación de la señal	17
2.1.2 Tipos de cable coaxial	18
a) Ethernet fino	18
b) Ethernet grueso	18
2.1.3 Cable fino frente a grueso	19
2.1.4 Conectores	19
2.1.5 Tipos de cable coaxial y estándares	20
a) El cloruro de polivinilo	20
b) Un plenum	20
2.1.6 Consideraciones sobre el cable coaxial	21
2.1.7 Parámetros Importantes	21
2.1.8 Estándares	22
2.2 Par Trenzado	25
2.2.1 Estructura del Cable de Par trenzado	26
2.2.2 Cable de par trenzado sin recubrimiento	27
2.2.3 Cable de par trenzado con Recubrimiento	30
2.2.4 Cable de par trenzado con pantalla global	30
2.2.5 Elementos de conexión	30
2.2.6 Instalación del Par Trenzado	31
2.2.7 Cable recto	32
2.2.8 Cable cruzado	32
2.3 Ventajas y desventajas	33
2.3.1 Cable coaxial	33
2.3.2 Par trenzado	34



Capitulo III “Fibra óptica”	35
3.1 Introducción a los Sistemas de Comunicaciones Ópticas	35
3.1.1 Tecnología	35
3.1.2 Elementos básicos constitutivos de un sistema de fibra óptica	37
3.1.3 Análisis de oportunidad de un sistema de fibra óptica	38
3.2 Fibras Ópticas	39
3.2.1 Principios Basicos	39
3.2.2 Clasificación de las Fibras	40
a) Fibras multimodo de salto de índice	41
b) Fibra multimodo de índice gradual	41
c) Fibras monomodo de salto de índice	42
3.2.3 Propiedades de las Fibras Opticas	42
a) Atenuación	42
b) Capacidad de información y ancho de banda de las fibras	43
b.1 Dispersión de guias de onda	43
b.2 Dispersión del material	44
b.3 Dispersión de modal	44
c) Material de las fibras	44
3.2.4 Proceso de Fabricación	45
a) Proceso de deposición de vapor quimico modificado	45
b) Proceso de doble crisol	46
3.2.5 Cables de Fibra Optica	46
3.3 Fuentes Luminosas	47
3.3.1 Diodo Emisor de Luz	47
a) Proceso de emisión	48
b) Espectro de emisión	48
c) LED de emisión de bordes	49
3.3.2 Diodo Laser	49
a) Proceso de emisión	49
b) Espectro de emisión	50
3.3.3 Características del transmisor	50
3.4 Detectores y receptores	51
3.4.1 Diodo PIN	51
3.4.2 Fotodiodo de avalancha	52
a) Proceso avalancha	52
b) Ancho de banda	53
3.4.3 Receptores	54
a) Ruidos en los receptores ópticos	54
3.5 Conectores y acopladores	55
3.5.1 Acopladores	55
3.5.2 Conectores	55
3.6 Multiplexación	57
3.6.1 Multiplexación por división de longitud de onda	57
3.6.2 Multiplexación por división en longitudes de onda densas	58



Diseño de la red con Cableado Estructurado para la DGOP

Capítulo IV “Diseño de la red con cableado estructurado para la Dirección General de Obras Públicas”	59
4.1 Introducción	59
4.2 ¿Por qué invertir en una red?	59
4.3 El sistema de cableado estructurado	61
4.3.1 Estructura utilizada	61
4.4 Descripción preliminar de la red	62
4.5 Descripción de la obra a realizar	62
4.6 Electrónica de la red de datos: fundamentos para su elección	63
4.7 Electrónica de red: el núcleo	63
4.8 Fases de implementación del proyecto	64
4.8.1 Relevamiento y proyección a mediano plazo	65
4.8.2 Asignación de puntos de concentración y los gabinetes con equipos que contienen la electrónica de la red.	70
4.9 Cableado horizontal y troncal inversiones y tiempos estimados para el tendido sistema de cableado	72
4.9.1 Estimación de costos para el cableado en su fase (c) y (d)	72
4.9.2 Cableado troncal	72
4.9.3 Cableado horizontal	73
4.10 Equipos y costos para completar fase (e)	76
4.11 Detalle de los gabinetes de comunicaciones	78
4.12 Cuidado de la red	81
4.13 Licitación	81
Conclusiones	83
Bibliografía	85



INTRODUCCIÓN

El cambio producido por el avance de la tecnología en el área informática y de telecomunicaciones es tan profundo, que hoy es posible utilizar servicios impensados años atrás.

Servicios como la consulta de bases de datos remotas ubicadas en computadoras a miles de kilómetros, la transferencia "instantánea" de documentos, video conferencia en tiempo real, correo electrónico y muchos más, ya coexisten con otros servicios tradicionales como la telefonía y el fax.

En efecto, las tendencias actuales de organización tienden a distribuir sus recursos y, como consecuencia de ello, cada una de sus partes requerirá manejar parte de estos recursos, tomando como base la actividad individual de otras de sus partes, sin perder de vista la interacción entre ellas. Resulta evidente que esta tendencia hacia una operación distribuida, en los aspectos inherentes a cada institución, sea de producción o de servicios, trae aparejada la necesidad del manejo de la información desde cada una de sus partes.

La Dirección de General de Obras Publicas una oficina del Distrito Federal que actualmente no posee una estructura de red global, situación que impide la implementación de servicios y sistemas informáticos generales. Dado este diagnóstico, ya no es suficiente poseer el equipamiento informático básico en las áreas de trabajo (computadoras), sino que se ha vuelto imperativo el disponer de las instalaciones físicas adecuadas (sistemas de cableado) y desarrollar un diseño de red adecuado a sus necesidades.

Esta tesis, como su nombre lo indica trata sobre la necesidad de la aplicación del cableado estructurado, dentro de una institución o dependencia del Gobierno del Distrito Federal. Pero para introducir al lector a este tema, se darán las bases teóricas que conllevan a la aplicación de una red estructurada, y con el conocimiento de esta teoría tomar la decisión de usar la tecnología para cubrir las necesidades de la empresa.

El primer capítulo se referirá al tema del cableado estructurado, que nos mostrara los parámetros que se seguirán para implementar un sistema, que le dará la estructura a un edificio o varios de estos para que pueda correr cualquier información que se le inyecte a través del cableado. Para poder hacer un SCE (sistema de cableado estructurado) también mostrare los diferentes tipos de controladores como: puentes, ruteadores y pasarelas necesarios para realizar este proyecto con cableado estructurados; los que se ocupan para el control, restricción y dirección de las señales de información.

Los elementos como los controladores, equipo de cómputo y cualquier componente que se quiera integrar al cableado estructurado requiere de un tipo de cable adecuado para hacer la conexión a la red. Por lo cual me referiré en el *capítulo 2* al cable coaxial que es uno de los mas utilizados al igual que el par trenzado.



Diseño de la red con Cableado Estructurado para la DGOP

El par trenzado y el cable coaxial tienen limitaciones por lo cual se desarrolló otro tipo de cable y es donde en el *capítulo 3* encontrará el lector, las ventajas que tiene la fibra óptica: bajo costo de fabricación, presentan un gran ancho de banda, no son susceptibles ni a las interferencias ni al debilitamiento y las comunicaciones pueden conducirse sobre un sistema de fibra óptica con completa garantía de seguridad.

Con lo expuesto en los capítulos previos se procede al diseño de la red en el capítulo 4, que se aplicará a la DGOP (Dirección General de Obras Públicas) que pertenece al gobierno del Distrito Federal, en la cual hice mi servicio social y participe en el desarrollo del proyecto.



Prólogo

Una red surge a partir de la necesidad de compartir los diversos recursos informáticos, entre distintos sectores de un lugar, permitiendo el suministro de diversos servicios a cualquier punto o puesto de trabajo ubicado en un edificio.

En la década de los 50's el hombre dio un gran salto al inventar la computadora electrónica. La información ya podía ser enviada en grandes cantidades a un lugar central donde se realizaba su procesamiento. Ahora el problema era que esta información tenía que ser acarreada al departamento de proceso de datos.

Con la aparición de las terminales en la década de los 60's se logró la comunicación directa entre los usuarios y la unidad central de proceso, logrando una comunicación más rápida y eficiente, pero se encontró un obstáculo; entre más terminales y otros periféricos se agregaban a la computadora central, la velocidad de comunicación decaía.

Hacia la mitad de la década de los 70's la delicada tecnología del silicio e integración en miniatura permitió a los fabricantes de computadoras construir mayor inteligencia en máquinas más pequeñas. Estas máquinas llamadas microcomputadoras descongestionaron a las viejas máquinas centrales. A partir de ese momento cada usuario tenía su propia microcomputadora en su escritorio.

A principios de la década de los 80's las microcomputadoras habían revolucionado por completo el concepto de computación electrónica así como sus aplicaciones y mercado. Los gerentes de los departamentos de informática fueron perdiendo el control de la información puesto que el proceso de la misma no estaba centralizado.

Sin embargo de alguna manera se había retrocedido en la forma de procesar información, había que acarrear la información almacenada en los disquetes de una microcomputador a otra y la relativa poca capacidad de los disquetes hacía difícil el manejo de grandes cantidades de información.

Con la llegada de la tecnología Winchester (primera empresa que creó discos duros) se lograron discos duros que permitían almacenar grandes cantidades de información, capacidades que iban desde 5 megabytes hasta 100. En la actualidad hay hasta 120 gigabytes. Una desventaja de esta tecnología era el alto costo que significaba la adquisición de un disco duro. Además, los usuarios tenían la necesidad de compartir información y programas en forma simultánea y todo se hacía de manera mecánica. Estas razones principalmente aunadas a otras, como el poder compartir recursos de baja utilización y alto costo, llevó a diversos fabricantes y desarrolladores a la idea de las redes locales.

La relación entre plataformas de hardware, sistemas operativos y redes de comunicación de datos en la actualidad no sólo es muy estrecha, sino que cada uno de ellos se fundamenta en el otro, mediante un proceso de integración; de aquí el interés de desarrollar este trabajo de tesis.



CAPITULO I “CABLEADO ESTRUCTURADO”

1.1 Cableado Estructurado

El sistema de cableado estructurado (SCE) es implantar un método de cableado, el cual consiste en instalar cable en un edificio, oficinas, plantas industriales o lo que se desee comunicar, en forma sistemática, de tal forma que una vez terminado el cableado, quedara preparado para correr cualquier información que se le inyecte (voz, datos, vídeo, vídeo-conferencia, señales de control) sin la necesidad de hacer cambios que involucren una inversión grande. El SCE debe ser flexible, esto es, debe permitir cualquier cambio físico sin necesidad de hacer grandes movimientos, y permitir una administración física del cableado en forma sencilla, esto es que entre menos herramienta se necesite para “habilitar o deshabilitar” un servicio o nodo, el control de transmisión de información será mas eficaz

Un sistema de cableado permite crear un soporte físico para la transmisión de información asociadas a los sistemas de voz, telemáticos y de control existentes en un edificio o conjunto de edificios (campus). Para realizar esta función un sistema de cableado incluye todos los cables, conectores, repartidores, módulos, etc. necesarios.

SCE debe ser capaz de soportar de manera integrada o individual los siguientes sistemas:

- **Sistemas de voz**
 - o Centralitas (PBX), distribuidores de llamadas (ACD)
 - o Teléfonos analógicos y digitales, etc.

- **Sistemas telemáticos**
 - o Redes locales
 - o Conmutadores de datos
 - o Controladores de terminales
 - o Líneas de comunicación con el exterior, etc.

- **Sistemas de Control**
 - o Alimentación remota de terminales
 - o Calefacción, ventilación, aire acondicionado, alumbrado, etc.
 - o Protección de incendios e inundaciones, sistema eléctrico, ascensores
 - o Alarmas de intrusión, control de acceso, vigilancia, etc.

En caso de necesitarse un sistema de cableado para cada uno de los servicios, al sistema de cableado se le denomina específico; si por el contrario, un mismo sistema soporta dos o más servicios, entonces se habla de cableado genérico.



1.2 Estándares Internacionales

Todo el cableado estructurado está regulado por estándares internacionales que se encargan de establecer las normas comunes que deben cumplir todas las instalaciones de este tipo.

Existen tres estándares: ISO/IEC-IS11801 que es el estándar internacional, EN-50173 que es la norma europea y ANSI/EIA/TIA-568A que es la norma de EE.UU. Éste último es el más extendido aunque entre todas ellas no existen diferencias demasiado significativas.

La división del cableado estructurado, de acuerdo con la norma ANSI TIA/EIA 568-B para edificios comerciales, se hace en 6 elementos o subsistemas:

1. Cuarto de Equipo (MDF)
2. Cableado Central (Backbone)
3. Cuarto de Telecomunicaciones (IDF)
4. Cableado Horizontal
5. Área de Trabajo
6. Sistemas de Entrada o Campus
7. Administración

Todas ellas se han diseñado con el objeto de proporcionar las siguientes utilidades y funciones:

- Un sistema de cableado genérico de comunicaciones para edificios comerciales.
- Medios, topología, puntos de terminación y conexión, así como administración, bien definidos.
- Un soporte para entornos multiproveedor multiprotocolo.
- Instrucciones para el diseño de productos de comunicaciones para empresas comerciales.
- Capacidad de planificación e instalación del cableado de comunicaciones para un edificio sin otro conocimiento previo que los productos que van a conectarse.

1.2.1 CUARTO DE EQUIPO

Es conocida como el área donde se localizan los equipos (servidores, concentradores, ruteadores, conmutadores etc.) que permiten el enlace entre los usuarios de la red. Normalmente se le conoce como el área de SITE.

El cuarto de equipo o nodo primario o área de site es una sección que se conoce como closet de equipos, porque se concentra el equipo principal de telecomunicaciones. Se le llama primario porque de estos equipos se alimentará a equipos secundarios que están situados en los nodos secundarios.

En función de las necesidades, el diseño e infraestructura puede ser que no sea necesario tener un nodo primario sino optar por varios nodos secundarios.



En el nodo primario además de tener todo o la mayor concentración del equipo activo, también se cuenta con equipo pasivo, tal como racks, patch panel, organizadores de cableado, distribuidor de fibra óptica etc. lo cual nos va a permitir tener una administración directa sobre los equipos.

1.2.2 CABLEADO CENTRAL

Este es un conjunto de cables (cobre o fibra óptica) el cual se va a encargar de tener una conexión física entre el nodo primario y el/los nodos secundarios.

Este cableado será tan grande como sea necesario, y teniendo siempre en cuenta que la mejor opción para realizarlo es utilizando una topología en estrella, anillo o malla, ya que de lo contrario se vuelve lento, no importando que esté compuesto con fibra óptica.

El backbone no precisamente tiene que estar en una forma vertical, esto es que puede viajar en forma horizontal sin que cambie su desempeño o nombre.

En un mismo edificio u oficina podemos encontrar tantos backbones como sean necesarias, esto es, si para cubrir un área nosotros necesitamos más de una vertical, estas deberán considerarse de tal manera que cubramos todas las necesidades.

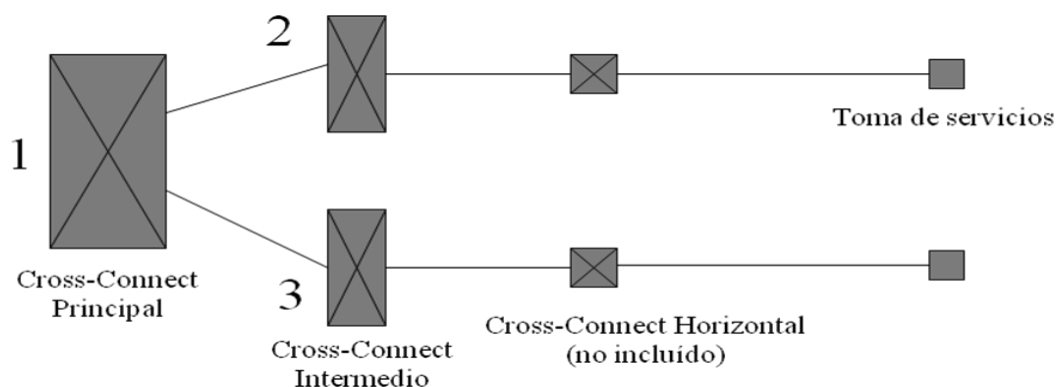


Fig 1.1 Esquema del cableado central o backbone

1.2.3 CUARTO DE TELECOMUNICACIONES

Este módulo recibe la información del backbone y la distribuye entre los usuarios de la red esta formado por los componentes siguientes: Existen los de sistema de respaldo (discos duros o cualquier otro medio de almacenamiento de información, CD-Roms, etc.), de redes (switches, hubs, ruteadores, etc.), y de conexión (fibra óptica, cable coaxial y otras categorías de cables).

1.2.4 CABLEADO HORIZONTAL

El cableado horizontal incorpora el sistema de cableado que se extiende desde el área de trabajo de telecomunicaciones hasta el cuarto de telecomunicaciones.



El cableado horizontal consiste de dos elementos básicos:

- **Cable horizontal y hardware de conexión.** (también llamado cableado horizontal) Proporcionan los medios para transportar señales de telecomunicaciones entre el área de trabajo y el cuarto de telecomunicaciones. Estos componentes son los "contenidos" de las rutas y espacios horizontales.
- **Rutas y espacios horizontales.** (también llamado sistemas de distribución horizontal) Las rutas y espacios horizontales son utilizados para distribuir y soportar cable horizontal y conectar hardware entre la salida del área de trabajo y el cuarto de telecomunicaciones. Estas rutas y espacios son los contenedores del cableado horizontal.

La distribución del cable se realiza principalmente por encima de los plafones falsos (guiados por medio de tubería, escalerilla, PVC) o bien por área perimetral (por medio de canaletas situadas en el perímetro del área a cablear, esto tiene la finalidad de no afectar la estética de los inmuebles o por facilidad y bajo costo, así como restricciones que tengamos sobre la infraestructura del lugar, según sea el caso.)

El cableado horizontal incluye:

- Las salidas (cajas/placas/conectores) de telecomunicaciones en el área de trabajo. (WAO, Work Area Outlets).
- Cables y conectores de transición instalados entre las salidas del área de trabajo y el cuarto de telecomunicaciones.
- Páneles de empate (patch) y cables de empate utilizados para configurar las conexiones de cableado horizontal en el cuarto de telecomunicaciones.

La máxima longitud para un cable horizontal ha de ser de 90 metros con independencia del tipo de cable. La suma de los cables puente, cordones de adaptación y cables de equipos no deben sumar más de 10 metros.

1.2.5 ÁREA DE TRABAJO

Este módulo es el punto final del cableado estructurado, pues es aquí en donde se termina o remata el cable proveniente del nodo principal o nodo secundario en los jacks RJ-45 (Fig 1.2).

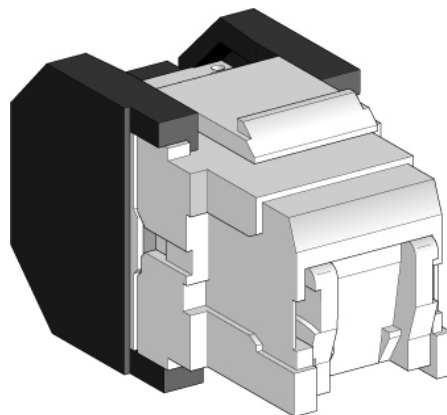


Fig. 1.2 Jacks RJ-45



Posteriormente con un cable UTP que contenga conectores o plugs RJ-45 en sus extremos, conocidos como cables de extensión o Terminal cords, se da entrada a la PC en la red.

En la mayoría de los casos el cable UTP se conectan los 8 hilos con los que está compuesto, esto es con la finalidad de estar preparado para cambios futuros y/o la utilización de tecnología en desarrollo.

Estos cables pueden tener diferentes características de atenuación que el cable horizontal, pero la suma total de estos cables ha de ser el equivalente a estos 8 metros.

Al cable que va desde la roseta hasta el dispositivo a conectar se le llama patchcord y no puede superar los 3 metros de longitud como se muestra en la figura 1.3.

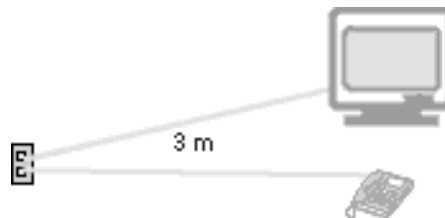


Fig. 1.3 Ejemplo de un patchcord

1.2.6 SISTEMAS DE ENTRADA O CAMPUS

Se entiende como el medio por el que se realiza la conexión entre los sistemas de administración de diferentes edificios cercanos.

Los medios más usados para la interconexión son la fibra óptica para exteriores y el cable coaxial grueso (RG 11), siendo el primero el de mayor demanda principalmente por el manejo de grandes distancias, así como la velocidad de la misma.

1.3 Funciones básicas de los equipos

Para superar las limitaciones físicas de los elementos básicos de una red, existen dispositivos cuyas funciones son las de extender las topologías de red. Estos elementos son: concentradores o *hubs*, repetidores, puentes o *bridges*, encaminadores o *routers* y pasarelas o *gateways*.

Los dispositivos de interconexión de redes proporcionan algunas de (o todas) las siguientes funciones básicas:

- Extensión de la red permiten ampliar el rango de distancia que puede alcanzar una red.
- Definición de segmentos dentro de la red al dividir la red en segmentos se consigue aumentar las prestaciones de la red ya que cada tramo soporta sólo su propio tráfico y no los de los otros segmentos.



- Separación entre redes mediante estos dispositivos las grandes redes se pueden componer de otras más pequeñas interconectadas entre sí, de forma transparente para el usuario. Varias redes físicas pueden combinarse para formar una única red lógica.

1.3.1 CONCENTRADORES

El término concentrador (*hub*) describe la manera en que las conexiones de cableado de cada nodo de una red se centralizan y conectan en un único dispositivo. Se aplica a concentradores Ethernet, TokenRing e Interfase de datos Distribuidos por Fibra, (FDDI, *Fiber Distributed Data Interface*) soportando módulos individuales que concentran múltiples tipos de funciones en un solo dispositivo. Normalmente los concentradores incluyen ranuras para aceptar varios módulos y un panel común para funciones de encaminamiento, filtrado y conexión a diferentes medios de transmisión.

Los primeros *hubs* ó de primera generación son cajas de cableado avanzadas que ofrecen un punto central de conexión conectado a varios puntos. Sus principales beneficios son la conversión de medio (por ejemplo de coaxial a fibra óptica), y algunas funciones de gestión bastante primitivas como particionamiento automático cuando se detecta un problema en un segmento determinado.

Los *hubs* inteligentes de segunda generación basan su potencial en las posibilidades de gestión ofrecidas por topologías radiales (TokenRing y Ethernet). Tiene la capacidad de gestión, supervisión y control remoto, dando a los gestores de la red la oportunidad de ofrecer un periodo mayor de funcionamiento de la red gracias a la aceleración del diagnóstico y solución de problemas. Sin embargo tienen limitaciones cuando se intentan emplear como herramienta universal de configuración y gestión de arquitecturas complejas y heterogéneas.

Los nuevos *hubs* de tercera generación ofrecen proceso basado en arquitectura de reducción de instrucciones de computadora (RISC, *Reduced Instructions Set Computer*) junto con múltiples placas de alta velocidad. Estas placas están formadas por varios buses independientes Ethernet, TokenRing, FDDI y de gestión, lo que elimina la saturación de tráfico de los actuales productos de la segunda generación.

A un *hub* Ethernet se le denomina repetidor multipuerta. El dispositivo repite simultáneamente la señal a múltiples cables conectados en cada uno de los puertos del *hub*. En el otro extremo de cada cable está en un nodo de la red, por ejemplo un ordenador personal. Un *hub* Ethernet se convierte en un *hub* inteligente cuando puede soportar inteligencia añadida para realizar monitorización y funciones de control.

Los concentradores inteligentes permiten a los usuarios dividir la red en segmentos de fácil detección de errores a la vez que proporcionan una estructura de crecimiento ordenado de la red. La capacidad de gestión remota de los *hubs*.

El tipo de *hub* Ethernet más popular es el *hub* 10BaseT. En éste sistema la señal llega a través de cables de par trenzado a una de las puertas, siendo generada eléctricamente y enviada a las demás salidas. Éste elemento también se encarga de desconectar las salidas cuando se produce una situación de error.



A un *hub* TokenRing se le denomina Unidad de Acceso Multiestación (MAU, *Multiestación Access Unit*). Las MAUs se diferencian de los *hubs* Ethernet porque las primeras repiten la señal de datos únicamente a la siguiente estación en el anillo y no a todos los nodos conectados a ella como hace un *hub* Ethernet. Las MAUs pasivas no tienen inteligencia, son simplemente retransmisores. Las MAUs inteligentes detectan errores y activan procedimientos para recuperarse de ellos.

1.3.2 Repetidores

El repetidor es un elemento que permite la conexión de dos tramos de la red, teniendo como función principal regenerar eléctricamente la señal, para permitir alcanzar distancias mayores permitiendo el mismo nivel de la señal a lo largo de la red. De ésta forma se puede extender, teóricamente la longitud de la red hasta el infinito.

Un repetidor interconecta múltiples segmentos de red en el nivel físico del modelo de referencia Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI, Open System Interconnection). Por esto sólo se pueden utilizar para unir dos redes que tengan los mismos protocolos de nivel físico.

Los repetidores no discriminan entre los paquetes generados en un segmento y los que son generados en otro segmento, por lo que los paquetes llegan a todos los nodos de la red. Debido a esto existen más riesgos de colisión y más posibilidades de congestión de la red.

Se pueden clasificar en dos tipos:

- **Locales:** cuando enlazan redes próximas.
- **Remotos:** cuando las redes están alejadas y se necesita un medio intermedio de comunicación.

Normalmente la utilización de repetidores está limitada por la distancia máxima de la red y el tamaño máximo de cada uno de los segmentos de red conectados. En las redes ethernet, por problemas de gestión de tráfico en la red, no deben existir más de dos repetidores entre dos equipos terminales de datos, lo que limita la distancia máxima entre los nodos más lejos de la red a 1,500 m.(enlazados con dos repetidores tres segmentos de máxima longitud, 500 m).

Ventajas:

- Incrementa la distancia cubierta por la LAN.
- Retransmite los datos sin retardos.
- Es transparente a los niveles superiores al físico.

Desventajas:

- Incrementa la carga en los segmentos que interconecta.



Los repetidores son utilizados para interconectar LANs que estén muy próximas, cuando se requiere una extensión física de la red. La tendencia actual es dotar de más inteligencia y flexibilidad a los repetidores, de tal forma que ofrezca capacidad de gestión y soporte de múltiples medios físicos, como ethernet sobre par trenzado (10base T), thickethernet (10base5), thinethernet (10base2), tokenring, fibra óptica, etc.

1.3.3 PUENTES

Son elementos inteligentes, constituidos como nodos de la red, que conectan entre sí dos subredes, transmitiendo de una a otra el tráfico generado. Al destituir los tráficos locales y no locales, estos elementos disminuyen el mínimo total de paquetes circulando por la red por lo que, en general, habrá menos colisiones y resultara mas difícil llegar ala congestión de la red.

Operan en el nivel de enlace del modelo de referencia OSI, en el nivel de trama de Control de Acceso al Medio de Control (MAC, *Medium Access Control*) y se utilizan para conectar o extender redes similares, es decir redes que tienen protocolos idénticos en los dos niveles inferiores OSI, (como es tokenRing, Ethernet con ethernet, etc.) y conexiones a redes de área extensa.

Se encarga de filtrar el tráfico que pasa de una a otra red según la dirección de destino y una tabla que relaciona las direcciones y la red en que se encuentran las estaciones asignadas.

Las redes conectadas a través de puentes aparentan ser una única red, ya que realizan su función transparentemente; es decir, las estaciones no necesitan conocer la existencia de estos dispositivos, ni siquiera si una estación pertenece a uno u otro segmento.

Un *bridge* ejecuta tres tareas básicas:

- Aprendizaje de las direcciones de nodos en cada red.
- Filtrado de las tramas destinadas a la red local.
- Envío de las tramas destinadas a la red remota.

Se distinguen dos tipos de *bridge*:

- **Locales:** sirven para enlazar directamente dos redes físicamente cercanas.
- **Remotos o de área extensa:** se conectan en parejas, enlazando dos o mas redes locales, formando una red de área extensa, a través de líneas telefónicas.

Existe otra división de los bridges en función de la técnica de filtrado y envío (*bridging*) que utilicen:

- Protocolo de Árbol en Expansion o Transparente (STP, *Spanning Tree Protocol Bridge o Transparent Protocol Bridge*). Estos *bridges* deciden que paquetes se filtran en función de un conjunto de tablas de direcciones almacenadas internamente. Su objetivo es evitar la formación de lazos entre las redes que interconectan. Se emplea normalmente en entornos ethernet.



- *Puente* de Protocolo de Encaminamiento por Emisor (SRP, Source Routing Protocol Bridge). El emisor ha de indicar al *bridge* cual es el camino a recorrer por el paquete que quiere enviar. Se utiliza normalmente en entornos tokenring.
- Puente de Protocolo de Encaminamiento por Emisor Transparente (SRTP *Source Routing Transparent Protocol Bridge*). Este tipo de bridges pueden funcionar en cualquier de las técnicas anteriores.

Ventajas de su utilización:

- **Fiabilidad.** Utilizando *bridges* se segmentan las redes de forma que un fallo solo imposibilita las comunicaciones en un segmento.
- **Eficiencia.** Segmentando una red se limita el tráfico por segmento, no influyendo el tráfico de segmento en el otro.
- **Seguridad.** Creando diferentes segmentos de red se pueden definir distintos de niveles de seguridad para acceder a cada uno de ellos, siendo no visible por un segmento la información que no circula por otro.
- **Dispersión.** Cuando la conexión mediante repetidores no es posible debido a la excesiva distancia de separación, los *bridges* permiten romper esa barrera de distancias.

Desventajas de su utilización:

- Son ineficientes en grandes interconexiones de redes, debido a la gran cantidad de tráfico administrativo que se genera.
- Puede surgir problemas de temporización cuando se encadenan en varios bridges.
- Puede aparecer problema de saturación de las redes por tráfico de difusión.

Las aplicaciones de los bridges esta en soluciones de interconexión de LANs similares dentro de una interconexión de redes de tamaño pequeño-medio, creando una única red lógica y obteniendo la facilidad de instalación, mantenimiento y transparencia a los protocolos de niveles superiores. También son útiles de conexiones que requieran funciones de filtrado. Cuando se quiera interconectar pequeñas redes.

1.3.4 Encaminadores

Son dispositivos inteligentes que trabajan en el nivel de red del modelo de referencia OSI, por lo que son dependientes del protocolo particular de cada red. Envían paquetes de datos de un protocolo común, desde una red a otra.



Convierte los paquetes de información de la red de área local, en paquetes capaces de ser enviados mediante redes de área extensa. Durante el envío, el ruteador examina el paquete buscando la dirección de destino y consultando su propia tabla de dirección de destino y consultando su propia tabla de direcciones, la cual mantiene actualizada intercambiando direcciones con lo demás routers para establecer rutas de enlace a través de las redes que los interconectan. Este intercambio de información entre routers se realiza mediante protocolo de gestión propietarios.

Los Routers se pueden clasificar dependiendo de varios criterios:

- En función del área:
 - **Locales:** sirven para interconectar dos redes por conexión directa de los medios físicos de ambas al router.
 - **De área extensa:** enlazan redes distantes.

- En función de la forma de actualizar las tablas de encaminamiento (routing)
 - **Estáticos:** la actualización de las tablas es manual.
 - **Dinámicos:** la actualización de las tablas las realiza el propio router automáticamente.

- En función de los protocolos que soportan:
 - **IPX**
 - **TCP/IP**
 - **DECnet**
 - **Apple Talk**
 - **XNS**
 - **OSI**
 - **X.25**
 - **Etc.**

- En función del protocolo de encaminamiento que utilicen:
 - Protocolo de Información de Ruteo (*RIP, Routing Information protocol*) permite comunicar diferentes sistemas que pertenezcan a la misma red lógica. Tiene tablas de encaminamiento dinámicas y se intercambian información según la necesitan. Las tablas contienen por donde ir hacia los diferentes destinos y el número de saltos que se tienen que realizar. Esta técnica permite 14 saltos como máximo.

 - Protocolo de puerta de enlace Exterior (*EGP, Exterior Gateway Protocol*) este protocolo permite conectar dos sistemas autónomos que intercambien mensajes de actualización. Se realiza un sondeo entre los diferentes routers para encontrar el destino solicitado.

 - Este protocolo solo se utiliza para establecer un camino origen-destino; no funciona como RIP determinado el número de saltos.



- IS-IS Encaminamiento OSI según las normativas: ISO 9575, ISO 9542 e ISO 10589. el concepto fundamental es la definición de encaminamiento en un dominio entre diferentes dominios. Dentro de un mismo dominio el encaminamiento se realiza aplicando la técnica de menor costo. Entre diferentes dominios se consideran otros aspectos como puede ser la seguridad.

Otras variantes de los routers son:

- **Router Multiprotocolo.** Tienen la posibilidad de soportar tramas con diferentes protocolos de nivel de red de forma simultánea, encaminándolas dinámicamente al destino especificado a través de la ruta de menor costo ó más rápida. Son los *routers* de segunda generación. No es necesario, por tanto, tener un *router* por cada protocolo de alto nivel existente en el conjunto de redes interconectadas. Esto supone una reducción de gastos de equipamiento cuando son varios protocolos en la red global.
- **Brouter.** Son routers multiprotocolo con facilidad de bridge. Funcionan como *router* para protocolos encaminables y para aquellos que no lo son, se comportan como *bridge*, transfiriendo los paquetes de forma transparente según las tablas de asignación de direcciones.

Operan tanto en el nivel de enlace como en el nivel de red del modelo de referencia OSI. Por ejemplo, un *Brouter* puede soportar protocolos de encaminamiento además de *source routing* y *spanning tree bridging*. El *Brouter* funciona como un router multiprotocolo, pero si encuentra un protocolo para el que no puede encaminar, entonces simplemente actúa como *bridge*.

Las características y costos de los *Brouter*, hacen de éstos la solución más apropiada para el problema de interconexión de redes complejas. Ofrecen la mayor flexibilidad en entornos de interconexión complejos, que requieran soporte multiprotocolo.

- **Trouter.** Es una combinación entre un router y servidor de terminales. Permite a pequeños grupos de trabajo la posibilidad de conectarse a LANs, WANs, módems, impresoras y otros ordenadores sin tener que comprar un servidor de terminales y un *router*. El problema que presenta éste dispositivo es que al integrar las funcionalidades de *router* y de servidor de terminales puede ocasionar una degradación en el tiempo de respuesta.

Ventajas:

- **Seguridad.** Permiten el aislamiento de tráfico, y los mecanismos de encaminamiento facilitan el proceso de localización de los fallos de la red.
- **Flexibilidad.** Las redes interconectadas con *routers* no están limitadas en su topología, siendo éstas redes de mayor extensión y más complejas que las redes enlazadas con bridge.



- **Soporte de protocolos.** Son dependientes de los protocolos utilizados, aprovechando de una forma eficiente la información de cabecera de los paquetes de red.
- **Relación Precio / Eficiencia.** El costo es superior al de otros dispositivos, en términos de precio de compra, pero no en términos de explotación y mantenimiento para redes de una complejidad mayor.

Desventajas:

- Lentitud de proceso de paquetes respecto a los *bridges*.
- Necesidad de gestionar el subdireccionamiento en el nivel de enlace.
- Precio superior a los *bridges*.

Por su posibilidad de segregar tráfico administrativo y determinar las rutas más eficientes para evitar congestión de la red, son una excelente solución para una interconexión de redes con múltiples tipos de LANs, MANs, WANS y diferentes protocolos. Es una buena solución en redes de complejidad media, para separar diferentes redes lógicas, por razones de seguridad y optimización de las rutas.

1.3.5 PASARELAS

Estos dispositivos están pensados para facilitar el acceso entre sistemas o entornos soportando diferentes protocolos. Operan en los niveles más altos del modelo de referencia OSI (nivel de transporte, sesión, presentación y aplicación) y realizan conversión de protocolos para la interconexión de redes con protocolos de alto nivel diferentes.

Las puertas de enlace o pasarelas (*gateways*) incluyen los 7 niveles del modelo de referencia OSI, y aunque son más caros que un puente o un ruteadores, se pueden utilizar como dispositivos universales en una red corporativa compuesta por un gran número de redes de diferentes tipos.

Las pasarelas tienen mayores capacidades que los ruteadores y los puentes porque no sólo conectan redes de diferentes tipos, sino que también aseguran que los datos de una red que transportan son compatibles con los de la otra red. Conectan redes de diferentes arquitecturas procesando sus protocolos y permitiendo que los dispositivos de un tipo de red puedan comunicarse con otros dispositivos de otro tipo de red.

A continuación se describen algunos tipos de *gateways*:

- **Gateway asíncrono.** Sistema que permite a los usuarios de ordenadores personales acceder a grandes ordenadores (*mainframes*) asíncronos a través de un servidor de comunicaciones, utilizando líneas telefónicas conmutadas ó punto a punto. Generalmente están diseñadas para una infraestructura de transporte muy concreta, por lo que son dependientes de la red.
- **Gateweay SNA.** Permite la conexión a grandes ordenadores con arquitectura de comunicaciones Arquitectura de Sistemas de Red (SNA, *System Network Architecture*,) actuando como terminales y pudiendo transferir ficheros o listados de impresión.



- **Gateway TCP/IP.** Estos gateways proporcionan servicios de comunicaciones con el exterior vía LAN ó WAN y también funcionan como interfaz de cliente proporcionando los servicios de aplicación estándares de TCP/IP.
- **Gateway PAD X.25.** son similares a los asíncronos; la diferencia está en que se accede a los servicios a través de las redes de conmutación de paquetes X.25.
- **Gateway FAX.** Los servidores de Fax proporcionan la posibilidad de enviar y recibir documentos de fax.

Ventajas:

- Simplifican la gestión de red.
- Permiten la conversión de protocolos.

Desventajas:

- Su gran capacidad se traduce en un alto precio de los equipos.
- La función de conversión de protocolos impone una sustancial sobrecarga en el *gateway*, la cual se traduce en un relativo bajo rendimiento. Debido a esto, un *gateway* puede ser un cuello de botella potencial si la red no está optimizada para mitigar esta posibilidad.

Su aplicación está en redes corporativas compuestas por un gran número de LANs de diferentes tipos.

1.3.6 Conmutadores

Los conmutadores (Switches) tienen la funcionalidad de los concentradores a los que añaden la capacidad principal de dedicar todo el ancho de banda de forma exclusiva a cualquier comunicación entre sus puertos. Esto se consigue debido a que el conmutador no actúa como repetidor multipuerto, sino que únicamente envía paquetes de datos hacia aquella puerta a la que van dirigidos. Esto es posible debido a que los equipos configuran unas tablas de encaminamiento con las direcciones MAC (nivel 2 de OSI) asociadas a cada una de sus puertas.

Ésta tecnología hace posible que cada una de las puertas disponga de la totalidad del ancho de banda para su utilización. Estos equipos habitualmente trabajan con anchos de banda de 10 y 100 Mbps, pudiendo coexistir puertas con diferentes anchos de banda en el mismo equipo.

Las puertas de un conmutador pueden dar servicio tanto a puestos de trabajo personales como a segmentos de la red (hubs), siendo por éste motivo ampliamente utilizados como elementos de segmentación de redes y de encaminamiento de tráfico. De ésta forma se consigue que el tráfico interno en los distintos segmentos de la red conectados al conmutador afecte al resto de la red aumentando de ésta manera la eficiencia de uso del ancho de banda.



Hay tres tipos de conmutadores o técnicas de conmutación:

- **Almacenar – Transmitir.** Almacenan las tramas recibidas y una vez examinadas se envían a su destinatario. La ventaja de este sistema es que se previene del malgasto de ancho de banda sobre la red destinataria al no enviar tramas inválidas o incorrectas. La desventaja es que incrementa ligeramente el tiempo de respuesta del switch.
- **Cortar – Continuar.** En éste caso el envío de las tramas es inmediato una vez recibida la dirección de destino. Las ventajas y desventajas son cruzadas respecto a Almacenar – Transmitir, este tipo de conmutadores es indicado para redes con poca latencia de errores.
- **Híbridos.** Este conmutador normalmente opera como cortar – continuar, pero constantemente monitoriza la frecuencia al que tramas inválidas o dañadas son enviadas. Si éste valor supera un umbral prefijado, el conmutador se comporta como un almacenar – transmitir. Si desciende éste nivel se pasa al modo inicial. En caso de diferencia de velocidades entre las subredes interconectadas el conmutador necesariamente ha de operar como almacenar – transmitir.

Esta tecnología permite una serie de facilidades tales como:

- **Filtrado inteligente.** Posibilidad de hacer filtrado de tráfico no sólo basándose en direcciones MAC, sino considerando parámetros adicionales, tales como el tipo de protocolo o la congestión de tráfico dentro del switch o en otros switches de la red.
- **Soporte de redes virtuales.** Posibilidad de crear grupos cerrados de usuarios, servidos por el mismo switch ó por diferentes switches de la red, que constituyan dominios diferentes a efectos de difusión. De ésta forma también se simplifican los procesos de movimientos y cambios, permitiendo a los usuarios ser ubicados o reubicados en red mediante software.
- **Integración de routing.** Inclusión de módulos que realizan función de los routers (encaminamiento), de tal forma que se puede realizar la conexión entre varias redes diferentes mediante propios switches.

Beneficios

- El sistema de cableado estructurado nos va permitir hacer convivir muchos servicios en nuestra red (voz, datos, vídeo, etc.) con la misma instalación, independientemente de los equipos y productos que se utilicen.
- Se facilita y agiliza mucho las labores de mantenimiento.
- Es fácilmente ampliable.
- El sistema es seguro tanto a nivel de datos como a nivel de seguridad personal.
- Una de las ventajas básicas de estos sistemas es que se encuentran regulados mediante estándares, lo que garantiza a los usuarios su disposición para las aplicaciones existentes, independientemente del fabricante de las mismas, siendo soluciones abiertas, fiables y muy seguras. Fundamentalmente la norma



TIA/EIA-568A define entre otras cosas las normas de diseño de los sistemas de cableado, su topología, las distancias, tipo de cables, los conectores, etc.

- Al tratarse de un mismo tipo de cable, se instala todo sobre el mismo trazado.
- El tipo de cable usado es de tal calidad que permite la transmisión de altas velocidades para redes.
- No hace falta una nueva instalación para efectuar un traslado de equipo.



CAPITULO II “CABLES DE COBRE”

2.1 Cable coaxial.

Un cable coaxial consta de un núcleo de hilo de cobre rodeado por un aislante, una protección de metal trenzado y una cubierta externa. Es utilizado como línea de transmisión para altas frecuencias o banda ancha. Porque el campo electromagnético que lleva la señal (ideal) solamente existe en el espacio entre interior y exterior del conductor, la cual no interfiere ni sufre interferencia de campos eléctricos externos.

El término protección hace referencia al trenzado o malla de metal (u otro material) que rodea algunos tipos de cable. El recubrimiento protege los datos transmitidos absorbiendo las señales electrónicas espurias, llamadas ruido, de forma que no pasan por el cable y no distorsionan los datos. Al cable que contiene una lámina aislante y una capa de protección de metal trenzado se le denomina cable apantallado doble. Para entornos que están sometidos a grandes interferencias, se encuentra disponible un recubrimiento cuádruple. Esta protección consta de dos láminas aislantes, y dos capas de metal trenzado,

El núcleo de un cable coaxial transporta señales electrónicas que forman los datos. Este núcleo puede ser sólido o de hilos. Si el núcleo es sólido, normalmente es de cobre.

Rodeando al núcleo hay una capa aislante dieléctrica que la separa de la malla de hilo. La malla de hilo trenzada actúa como masa, y protege al núcleo del ruido eléctrico y de la intermodulación (la intermodulación es la señal que sale de un hilo adyacente).

El núcleo de conducción y la malla de hilos deben estar separados uno del otro. Si llegan a tocarse, el cable experimentaría un cortocircuito, y el ruido o las señales que se encuentren perdidas en la malla circularían por el hilo de cobre. Un cortocircuito eléctrico ocurre cuando dos hilos de conducción o un hilo y una tierra se ponen en contacto. Este contacto causa un flujo directo de corriente (o datos) en un camino no deseado. En el caso de una instalación eléctrica común, un cortocircuito causará el chispazo y el fundido de un fusible o del interruptor automático. Con dispositivos electrónicos que utilizan bajos voltajes, el resultado no es tan dramático, y a menudo casi no se detecta. Estos cortocircuitos de bajo voltaje generalmente causan un fallo en el dispositivo y lo habitual es que se pierdan los datos.

Una cubierta exterior no conductora (normalmente hecha de goma, teflón o plástico) rodea todo el cable.

La malla de hilos protectora absorbe las señales electrónicas perdidas, de forma que no afecten a los datos que se envían a través del cable de cobre interno. Por esta razón, el cable coaxial es una buena opción para grandes distancias y para soportar de forma fiable grandes cantidades de datos con un equipamiento poco sofisticado.



Fig. 2.1 Estructura de un cable coaxial

2.1.1 PROPAGACIÓN DE LA SEÑAL

Las líneas de transmisión con alambres sin protección tienen la propiedad que las ondas electromagnéticas tengan baja propagación en líneas extensas dentro del espacio rodeado de cables paralelos. Estas líneas tienen poca pérdida, pero también unas características indeseables. Estas no pueden ser torcidas, dobladas sin que cambien su impedancia característica. El cable coaxial resuelve estos problemas confinando a las ondas electromagnéticas en el área dentro del cable, entre el conductor central y la cubierta. La transmisión de energía ocurre totalmente a través en el dieléctrico dentro del cable entre los conductores. Además las líneas coaxiales pueden ser dobladas y moderadamente torcidas sin efectos negativos, y pueden ser unida a un soporte conductivo sin inducir cargas indeseables en ellas. En aplicaciones de radio frecuencia arriba de algunos gigahertz, la propagación de onda solamente es en el modo electromagnético transversal (TEM, transverse electric magnetic mode), que significa que los campos eléctricos y magnéticos están ambos perpendicular a la dirección de propagación. Además por en cima de ciertas frecuencias de corte, de los modos eléctrico transversal (TE, transverse electrical) y/o magnético transversal (TM, transverse magnetic) también pueden propagarse, como lo hacen en las guías de onda. Es indeseable transmitir por en cima de las frecuencias de corte, desde que estas pueden causar múltiples modos con diferentes velocidades de fase de propagación, interfiriendo con cada una. El diámetro exterior es aproximadamente inversamente proporcional a la frecuencia de corte.

El conductor exterior también puede estar hecho (en orden de fuga decreciente y en este caso de grados de balance): doble cobertura, cinta entretejida, trenzado, etc. Las pérdidas ohmicas en el conductor se incrementan en este orden: conductor ideal (no hay pérdidas), plata y cobre. Esto se incrementa mas lejos por la superficies rugosas. Los cables coaxial requieren de una estructura interna de inmaterial aislante (dieléctrico) para mantener el espacio entre el núcleo y la cubierta. Las pérdidas dieléctricas aumentan en este orden: Dieléctrico ideal (no hay pérdidas), vacío, aire, PTFE_foam, PTFE y polietileno. Esto se incrementa mas por las impurezas como el agua. En aplicaciones comunes las pérdidas en polietileno son comparables a las pérdidas ohmicas de 1 GHz y las pérdidas en PTFE llegan a las 10Ghz. Una constante de dieléctrico bajo teniendo en cuenta el gran núcleo: menos pérdidas ohmicas. Un dieléctrico inhomogéneo necesita ser compensado por un conductor no circular que evite las corrientes de conflicto.



2.1.2 TIPOS DE CABLE COAXIAL

Hay dos tipos de cable coaxial:

- Cable fino (Thinnet).
- Cable grueso (Thicknet).

El tipo de cable coaxial más apropiado depende de las necesidades de la red en particular.

a) Ethernet fino. El cable Thinnet es un cable coaxial flexible de unos 0,64 centímetros de grueso. Este tipo de cable se puede utilizar para la mayoría de los tipos de instalaciones de redes, ya que es un cable flexible y fácil de manejar.

El cable coaxial Thinnet puede transportar una señal hasta una distancia aproximada de 185 metros antes de que la señal comience a sufrir atenuación.

Los fabricantes de cables han acordado denominaciones específicas para los diferentes tipos de cables. El cable Thinnet está incluido en un grupo que se denomina la familia RG-58 y tiene una impedancia de 50 ohm. (La impedancia es la resistencia, medida en ohmios, a la corriente alterna que circula en un hilo.)

La característica principal de la familia RG-58 es el núcleo central de cobre y los diferentes tipos de cable de esta familia son:

- **RG-58/U:** Núcleo de cobre sólido.
- **RG-58 A/U:** Núcleo de hilos trenzados.
- **RG-58 C/U:** Especificación militar de RG-58 A/U.
- **RG-59:** Transmisión en banda ancha, como el cable de televisión.
- **RG-60:** Mayor diámetro y considerado para frecuencias más altas que RG-59, pero también utilizado para transmisiones de banda ancha.
- **RG-62:** Redes ARCnet.

b) Ethernet grueso. El cable Thicknet es un cable coaxial relativamente rígido de aproximadamente 1,27 centímetros de diámetro. Al cable Thicknet a veces se le denomina Ethernet estándar debido a que fue el primer tipo de cable utilizado con la conocida arquitectura de red Ethernet.

Cuanto mayor sea el grosor del núcleo de cobre, más lejos puede transportar las señales. El cable Thicknet puede llevar una señal a 500 metros. Por tanto, debido a la capacidad de Thicknet para poder soportar transferencia de datos a distancias mayores, a veces se utiliza como enlace central o backbone para conectar varias redes más pequeñas basadas en Thinnet.



Un transductor conecta el cable coaxial Thinnet a un cable coaxial Thicknet mayor. Un transductor diseñado para Ethernet Thicknet incluye un conector conocido como «vampiro» o «perforador» para establecer la conexión física real con el núcleo Thicknet. Este conector se abre paso por la capa aislante y se pone en contacto directo con el núcleo de conducción. La conexión desde el transceiver a la tarjeta de red se realiza utilizando un cable transductor para unir el conector del puerto de la interfaz de conexión de unidad (AUI) a la tarjeta. Un conector de puerto AUI para Thicknet también recibe el nombre de conector Digital Intel Xerox (DIX) (nombre dado por las tres compañías que lo desarrollaron y sus estándares relacionados) o como conector **dB15**.

2.1.3 CABLE FINO FRENTE AL GRUESO

Como regla general, los cables más gruesos son más difíciles de manejar. El cable fino es flexible, fácil de instalar y relativamente barato. El cable grueso no se dobla fácilmente y, por tanto, es más complicado de instalar. Éste es un factor importante cuando una instalación necesita llevar el cable a través de espacios estrechos, como conductos y canales. El cable grueso es más caro que el cable fino, pero transporta la señal más lejos.

El cable coaxial micro-miniatura es un desarrollo tecnológico que ha sido ampliamente adoptado por un sector de consumidores electrónicos en últimos años. Compañías de alambre y cable como Tyco, Sumitomo Electric, Hitachi Cable, Fujikura y LS Cable todas manufacturan estos cables, que pueden ser usados en telefonía celular

2.1.4 CONECTORES

Desde el punto de vista de la señal, un conector puede verse como un pequeño y rígido cable. El conector usualmente tiene la misma impedancia que el cable relacionado y probablemente tenga un corte de frecuencia similar aunque el dieléctrico sea diferente. Los conectores de alta calidad son usualmente de oro o un chapado de rodio, los conectores de baja calidad utilizan níquel o chapa de estaño. La plata es ocasionalmente usado en conectores de altas terminales además es de alta conductibilidad, pero usualmente requiere extra recubrimiento de otros metales por que la plata se oxida fácilmente con el aire.

Tanto el cable Thinnet como el Thicknet utilizan un componente de conexión llamado conector BNC, para realizar las conexiones entre el cable y los equipos. Existen varios componentes importantes en la familia BNC, incluyendo los siguientes:

- 1) **El conector de cable BNC**. El conector de cable BNC está soldado, o incrustado, en el extremo de un cable.
- 2) **El conector BNC T**. Este conector conecta la tarjeta de red del equipo con el cable de la red.
- 3) **Conector acoplador (barrel) BNC**. Este conector se utiliza para unir dos cables Thinnet para obtener uno de mayor longitud.
- 4) **Terminador BNC**. El terminador BNC cierra el extremo del cable del bus para absorber las señales perdidas.



El origen de las siglas BNC no está claro, y se le han atribuido muchos nombres, desde «British Naval Connector» a «Bayonet Neill-Councilman». Haremos referencia a esta familia hardware simplemente como BNC, debido a que no hay consenso en el nombre apropiado y a que en la industria de la tecnología las referencias se hacen simplemente como conectores del tipo BNC.



Fig.2.2 Ejemplo de los diferentes tipos de conectores para los cables de Axial

2.1.5 TIPOS DE CABLE COAXIAL ESTANDARES

El tipo de cable que se debe utilizar depende del lugar donde se vayan a colocar los cables en la oficina. Los cables coaxiales pueden ser de dos tipos:

- Cloruro de polivinilo (PVC).
- Plenum.

a) El cloruro de polivinilo. Es un tipo de plástico utilizado para construir el aislante y la clavija del cable en la mayoría de los tipos de cable coaxial. El cable coaxial de PVC es flexible y se puede instalar fácilmente a través de la superficie de una oficina. Sin embargo, cuando se quema, desprende gases tóxicos.

b) Un plenum. Es el espacio muerto que hay en muchas construcciones entre el falso techo y el piso de arriba; se utiliza para que circule aire frío y caliente a través del edificio. Las normas de incendios indican instrucciones muy específicas sobre el tipo de cableado que se puede mandar a través de esta zona, debido a que cualquier humo o gas en el plenum puede mezclarse con el aire que se respira en el edificio.

El cableado de tipo plenum contiene materiales especiales en su aislamiento y en la clavija del cable. Estos materiales están certificados como resistentes al fuego y producen una mínima cantidad de humo; esto reduce los humos químicos tóxicos. El cable plenum se puede utilizar en espacios plenum y en sitios verticales (en una pared,



por ejemplo) sin conductos. Sin embargo, el cableado plenum es más caro y menos flexible que el PVC.

2.1.6 Consideraciones sobre el cable coaxial

En la actualidad es difícil que tenga que tomar una decisión sobre cable coaxial, no obstante, considere las siguientes características del cable coaxial.

Utilice el cable coaxial si necesita un medio que pueda:

- Transmitir voz, vídeo y datos.
- Transmitir datos a distancias mayores de lo que es posible con un cableado menos caro
- Ofrecer una tecnología familiar con una seguridad de los datos aceptable.

2.1.7 Parámetros Importantes

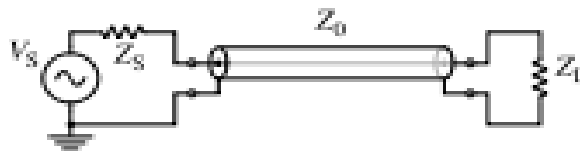


Fig.2.3 Representación esquemática de una línea de transmisión coaxial, mostrando la impedancia característica Z_0 .

- La impedancia característica en ohms (Ω) es calculada del radio del diámetro interior y exterior, y la constante dieléctrica (ϵ_r). La impedancia característica es dada por:

$$Z_0 = \frac{138}{\sqrt{\epsilon_r}} \times \log\left(\frac{D}{d}\right)$$

Asumiendo que las propiedades dieléctricas del material interior del cable no varíe sensiblemente arriba del rango de operación del cable, esta impedancia es frecuentemente independiente.

- Capacitancia, en faradios por metro.
- Resistencia, en ohms por metro.
- Atenuación o pérdida, en decibelios por metro. Esto depende del material dieléctrico que este sellado el cable, y las pérdidas resistivas en el centro del conductor y el aislante. Estas pérdidas son frecuentemente dependientes, las pérdidas llegan a ser altas con el incremento de frecuencia. En el diseño de un sistema, los ingenieros deben considerar no solamente las pérdidas de un cable real en sí mismo, pero también las pérdidas de inserción en los conectores.



- El diámetro exterior, que dictamina a los conectores deben ser usados para terminar el cable.
- La velocidad de propagación, depende del tipo del dieléctrico
- Frecuencia de corte.

2.1.8 Estándares

La mayoría de los cables coaxiales tienen una impedancia característica de 50, 52, 75 o 93 Ohms. La industria RF usa un estándar *tipo-nombre* para los cables coaxiales. Para la televisión el más comúnmente usado es RG-6, y para la mayoría de las conexiones de las afueras de Europa son los conectores F.

Una serie de estándares de cables coaxiales fueron especificados para uso militar, el tipo RG-# ó RG-#/U. Estos provienen de las Segunda Guerra Mundial y fueron especificados en la publicación *MIL-HDBK-216 en 1962*. Esta designación ahora es obsoleta. El estándar militar actual es MIL-SPEC MIL-C-17. MIL-C-17, por ejemplo M17/75-RG214, que es dado para cables de uso militar y con número de catálogo para aplicaciones civiles. Además, la designación de la serie RG fue muy común para varias generaciones que aun utilizan y usan estos cables. Las designaciones RG son muy usadas para identificar conectores compatibles con el conductor interno, dieléctrico y dimensiones de la cubierta de la vieja serie de cables RG.

Tabla 2.1 Estándares RG

Tipo	Imped aprox. [Ω]	Núcleo	Dieléctrico		Diámetro total [m]	Trenzado	Factor de velocidad	Comentarios
			Tipo	[mm]				
RG-6/U	75	1.0mm	PE	4.7	8.4	Doble		Baja pérdida y alta frecuencia para cables de televisión, televisión por satélite y cables para MODEM
RG-6/UQ	75		PE		7.62	Cuádruple		Esta es una “cubierta cuádruple RG-6”. Esta tiene cuatro capas de cobertura, regularmente RG-6 tiene una o dos
RG-8/U	50	2.17mm	PE	7.2	10.3			Utilizado para thick Ethernet (10base5) y radio amateur
RG-9/U	51		PE		10.7			
RG-11/U	75	1.63mm	PE	7.2	10.5		0.66	Utilizado para caídas largas y bajo tierra



Capitulo II
“Cables de Cobre”

RG-58/U	50	0.9mm	PE	2.9	5.0	Sencillo	0.66	Utilizado para radiocomunicación y radioamateur, thin Ethernet (10base2) y electrónica (NIM Nuclear Instrumentation Module; “Modulo de instrumentación Nuclear”).
RG-59/U	75	0.81mm	PE	3.7	6.1	Sencillo	0.66	Utilizado para llevar banda base, video en circuito-cerrado y anteriormente fue utilizado para cables de televisión. Por lo regular una cubierta muy simple pero podría transportar señales HQ, HD o video en distancias cortas.
RG-62/U	92		PE		6.1	Sencillo	0.84	Utilizado para ARCNET y antenas de radio automotrices
RG-62A	93		ASP		6.1	Sencillo		Utilizados para electrónica NIM
RG-174/U	50	0.48mm	PE	2.5	2.55	Sencillo		Comúnmente para WiFi pigtails, mas flexible pero con alta perdidas como RG58; Utilizado con conectores LEMO 00 en electrónica NIM.
RG-178/U	50				2.0	Sencillo		
RG-179/U	75	7x0.1mm Ag pltd Cu	PTFE	1.6	2.5	Sencillo	0.67	VGA RGBHV
RG-213/U	50	7x0.0296 en Cu	PE	7.2	10.3	Sencillo	0.66	Para radiocomunicación y Radio amateur. Típicamente baja perdida como RG58.
RG-214	50				10.8			



RG-218	50	0.195 en Cu	PE	16.76 (17.3)	22	Sencillo	0.66	Diámetro amplio, no muy flexible, baja pérdida (2.5dB/100' @ 400MHz), 11kV resistencia dieléctrica.
RG-223	50	2.74mm	FE	7.24	10.29	Doble		
RG-316/U	50	7×0.0067 in	PTFE	1.5	2.6	Sencillo		Utilizado con LEMO 00 conectores en electrónica NIM

Tabla 2.2 Designación Commercial:

Tipo	imped aprox. [Ω]	Núcleo	Dieléctrico		Diámetro total [mm]	Factor de velocidad	Comentarios
			tipo	[mm]			
H155	50					0.79	Perdida baja a altas frecuencias para radiocomunicación y radio amateur
H500	50					0.82	Perdida baja a altas frecuencias para radiocomunicación y radio amateur
LMR-195	50						Perdida baja reemplaza a RG-58
LMR-200 HDF-200 CFD-200	50	1.12mm Cu	PF CF	2.95	4.95	0.83	Perdida baja en Comunicaciones, 0.554 dB/metro @ 2.4 GHz
LMR-400 HDF-400 CFD-400	50	2.74mm Cu clad Al	PF CF	7.24	10.29	0.85	Perdida baja en Comunicaciones, 0.223 dB/metro @ 2.4 GHz
LMR-600	50	4.47mm Cu clad Al	PF	11.56	14.99	0.87	Perdida baja en Comunicaciones, 0.144 dB/metro @ 2.4 GHz
LMR-900	50	6.65mm BC tube	PF	17.27	22.10	0.87	Perdida baja en Comunicaciones, 0.098 dB/metro @ 2.4 GHz
LMR-1200	50	8.86mm BC tube	PF	23.37	30.48	0.88	Perdida baja en Comunicaciones, 0.075 dB/metro @ 2.4 GHz
LMR-1700	50	13.39mm BC tube	PF	34.29	42.42	0.89	Perdida baja en Comunicaciones, 0.056 dB/metro @ 2.4 GHz



Existen otras designaciones planeadas para los cables coaxiales como son la serie URM, CT y WF.

2.2 Par Trenzado

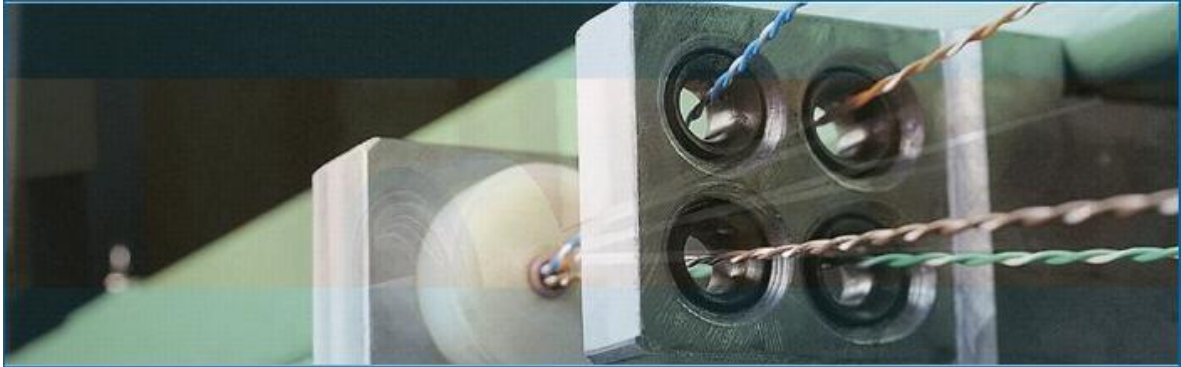


Fig. 2.4 Par Trenzado

El par trenzado surge como una alternativa al cable coaxial en 1985. Un Cable de par trenzado es uno de los tipos de cables de pares compuesto por hilos, normalmente de cobre, trenzados entre sí. Hay cables de 2, 4, 25 o 100 hilos e incluso de más. El trenzado mantiene estable las propiedades eléctricas a lo largo de toda la longitud del cable y reduce las interferencias creadas por los hilos adyacentes en los cables compuestos por varios pares.

En su forma más simple, un cable de par trenzado consta de dos hilos de cobre aislados y entrelazados para así cancelar las interferencias electromagnéticas (EMI) de fuentes externas como motores, relés y transformadores, e interferencias de líneas adyacentes. Hay dos tipos de cables de par trenzado: cable de par trenzado sin revestimiento (UTP, unshielded twisted pair) y par trenzado con revestimiento (STP, shielded twisted pair).

La razón de trenzado (también llamado pitch del trenzado, usualmente esta dado en trenzado por metro) forma parte de las especificaciones de un tipo dado de cable. Entre mayor sea el trenzado se evita mas el ruido eléctrico y la atenuación. Donde no existe este trenzado es los cables de teléfono residencial.

A menudo se agrupan una serie de hilos de par trenzado y se encierran en un revestimiento protector para formar un cable. El número total de pares que hay en un cable puede variar.

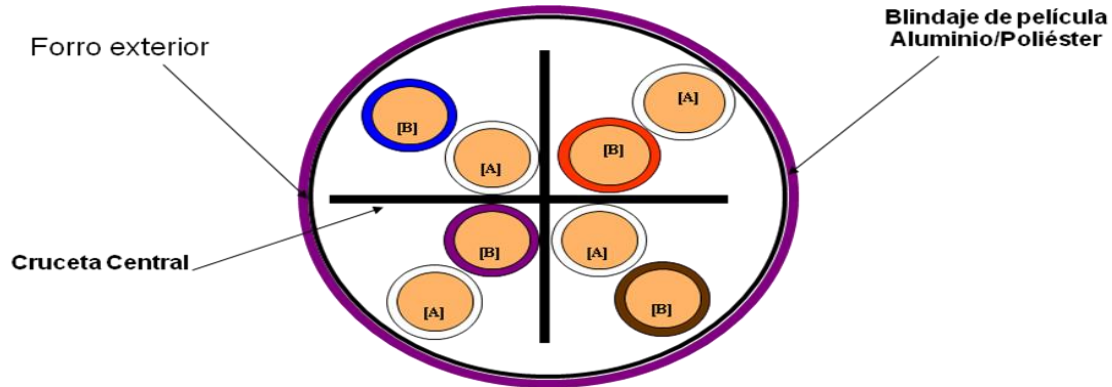


Fig. 2.5 Cable par trenzado STP

2.2.1 ESTRUCTURA DEL CABLE DE PAR TRENZADO

Por lo general, la estructura de todos los cables par trenzado no difieren significativamente, aunque es cierto que cada fabricante introduce algunas tecnologías adicionales mientras los estándares de fabricación se lo permitan. El cable está compuesto, por un conductor interno que es de alambre electrolítico recocido, de tipo circular, aislado por una capa de polietileno coloreado. Debajo de la aislación coloreada existe otra capa de aislación también de polietileno, que contiene en su composición una sustancia antioxidante para evitar la corrosión del cable. El conducto sólo tiene un diámetro de aproximadamente medio milímetro, y más el aislamiento el diámetro puede superar el milímetro. Sin embargo es importante aclarar que habitualmente este tipo de cable no se maneja por unidades, sino por pares y grupos de pares, paquete conocido como cable multipar. Todos los cables del multipar están trenzados entre sí con el objeto de mejorar la resistencia de todo el grupo hacia diferentes tipos de interferencia electromagnética externa. Por esta razón surge la necesidad de poder definir colores para los mismos que permitan al final de cada grupo de cables conocer qué cable va con cual otro. Los colores del aislante están normalizados a fin de su manipulación por grandes cantidades. Para Redes Locales los colores estandarizados son: *Naranja-Blanco*, *Blanco – Naranja*, *Verde- Blanco*, *Blanco – Verde*, *Azul –Blanco*, *Blanco – Azul*, *Marrón –Blanco* y *Blanco – Marrón*.

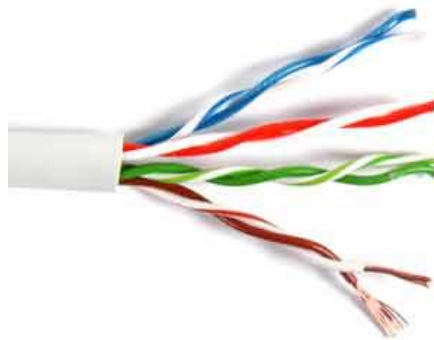


Fig.2.6 Los colores de los aislantes normalizados para redes locales



Los cables una vez fabricados unitariamente y aislados, se trenzan de a pares de acuerdo al color de cada uno de ellos; aún así, estos se vuelven a unir a otros formando estructuras mayores: los pares se agrupan en subgrupos, los subgrupos se agrupan en grupos, los grupos se agrupan en superunidades, y las superunidades se agrupan en el denominado cable.



Fig. 2.7 Código de colores del par trenzado

2.2.2 CABLE DE PAR TRENZADO SIN RECUBRIMIENTO

El par trenzado fue utilizado por primera vez por la compañía telefónica Bell en 1881 y para 1900 toda la red telefónica Americana ya utilizaba este tipo de cable.

Es el cable par trenzado más simple y empleado, sin ningún tipo de pantalla adicional y con una impedancia característica de 100 ohmios. El conector más frecuente con el UTP es el RJ-45, aunque también puede usarse otro (RJ-11, DB-25, DB-11, etc.), dependiendo del adaptador de red. Es sin duda el que hasta ahora ha sido mejor aceptado, por su costo accesibilidad y fácil instalación. Sus dos alambres de cobre torcidos aislados con plástico PVC han demostrado un buen desempeño en las aplicaciones de hoy. Sin embargo, a altas velocidades puede resultar vulnerable a las interferencias electromagnéticas del medio ambiente. El cable UTP es el más utilizado en telefonía. El UTP, con la especificación 10BaseT, es el tipo más conocido de cable de par trenzado y ha sido el cableado LAN más utilizado en los últimos años. El segmento máximo de longitud de cable es de 100 metros.

El cable UTP tradicional consta de dos hilos de cobre aislados. Las especificaciones UTP dictan el número de entrelazados permitidos por pie de cable; el número de entrelazados depende del objetivo con el que se instale el cable.

La especificación 568A Commercial Building Wiring Standard de la Asociación de Industrias Electrónicas e Industrias de la Telecomunicación (EIA/TIA) especifica el tipo de cable UTP que se va a utilizar en una gran variedad de situaciones y construcciones. El objetivo es asegurar la coherencia de los productos para los clientes. Estos estándares definen cinco categorías de UTP:

- **Categoría 1.** Hace referencia al cable telefónico UTP tradicional que resulta adecuado para transmitir voz, pero no datos. La mayoría de los cables telefónicos instalados antes de 1983 eran cables de Categoría 1. Alcanzan como máximo velocidades de hasta 4 Mbps.



- **Categoría 2.** Esta categoría certifica el cable UTP para transmisión de datos de hasta 4 megabits por segundo (mbps), Este cable consta de cuatro pares trenzados de hilo de cobre. Identico que en la categoría 1
- **Categoría 3.** Esta categoría certifica el cable UTP para transmisión de datos de hasta 16 Mbps de velocidad y con un ancho de banda de hasta 16 Mhz. Este cable consta de cuatro pares trenzados de hilo de cobre con tres entrelazados por pie.
- **Categoría 4.** Está definido para redes de ordenadores tipo anillo como token ring con un ancho de banda de hasta 20 Mhz y con una velocidad de 20 Mbps. Aún en la actualidad existen redes que trabajan bajo esta arquitectura. En sí, este es un cable muy difícil de manipular por sus características físicas, y de un alto costo económico. Por sus características de aislamiento representa una opción bastante viable para ambientes industriales. Este cable consta de cuatro pares trenzados de hilo de cobre.
- **Categoría 5.** La TIA/EIA 568A especifica solamente las Categorías para los cables de pares trenzados sin proteccion (UTP). Cada una se basa en la capacidad del cable para soportar prestaciones máximas y mínimas. Hasta hace poco, la Categoría 5 era el grado superior especificado por el estándar TIA/EIA. Es capaz de soportar comunicaciones de hasta 100 Mbps. con un ancho de banda de hasta 100 Mhz. debe tener el NEXT de 32 dB/304,8 mts. y una gama de atenuación de 67dB/304,8 mts. Este tipo de cable es de 8 hilos, es decir cuatro pares trenzados. Hasta hace poco tiempo se tenía la problemática de que no existía un cable de la línea del UTP capaz de trabajar con alto rendimiento en ambientes industriales, tal y como si lo podía hacer el Token Ring tipo 1 (STP), a menos que el mismo UTP se colocara dentro de tuberías metálicas. En respuesta a esta necesidad surge el SFTP que posee las mismas características de protección contra el ruido que el STP (malla metálica y forro de aluminio), al igual que sus conectores y módulos debidamente blindados. Este tipo de cable es de un costo económico bastante bajo en comparación con el STP. La atenuación del cable de esta categoría viene dado por esta tabla referida a una distancia estándar de 100 metros:

Tabla 2.3 Atenuación del UTP categoría 5

Velocidad de Transmisión	Nivel de Atenuación
4 Mbps	13 dB
10 Mbps	20 dB
16 Mbps	25 dB
100 Mbps	67 dB

- **Categoría 5a.** También conocida como Categoría 5+ ó Cat5e. Ofrece mejores prestaciones que el estándar de Categoría 5. Para ello se deben cumplir especificaciones tales como una atenuación al ratio crosstalk (ARC) de 10 dB a 155 Mhz y 4 pares para la comprobación del Power Sum NEXT. Este estándar todavía no está aprobado
- **Categoría 6:** Ahora ya se puede obtener un cableado de Categoría 6. Esta categoría soportar frecuencias de 250 MHz, dos veces y media más que la Categoría 5.



- **Categoría 7.** Actualmente se está utilizando este tipo de cable solamente en Data Centers. Proporciona al menos el doble de ancho de banda que la Categoría 5 y la capacidad de soportar la tecnología de 10 Gigabit Ethernet a 100 m. El ARC mínimo de 10 dB debe alcanzarse a 600 Mhz y el cableado debe soportar pruebas de Power Sum NEXT, más estrictas que las de los cables de Categoría 6 Avanzada.

En esta tabla podemos ver para las diferentes categorías, teniendo en cuenta su ancho de banda, cual sería las distancias máximas recomendadas sin sufrir atenuaciones que hagan variar la señal

Tabla 2.4 Categorías teniendo en cuenta su ancho de banda

Categoría	Tipo	Ancho de Banda	Longitud	Aplicaciones LAN	Notas
Cat3	UTP	16 MHz	100m	10Base-T, 4Mbps	Ahora solamente par cable telefónico
Cat4	UTP	20 MHz	100m	16Mbps	Ya no se ocupa
Cat5	UTP	100MHz	100m	100Base-Tx,ATM,CDDI	Usado frecuentemente en redes LAN
Cat5e	UTP	100MHz	100m	1000Base-T	Usado frecuentemente en redes LAN
Cat6	UTP	250MHz	100m	1 GB Ethernet	Está sustituyendo el CAT 5e
Cat7	ScTP	600MHz	100m	10 GB Ethernet	Actualmente usado en centros de datos únicamente

La mayoría de los sistemas telefónicos utilizan uno de los tipos de UTP. De hecho, una razón por la que UTP es tan conocido es debido a que muchas construcciones están preparadas para sistemas telefónicos de par trenzado. Como parte del proceso previo al cableado, se instala UTP extra para cumplir las necesidades de cableado futuro. Si el cable de par trenzado preinstalado es de un nivel suficiente para soportar la transmisión de datos, se puede utilizar para una red de equipos.

La intermodulación es un problema posible que puede darse con todos los tipos de cableado (la intermodulación se define como aquellas señales de una línea que interfieren con las señales de otra línea.)

UTP es particularmente susceptible a la intermodulación, pero cuanto mayor sea el número de entrelazados por metro de cable, mayor será la protección contra las interferencias.



2.2.3 CABLE DE PAR TRENZADO CON RECUBRIMIENTO

En este tipo de cable STP, cada par va recubierto por una malla conductora que actúa de pantalla frente a interferencias y ruido eléctrico. Su impedancia es de 150 ohm. El nivel de protección del STP ante perturbaciones externas es mayor al ofrecido por UTP. Sin embargo es más costoso y requiere más instalación. La pantalla del STP, para que sea más eficaz, requiere una configuración de interconexión con tierra (dotada de continuidad hasta el terminal), con el STP se suele utilizar conectores RJ-49. Es utilizado generalmente en las instalaciones de procesos de datos por su capacidad y sus buenas características contra las radiaciones electromagnéticas, pero el inconveniente es que es un cable robusto, caro y difícil de instalar.

2.2.4 CABLE DE PAR TRENZADO CON PANTALLA GLOBAL

En este tipo de cable FTP como en el UTP, sus pares no están apantallados, pero sí dispone de una pantalla global para mejorar su nivel de protección ante interferencias externas. Su impedancia característica típica es de 120 ohmios y sus propiedades de transmisión son más parecidas a las del UTP. Además, puede utilizar los mismos conectores RJ-45. Tiene un precio intermedio entre el UTP y STP.

2.2.5 ELEMENTOS DE CONEXIÓN

El cable de par trenzado utiliza conectores telefónicos RJ-45 para conectar a un equipo. Las siglas RJ significan Registro de Jack y el 45 especifica el esquema de numeración de pins. El cable se inserta en el conector, este se conecta al jack que puede estar en la pared, en la tarjeta de red la computadora o en el concentrador. Éstos son similares a los conectores telefónicos RJ11. Aunque los conectores RJ-11 y RJ-45 parezcan iguales a primera vista, hay diferencias importantes entre ellos.

El conector RJ-45 contiene ocho conexiones de cable, mientras que el RJ-11 sólo contiene cuatro.

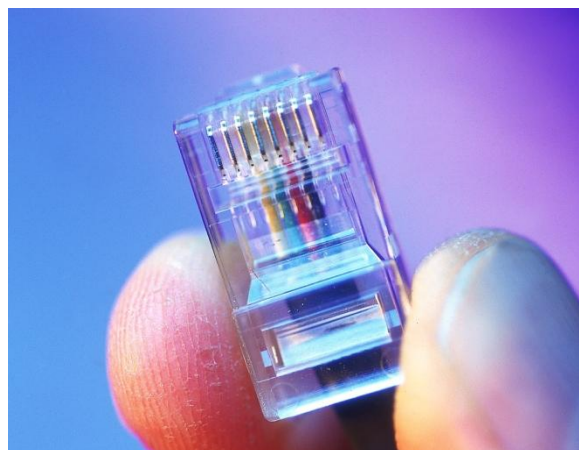


Fig. 2.8 Conector RJ-45

Existe una serie de componentes que ayudan a organizar las grandes instalaciones UTP y a facilitar su manejo.



2.2.6 INSTALACIÓN DEL PAR TRENZADO

En ocasiones pueden existir dudas de cómo realizar de forma correcta el grimpado de conectores de par trenzado (TP), la manera de instalar una roseta o un panel de grimpaje. Para ello hemos incluido un gráfico donde puedes observar cuál es la forma correcta de hacerlo.



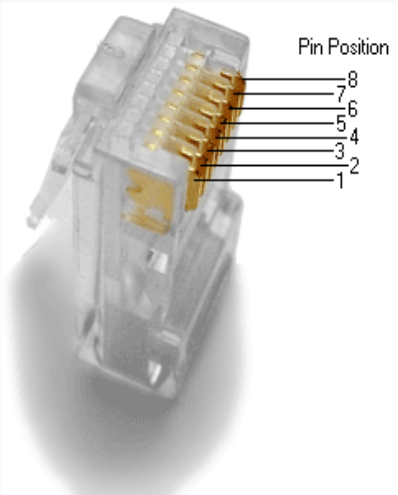













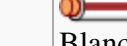















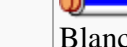
Pin	Función	568A	568B	Posición de los pines	Gigabit Ethernet (variante A)	Gigabit Ethernet (variante B)
1	TX	 Blanco - Verde	 Blanco - Naranja		 Blanco - Naranja	 Blanco - Verde
2	Transceivers data -	 Verde	 Naranja		 Naranja	 Verde
3	RX	 Blanco - Naranja	 Blanco - Verde		 Blanco - Verde	 Blanco - Naranja
4	BDD	 Azul	 Azul		 Azul	 Blanco - Marrón
5	BDD	 Blanco - Azul	 Blanco - Azul		 Blanco - Azul	 Marrón
6	RX	 Naranja	 Verde		 Verde	 Naranja
7	BDD	 Blanco - Marrón	 Blanco - Marrón		 Blanco - Marrón	 Azul
8	BDD	 Marrón	 Marrón		 Marrón	 Blanco - Azul

Fig. 2.9 Orden de conexión para un conector RJ-45

La figura muestra el cableado para un conector RJ-45. Fíjese que únicamente 2 de los 4 pares (los pares 2 y 3 en el diagrama) se usan para señales de red cuando se utiliza el estándar 10 Base-T; los otros dos pares se pueden usar para señales telefónicas. En 100 Base-T, se utilizan los 4 pares para señal (teniendo en cuenta el cableado de las Categorías 3 y 4).



2.2.7 CABLE RECTO

Son los cables que conectan un concentrador con un nodo de red (Hub, Nodo); los hilos están grimpados a sendos conectores RJ-45 en ambos finales. Todos los pares de colores (como el blanco/azul) están conectados en las mismas posiciones en ambos extremos. La razón es que el hub realiza internamente el necesario cruce de señal. La norma 568B y el orden de colores de sus pares de cables. Para hacer en cable cruzado usaremos otro orden conocido como la norma 568A. Una de las normas se aplicará en una de las puntas del cable y la otra en la otra punta, no importa que norma se conecte en cada computadora sólo son dos computadoras.

Las dos puntas se verán así:

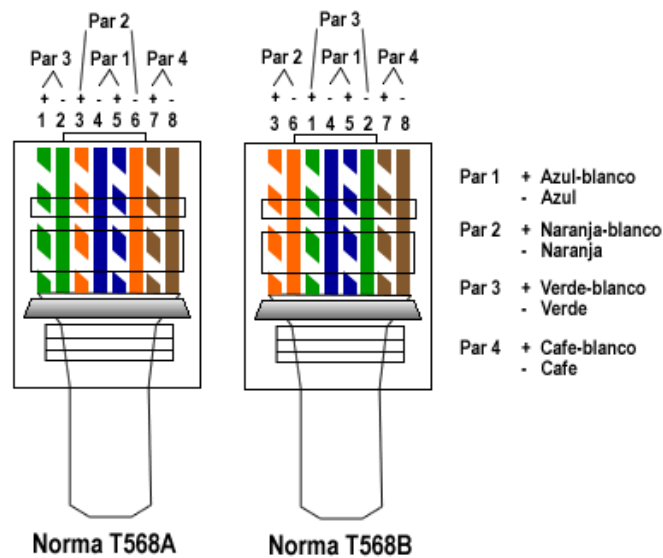


Fig.2.10 Cable Recto

2.2.8 CABLE CRUZADO

Son cables que conectan dos concentradores o dos transceptores entre sí, o incluso dos tarjetas (Nodo-Nodo), cuya distancia no supere los 10 m. El par 2 (pines 1 y 2) y el par 3 (pines 3 y 6) están cruzados (se puede ver la diferente asignación a cada conector). Como regla general, el cable cruzado se utiliza para conectar elementos del mismo tipo o similares, por ejemplo, dos DTE (Data Terminal Equipment) conectado a una LAN, dos concentradores (Hubs), dos conmutadores (Switchs) o dos enrutadores (Routers). Tenga en cuenta las siguientes observaciones respecto al uso de uno y otro tipo de cable: El cable cruzado (cross-over) sólo debe ser utilizado cuando un PC es conectado directamente a otro PC, sin que exista ningún elemento adicional (hubs, routers, etc). En realidad, puesto que la mayoría de las redes utilizan al menos un concentrador, el cable cruzado sólo se utiliza en circunstancias excepcionales, por ejemplo realización de pruebas cuando se desea soslayar la complejidad de la red y se conectan dos PCs directamente. Los dispositivos Ethernet no pueden detectar un cable cruzado utilizado de forma inadecuada; este tipo de cables encienden los LEDs de actividad en los adaptadores, concentradores y Switchs. La única forma de saber el tipo de cable (cruzado o recto) es mediante un polímetro o un instrumento de medida adecuado.

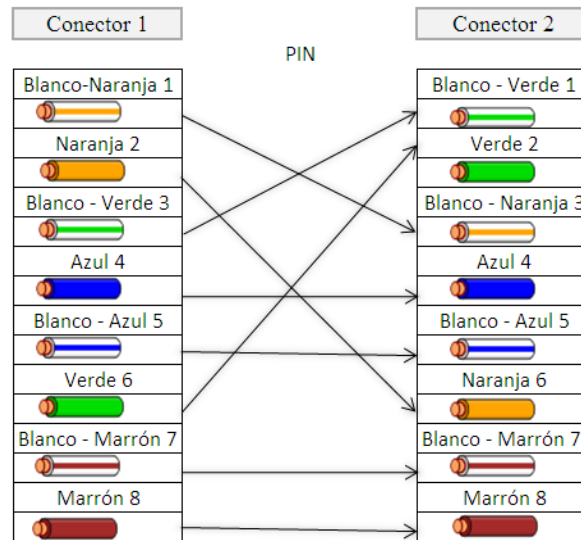


Fig.2.11 Cable cruzado

2.3 Ventajas y desventajas

2.3.1 CABLE COAXIAL

Se trata de un conductor cilíndrico exterior que rodea un solo conductor interior, ambos conductores están aislados entre sí. En el centro del cable hay un único hilo de cobre o alguna aleación conductiva, rodeado por un aislante flexible. Sobre este aislante, una pantalla de cobre trenzado actúa como segundo conductor. Finalmente una cubierta aislante recubre el conjunto.

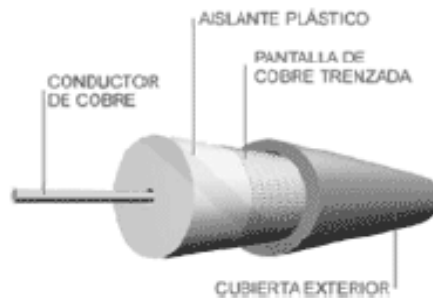


Fig.2.12 Cable coaxial

Ventajas:

- Admite mayores distancias que STP o UTP.
- El cable es menos costoso.
- La tecnología es muy conocida.

Desventajas:

- Dependiendo de la tecnología (Thinnet o Thicknet) el cable es demasiado rígido.
- Los requisitos de impedancias hace estas redes muy sensibles a fallos mecánicos en conectores y terminadores que dificultan su explotación y mantenimiento.



- Actualmente está cayendo en desuso.

2.3.2 PAR TRENZADO

Cable regular de cuatro pares de cables utilizado en un gran número de redes. El material aislante recubre cada uno de los ocho cables individuales. Los pares están trenzados entre sí. Este tipo de cable depende únicamente del efecto cancelación. El número de trenzas por metro determina su tolerancia a emisiones electromagnéticas y de radio.



Fig. 2.12 Cable Par Trenzado

Ventajas:

- Es de fácil instalación y es el medio más barato.
- No llena los conductos fácilmente, punto especialmente importante en instalaciones antiguas.
- Esta considerado como el transporte más rápido dentro de las tecnologías de cobre.

Desventajas:

- Es más propenso al ruido y las interferencias que otros tipos de cable.
- La distancia final (sin repetidores) es más corta.



CAPITULO III “FIBRA ÓPTICA”

3.1 Introducción a los Sistemas de Comunicaciones Ópticas

Frente al limitado espectro de frecuencias de las microondas y a la susceptibilidad al debilitamiento que representa el medio radio, la fibra óptica, o la tecnología óptica, se convierte rápidamente en el método preferido para la transmisión digital. Las fibras ópticas superan las desventajas de las microondas. No resulta caro fabricarlas, presentan un gran ancho de banda, no son susceptibles ni a las interferencias ni al debilitamiento y las comunicaciones pueden conducirse sobre un sistema de fibra óptica con la casi completa garantía de seguridad.

El cable de fibra óptica supone también un apropiado sustituto a los cables de pares debido a su mayor capacidad y su más pequeño diámetro. El diámetro es una característica importante cuando las vías de comunicación resultan congestionadas y deben ser aumentadas para contener mas cables portadores. Sustituyendo un único cable de cobre por fibra óptica se puede, generalmente obtener la suficiente capacidad para prevenir los incrementos de vías de comunicación en el futuro. Quizás la principal desventaja sea mantener la fibra libre de daños. Al igual que los cables de cobre, las fibras ópticas pueden deteriorarse por las excavaciones, corrimientos de tierras, etc.

Conceptualmente, y en determinados aspectos, un sistema por fibra óptica es similar a un sistema de microondas. Las principales excepciones son: el medio de transmisión para las ondas luminosas, es una pequeña guía-onda de vidrio, el lugar del espacio libre, y que la transmisión tiene lugar a frecuencias ópticas, que tienen una longitud de onda más corta que las microondas. Mientras que a las microondas se las designa generalmente por su banda de frecuencias, a las ondas luminosas se las referencia por su longitud de onda, que está relacionada con la frecuencia mediante la expresión:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad \text{Donde } \lambda \text{ es la longitud de onda, } c \text{ indica la velocidad de la luz y } f \text{ representa la frecuencia.}$$

A las frecuencias de la luz, la longitud de onda es tan corta que la unidad utilizada es el nanómetro (nm). En el estado actual de la tecnología, el espectro de comunicaciones ópticas útil se extiende, aproximadamente, desde los 800nm hasta los 1600nm.

3.1.1 TECNOLOGÍA

La comunicación óptica es una idea que ha estado rondando durante mas de un siglo, pero sólo se hizo factible en los últimos años. Alexander Graham Bell, en la primera aplicación óptica conocida, obtuvo una patente para su *fotófono* en el año 1880. El fotófono era un equipo que modulaba un rayo de luz enfocado procedente del sol, y radiado al espacio libre hacia un receptor próximo. El sistema funcionó bien, pero la radiación de la luz en el espacio libre presenta varias dificultades que podrían no haber sido vencidas con los equipos disponibles en aquel tiempo. Como muchas otras ideas, ésta se situó por encima de su tiempo. La comunicación luminosa en el espacio libre es ahora factible si la aplicación puede tolerar perturbaciones ocasionales causadas por la niebla, el polvo, turbulencias y cualquier otro elemento perturbador.



Dos desarrollos en el campo de las comunicaciones ópticas pasaron desde la teoría a la práctica. El primero de ellos tuvo lugar en 1960 con la invención del *rayo laser*. Un laser produce un inmenso haz de luz casi coherente, es decir, sus rayos viajan por caminos paralelos. El segundo acontecimiento que impulsó las comunicaciones ópticas fue el desarrollo de fibra de vidrio, de tal pureza que solamente es atenuada una pequeña porción de la señal luminosa emitida. Con una fuente laser disparada a alta velocidad, los cero y los unos de una comunicación digital pueden transmitirse hacia un detector, que generalmente se trata de un *fotodiodo de avalancha (APD, Avalanch Photodiode)* o de un *diodo PIN*. El detector convierte los impulsos de luz recibidos en pulsos eléctricos, y los acopla al equipo receptor. Dependiendo de las pérdidas en la fibra y de la ganancia del sistema, se determinará el espaciamiento apropiado entre repetidores o regeneradores de señal. La ganancia de un sistema por fibra óptica es un concepto similar al de la ganancia en un sistema de microondas.

Como en cualquier sistema de comunicaciones, en las de comunicaciones ópticas existen canales de reserva que asumen la carga de tráfico cuando el canal en servicio falla. Tanto el cable, como el equipo terminal y los repetidores se encuentran simultáneamente relacionados con el canal de reserva, para mantener en todo momento y en cualquier circunstancia la supervivencia de las comunicaciones.

Las ventajas de las comunicaciones ópticas tomaron incremento gracias a la protección que ofrece la fibra como medio de transmisión. Estas pequeñas guías de ondas aíslan la señal digital de características típicas del espacio libre: el debilitamiento de la señal o *fading* y las interferencias. La fibra óptica atenúa la señal luminosa, aunque, y a diferencia de las microondas, las pérdidas en el medio de transmisión no son lineales a lo largo del espectro. Así una fibra óptica típica presenta tres ventanas de transmisión situadas en 800-900nm, 1200-1300nm y 1500-1600nm.

Los primeros sistemas por fibra óptica se implantaron a 850nm, ya que los lasers apropiados y disponibles comercialmente trabajaban en esa longitud de onda. A medida que se fue disponiendo de lasers de 1300nm, las aplicaciones se desplazaron hacia esa longitud de onda, debido a las pérdidas más bajas que presentaban pérdidas ligeramente inferiores en la tercera ventana, alrededor de los 1550nm. El primer sistema comercial de fibra óptica instalado en 1977, operó a 45Mbps (45.000.000 bits por segundo) con repetidores separados a intervalos de 6,4Km. Los actuales sistemas trabajan con velocidades superiores a los 560Mbps y actualmente compañías como Lucent Technologies están desarrollando sistemas que operan a velocidades superiores a los 2Gbps (2.000 Mbps). A estas velocidades, un par de fibra, una para transmisión y otra para recepción, pueden alojar alrededor 30.000 canales de voz. A 560 Mbps los repetidores pueden ser separados hasta 50Km y transportar mas de 8000 canales de voz.



3.1.2 ELEMENTOS BÁSICOS CONSTITUTIVOS DE UN SISTEMA DE FIBRA ÓPTICA

Los sistemas de fibra óptica están diseñados con fibras separadas para la transmisión (*TX*) y la recepción (*RX*), cuyos extremos se encuentran terminados en un transmisor y un receptor de luz. El transmisor puede emplear o un diodo emisor de luz (*LED, Light Emission Diode*) o un laser como elemento de salida. A estos elementos se les denomina convertidores electro-ópticos (*E/O*), encargados de convertir la señal eléctrica en óptica. Los lasers presentan una mayor ganancia del sistema que los diodos LED debido a su mayor potencia de salida y a un mejor acoplamiento de la señal luminosa dentro de la fibra. La principal ventaja del diodo LED es su bajo costo.

En aplicaciones donde la ganancia del sistema no es un factor importante, el ahorro en el costo puede ser un factor determinante en la elección de los diodos LED como transmisores.

El cable de fibra óptica se acopla al transmisor a través de un conector de precisión. La mayor parte de los sistemas por fibra óptica utilizan modulación digital, la modulación analógica se logra variando la intensidad de la señal luminosa, o modulando el ancho del impulso. La modulación analógica es apropiada para la transmisión de una señal de video y se utiliza en los sistemas de televisión por cable.

El receptor consiste en un diodo PIN o un APD, que se acopla a la fibra óptica. El diodo convierte los impulsos de luz en impulsos eléctricos, denominándoseles convertidor opto-eléctrico (*O/E*)

Como la señal óptica se propaga a través de la fibra óptica, se ve degradada por la atenuación y la restricción de anchura de banda de la fibra. Por esta razón, es necesario regenerar la señal transmitida. La forma más apropiada de realizar esta tarea es tratando la señal en forma eléctrica. De aquí que los convertidores O/E y E/O sean componentes indispensables en un repetidor óptico. El amplificador e igualador de la señal eléctrica son similares en los sistemas de transmisión convencionales.

Los sistemas por fibra óptica aceptan a su entrada señales digitales normalizadas, pero cada fabricante desarrolla su propia velocidad de la señal de salida. Los bits de protección contra errores y de los códigos de línea se insertan para mantener la sincronización y supervisar la probabilidad de errores *Índice de Error de Bit* (BER, *Bit Error Rate*), de tal forma que se determine el momento adecuado para utilizar el canal de reserva. Debido a las diferencias en las señales en línea, los sistemas correspondientes a distintos fabricantes no suelen ser compatibles entre sí.



3.1.3 ANÁLISIS DE OPORTUNIDAD DE UN SISTEMA DE FIBRA ÓPTICA

La oportunidad en la utilización de un sistema de fibra óptica viene representada por las principales ventajas que se obtienen con el uso de la fibra óptica.

- a) **Menores pérdidas de potencia**, gracias a esta propiedad se logran mayores distancias de repetición (eventualmente puede no ser necesario incorporar repetidores), reduciendo así los costos del sistema, de su mantenimiento y aumentando la fiabilidad del mismo.
- b) **Inmunidad al ruido**, gracias a que la fibra óptica es totalmente dieléctrica, es inmune a las interferencias de radiofrecuencia. Asimismo no genera interferencias ni genera diafonía en otros equipos de comunicación y por lo tanto no son necesarios apantallamientos especiales.
- c) **Dimensiones reducidas y bajo peso**, junto a la gran flexibilidad hace que la instalación de los cables ópticos sea comparativamente sencilla.
- d) **Seguridad**, es prácticamente imposible interceptar la señal que viaja por una fibra sin ser detectada.
- e) **Aislamiento eléctrico**, al ser dieléctrica la fibra asegura el aislamiento eléctrico entre emisor y receptor, evitando así las puestas a tierra.
- f) **Gran ancho de banda**, esto permite la transmisión de mucha información simultáneamente, reduciendo la necesidad de cambiar el cable al aumentar el tráfico. Mediante el uso de técnicas de multiplexación especiales, la potencialidad de la fibra óptica se ve notablemente incrementada.
- g) **Rápida reducción de costos y mejoramiento de la calidad**, al igual que en todas las modernas tecnologías, existe un gran interés en la investigación de nuevas técnicas para obtener una mayor eficiencia y reducción de costos.



3.2 Fibras Ópticas

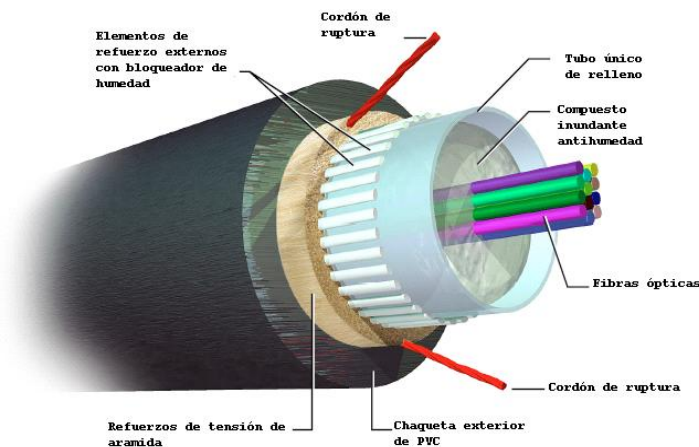


Fig. 3.1 Ejemplo de Fibra óptica

3.2.1 PRINCIPIOS BÁSICOS

La fibra óptica consiste en tres partes: la interior, denominada **núcleo**, la exterior, llamada **revestimiento** y un recubrimiento de protección alrededor del revestimiento. Tanto el núcleo como el revestimiento son de vidrio, cada uno con un **índice de refracción** (n_c y n_r para el núcleo y revestimiento, respectivamente). El núcleo tiene un índice de refracción superior al del revestimiento. Debido a esta diferencia de índices, la luz transmitida se mantiene y propaga a través del núcleo, satisfaciéndose el principio de **reflexión total interna**.

La luz que entra en la fibra óptica se propaga a través del núcleo en **modos**, que representan a los diferentes caminos posibles de las ondas luminosas.

Para entender los parámetros modales que determinan las características de propagación de la luz en una guía de ondas como es la fibra óptica, es necesario examinar las ecuaciones de Maxwell referidas a las condiciones de contorno cilíndricas de una fibra. Del análisis de las ecuaciones se define un parámetro característico de las guías de ondas y que representa una constante para todos los modos. Nos referimos al denominado **parámetro V** que caracterizado por la expresión: $V^2 = (2\pi a \lambda_0)^2 * (n_c^2 - n_r^2)$ donde a es el radio del núcleo de la fibra, λ_0 representa la longitud de onda en el vacío, n_c es el índice de refracción del núcleo y n_r es el índice de refracción del revestimiento.

El parámetro **V** puede ser utilizado para identificar el número de modos en una guía de ondas. Así, para fibras en las que la diferencia de índices de refracción entre el núcleo y el revestimiento es un Δn , se demuestra que para valores de **V** inferiores a 2,405 existe un único modo, denominado **HE₁₁**, mientras que para valores de **V** superiores a los 2,405 otros modos son posibles dentro de la fibra. Estos modos son doblemente degenerados. Degeneración que resulta del hecho que en las guías de ondas circulares, como la fibra óptica, todas las orientaciones son equivalentes, permitiendo la coexistencia de dos modos de polarización ortogonales con el mismo número de onda. Así, **HE₁₁** es doblemente degenerado en polarización.



Haciendo diferentes combinaciones entre el tamaño del núcleo y la diferencia de índices entre el núcleo y el revestimiento, se pueden obtener diferentes fibras en las que existe un único modo de propagación, manteniendo la relación $V < 2,405$.

Las ondas luminosas deben entrar en la fibra dentro de cierto ángulo, llamado *ángulo de aceptación*. Cualquier onda que entre según un ángulo mayor a través del revestimiento. Este ángulo está definido por la *apertura numérica NA*. El concepto de apertura numérica es ampliamente utilizado para describir la potencia colectora de luz de fibra y para calcular la eficiencia de acople fuente/fibra y esta definido por:

$$NA = \text{sen } \alpha_{\text{máx}} = \sqrt{n_c^2 - n_r^2}$$

Donde $\alpha_{\text{máx}}$, representa el máximo ángulo de aceptación. Como se puede apreciar de la expresión anterior, la apertura numérica es función de los índices de refracción de los materiales de la fibra.

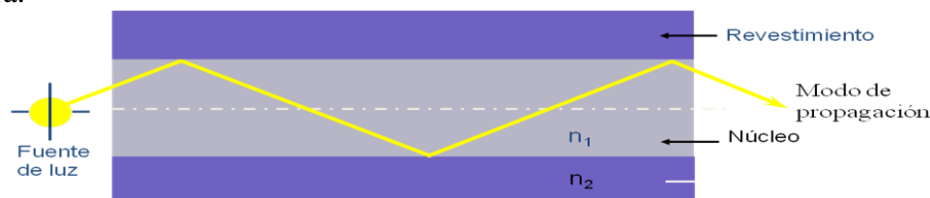


Fig. 3.2 Representación esquemática del índice de refracción

3.2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS

Atendiendo a las propiedades modales de las fibras ópticas, se las puede agrupar en dos categorías: *monomodo* y *multimodo*. En una fibra monomodo, la luz puede tomar un único camino a través del núcleo, que mide alrededor de 10 micrómetros de diámetro. Las fibras multimodo tienen núcleos de entre 50 y 200 micrómetros de diámetro. Las fibras monomodo son más eficaces a largas distancias, pero el pequeño diámetro del núcleo requiere un alto grado de precisión en la fabricación, empalme y terminación de la fibra.

La fibra óptica también se clasifica en función del índice de refracción, siendo dos los tipos: *salto de índice* e *índice gradual*. En las fibras de salto de índice, el índice de refracción es uniforme a lo largo del diámetro del núcleo. En las fibras de índice gradual, el índice de refracción es inferior en las proximidades del revestimiento que en el eje de la fibra. Las ondas luminosas se propagan ligeramente más lentas en las proximidades del eje del núcleo que cerca del revestimiento.

Tres son los tipos básicos de fibras ópticas, y que se engloban dentro de las 2 clasificaciones generales mencionadas anteriormente: a) Fibras multimodo de salto de índice, b) Fibras multimodo de índice gradual, c) Fibras monomodo de salto de índice.



a) *Fibras multimodo de salto de índice*

En este tipo de fibras, los rayos de luz son guiados por reflexión total en la frontera núcleo-revestimiento. El índice de refracción presenta un perfil definido, por ejemplo, por la expresión siguiente:

$$n_c = n_r(1 + \Delta) \text{ Siendo } \Delta \text{ el índice de refracción relativo.}$$

La apertura numérica NA se puede aproximar a la expresión

$$NA \approx n_c \sqrt{2\Delta} \text{ Valores típicos de NA se encuentran entre 0,2 y 0,5.}$$

Por otro lado, el número de modos guiados crece rápidamente para valores de V superiores a 2,405. Aproximadamente, el número de modos guiados N es proporcional a $V^2/2$.

b) *Fibra multimodo de índice gradual*

El índice de refracción cambia gradualmente en el núcleo. Esta variación del índice del perfil de la fibra da lugar a que la luz se propague según la trayectoria curva, en lugar de a tramos rectos como en las fibras de salto de índice. Mientras más alto es el índice de refracción, más baja es la velocidad de propagación, según se desprende de la expresión siguiente:

$$V = \frac{c}{n} \text{ Donde } v \text{ es la velocidad del haz luminoso y } c \text{ representa a la velocidad de la luz en el vacío.}$$

Teniendo en cuenta esta relación es posible hacer iguales los tiempos de propagación a través de cada trayecto de luz, controlando el índice de refracción.

De lo anterior se desprende que la fibra del índice gradual actúa como un medio óptico que continuamente enfoca el haz de luz que viaja a lo largo de la fibra.

Un perfil de índice de tipo parabólico vendría expresado por $n_c = n^*[1 - \Delta(r/a)^\alpha]$ “ $0 \leq r \leq a$ ”

Donde α toma un valor próximo a 2 para el máximo ancho de banda de la fibra.

La apertura numérica NA de las fibras de índice gradual es una función que depende de la posición a lo largo del núcleo y no es una constante como el caso de una fibra de salto de índice. Partiendo de la óptica geométrica se deduce que la luz incidente sobre el núcleo de la fibra en una posición r se propagará como un modo guiado, sólo si se encuentra dentro de la apertura numérica $NA(r)$, que se define como:

$$N = (k * a * n_c)^2 * \frac{\Delta\alpha}{2 + \alpha}$$



Una fibra de salto de índice, con unos Δ y radio determinados, tendrá el doble de modos que una fibra de índice gradual ($\alpha=2$), con el mismo valor de pico de Δ e igual radio.

c) *Fibras monomodo de salto de índice*

Estas fibras, en su construcción más simple, son iguales a las multimodo de salto de índice, sólo que el diámetro del núcleo es mucho más pequeño, pudiéndose propagar un solo modo. La propagación monomodo se consigue diseñando fibras con núcleos cuyos tamaños sean equivalentes a pocas longitudes de onda, y con pequeñas diferencias entre los índices de refracción, de tal manera que se mantenga el valor V por debajo de 2,405.

3.2.3 PROPIEDADES DE LAS FIBRAS ÓPTICAS

Además de las propiedades modales ya mencionadas, existen otras que caracterizan a las fibras ópticas. Ahora nos referimos a aspectos relacionados con la atenuación y la capacidad de transmisión de información, íntimamente ligada con las propiedades dispersivas y el ancho de banda de la fibra.

a) *Atenuación*

La primera característica de interés es la atenuación, particularmente en fibras de bajas pérdidas. La atenuación es debida, en parte a la **absorción** intrínseca a los átomos que constituyen la fibra, absorción por defectos atómicos en los centros de color y la absorción de impurezas extrínsecas. El otro factor que contribuye a la atenuación es la **difusión** o **dispersión** (*scattering*) debida a las inhomogeneidades en el índice de refracción y en la forma de la fibra.

Las bandas de absorción intrínseca limitan las ventanas transparentes del material y establecen la región espectral de trabajo.

Trabajando dentro de la región intrínseca, los centros de color y las impurezas deben eliminarse tanto como sea posible, con el fin de minimizar las pérdidas. La absorción por impurezas crece, principalmente, debido a iones metálicos como hierro, cromo, cobalto, cobre y por iones OH^- resultantes de las impurezas de agua. Si se quiere que la contribución a la atenuación producida por estas causas sea pequeña, el nivel de impurezas no debe ser superior a unas cuantas decenas por cada mil millones.

La atenuación debida a la dispersión ó scattering se atribuye, principalmente, a la **dispersión de rayo**. Un rayo de luz se dispersa parcialmente en muchas direcciones y se pierde energía luminosa. La atenuación causada por este efecto decrece cuanto mayor es la longitud, siendo proporcional a $(1/\lambda^4)$. Su magnitud varía de un tipo de vidrio a otro, haciendo que en unos casos las pérdidas sean menores que en otros. Entre los 400 nm y 1100nm, la atenuación en la fibra se debe principalmente a la dispersión de Rayleigh favorece la utilización de longitudes de onda lo mayores posibles.



Una fuente adicional de pérdidas en las fibras es la resultante de las *microcurvas* o *micropliegues* causados por el cableado de la fibra o por el arrollamiento de fibras alrededor de tambores. Este tipo de pérdidas son producidas por el acoplo entre los modos guiados y por la radiación de los modos. Lo anteriormente indica que las pérdidas en las fibras no son necesariamente estáticas en su naturaleza (intrínsecas), sino que pueden ser afectadas por factores externos a las fibras. Una segunda causa externa de pérdidas puede atribuirse a la radiación existente en el entorno en que se encuentra la fibra. Se estima que las guías de ondas ópticas pueden ser vulnerables a la radiación nuclear. En general, fibras dopadas con silicio y de alta pureza tienden a ser más resistentes a la radiación que los compuestos de vidrios silicatados.

Una característica importante en la atenuación de las fibras es su no dependencia con la frecuencia en el rango de las frecuencias de información de interés. Así, en transmisión de UHF y VHF, la atenuación en las fibras ópticas no depende del ancho de banda de modulación, al contrario de lo que ocurre en las guías de ondas coaxiales convencionales. Esta independencia se extiende hasta la región de las microondas y es debida al hecho de que la frecuencia portadora es varias órdenes de magnitud superior a las frecuencias de modulación.

b) Capacidad de información y ancho de banda de las fibras

La capacidad de información de las fibras ópticas está limitada por la distorsión de la señal, que se manifiesta como ensanchamiento del pulso transmitido. Este ensanchamiento es un resultado de las características dispersivas del material de una fibra, de la estructura de las imperfecciones mecánicas dentro de la fibra, y de las discontinuidades inducidas de fatiga que pueden surgir en el proceso de cableado. Ambos efectos, mecánico y de fatiga, incrementan la mezcla modal y las pérdidas radiación que pueden causar una dispersión, que no depende linealmente de la longitud y es sensible a las condiciones de partida.

Un pulso de luz, a medida que viaja por la fibra, se va ensanchando. Este fenómeno se denomina dispersión del pulso y limita la cantidad de información que se puede transmitir.

Hay tres causas principales de dispersión en una fibra: efectos en la guía de onda, dispersión en el material y dispersión modal. Todos los efectos de la dispersión pueden ser caracterizados en el dominio del tiempo ($\text{ns/Km} = 10^{-9} \text{ s/Km}$), o en el dominio de la frecuencia ($\text{MHz} \times \text{Km}$).

b.1 Dispersión de guía de onda

Esta causa de dispersión en una fibra óptica surge del hecho de que el número de modos V depende de la longitud de onda. La dispersión en la guía de onda para modos guiados en una fibra multimodo es sensiblemente pequeña para todos los modos alejados del corte (la longitud de corte es aquella a partir de la cual se transmite más de un modo). Ya que los modos próximos al corte, generalmente, transportan una fracción pequeña de la potencia total y suelen sufrir pérdidas más elevadas, la contribución a la dispersión por esta causa puede ser omitida.



b.2 Dispersión en el material

La dispersión en el material, denominada también *dispersión intramodal*, es particularmente significativa en las fibras monomodo. Este tipo de dispersión se debe al conjunto de longitudes de onda contenido en un pulso. Puesto que el índice de refracción varía con la longitud de onda, la velocidad de grupo v_g de un modo será función de la longitud de onda. Ya que las fuentes de luz tienen diferentes componentes en su espectro, cada una tardará distinto tiempo en la transmisión, debido a las diferentes velocidades a las que viajan, lo que producirá un ensanchamiento del pulso emitido. El ensanchamiento del pulso sobre una fibra de longitud L puede aproximarse por la expresión siguiente:

$$\frac{\tau}{L} = \frac{l}{v_g} = \frac{1}{c} \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \lambda^2 \frac{d^2 n}{d\lambda^2}$$

donde $\frac{\Delta\lambda}{\lambda}$ representa el ancho espectral relativo de la fuente de luz, y el término $\lambda^2 \frac{d^2 n}{d\lambda^2}$ caracteriza a la dispersión en el material.

A título de ejemplo, para lasers de inyección monomodo el valor de L es menor que 10^{-3} ns/Km, lo que indica que señales en banda base dentro de la región de las microondas pueden transmitirse sobre fibras monomodo a longitudes determinadas por la atenuación y no por la dispersión.

La dispersión en el material es el principal factor inhibitor del uso de velocidades dentro del margen de 1Gbps y 2Gbps. Para lograr estas altas velocidades se requiere un laser que emita con un ancho de banda estrecho.

b.3 Dispersión modal

La dispersión modal, o *dispersión intermodal*, determina la capacidad de ancho de banda de las fibras multimodo. Las velocidades de grupo de los diferentes modos varían y conducen a un ensanchamiento del retardo de grupo o dispersión intermodal. El máximo retardo viene dado por la expresión:

$$\frac{\tau}{L} = \frac{\Delta n}{2c} = \frac{(NA)^2}{2nc}$$

Los límites de la dispersión son proporcionales, por tanto, al cuadro de la apertura numérica. Para fibras de índice gradual con perfil parabólico, el valor máximo está dado por:



$$\frac{\tau}{L} = \frac{n\Delta^2}{2c} = \frac{[NA(o)]^4}{8n^3c}$$

Para este tipo de fibras, la capacidad limitada por la dispersión es $2/\Delta$ veces mayor que para fibras de salto de índice con el mismo valor de Δ . Ya que Δ es aproximadamente próximo al 1%, la capacidad de las fibras de índice gradual puede ser dos órdenes de magnitud superior a la de fibras de salto de índice. Las capacidades expresadas para fibras multimodo representan el peor de los casos estimados. La pérdida modal diferencial y el acoplamiento modal son causas que hacen improbable el cumplimiento de las expresiones mencionadas. Los modos de orden superior sufren una atenuación diferencial mayor debido a la mayor radiación del acoplamiento de modos. Esto reduce la apertura numérica efectiva, disminuyendo la dispersión modal. La mezcla de modos es un efecto debido a las imperfecciones estructurales, inhomogeneidades del índice de refracción, fluctuaciones en el diámetro y extrañas birefringencia, y todo ello conduce a una ecualización de la velocidad modal. El acoplamiento modal reduce el ensanchamiento de las velocidades en la medida en que los modos acoplados tienden a poseer una velocidad promedio común de propagación. En las fibras de índice gradual, las velocidades modales están casi ecualizados. La mezcla modal y las pérdidas diferenciales tienen un pequeño efecto sobre la expresión que representa a la dispersión.

c) *Material de las fibras*

La elección de los materiales para las fibras es un factor importante en el aspecto de la atenuación.

Los principales materiales utilizados son el silicio de alta pureza, el vidrio compuesto y los compuestos moleculares de orden elevado. Entre estos materiales, el silicio se beneficia de técnicas de refinamiento más avanzadas. Por tanto, el silicio de alto grado se considera generalmente el material más adecuado para fibras ópticas en telecomunicaciones. A esta base de silicio se añaden boro, germanio, fósforo y aluminio, en el núcleo y en el revestimiento, para controlar el perfil de índice de refracción.

3.2.4 PROCESO DE FABRICACIÓN

La Deposición de Vapor Químico (*CVD, Chemical Vapour Deposition*) fue uno de los primeros métodos para producir fibras de bajas pérdidas. Un segundo método para producir fibras es aquel que implica la utilización de un doble crisol. El método CVD se utilizó por Corning Glass para demostrar bajas pérdidas de propagación en las fibras cuando, en 1970, se realizó la primera fibra con 20dB/Km. Una versión modificada del CVD es el Proceso de Deposición de Vapor Químico Modificado (*MCVD, Modified Chemical Vapour Deposition*) se utiliza actualmente en la que la deposición de vapor químico se realiza en el interior de un tubo de silicio de alta capacidad.

a) *Proceso de deposición de vapor químico modificado*

La fabricación de fibras ópticas consta esencialmente de dos etapas: la fabricación de la preforma y el estirado y recubrimiento de la fibra.



El proceso comienza con un tubo de silicio de unos 2 metros de largo y 4cm de diámetro. El tubo se hace rotar y se calienta, mientras se hace pasar por él una mezcla de gases de alta pureza. Cerca de la zona caliente tiene lugar una reacción química y se deposita un material muy puro. Desplazando dicha zona a lo largo del tubo, queda adherida una capa uniforme a su superficie interior. Mediante sucesivos pases se consiguen capas con el espesor y composición requeridos.

Después de colapsa el tubo a temperatura más elevada en una varilla maciza o *preforma* en cuyo centro, la capa de vidrio depositada forma un filamento con el perfil de índice de refracción que requiere la fibra. Esta preforma se monta luego en una *torre de estirado* y se mete en un horno, estirándose la fibra desde su extremo reblandecido y aplicando sobre su superficie capas de polímeros que la protegen y hacen más manejable.

En la cadena de vaporizadores para la producción de preformas se incluyen vaporizadores de fuente líquida, fuentes gaseosas, suministros de gas portador y una línea de cloro para fabricación de vidrio con bajo contenido de OH⁻.

b) *Proceso de doble crisol*

El material del núcleo, de índice más elevado, se coloca en el crisol interior. Concéntrico a este crisol se encuentra un segundo, dentro del cual se introduce el material del revestimiento. Ambos crisoles se calientan por inducción. Un calibrador permite controlar las dimensiones de la fibra. Durante un proceso, se aplica un recubrimiento de protección, normalmente un polímero. La fibra se enrolla sobre un tambor a una velocidad controlada.

3.2.5 CABLES DE FIBRA ÓPTICA

Para poder manipular la fibra óptica sin inconveniente es necesario protegerla e incorporarla a una estructura que asegure la invariabilidad de sus características ópticas y mecánicas. Tendremos así un cable óptico.

Los cables ópticos pueden presentar numerosas configuraciones en función del tipo de empleo, número de fibras, condiciones de ejercicio. Para dar solidez al cable, se emplean elementos como alambres y/o cuerdas de acero, hilados sintéticos, fibras de vidrio, etc. Para cada aplicación y en función de las necesidades del caso, se puede diseñar el cable que mejor resuelva el problema específico.

El principal beneficio que se obtiene al utilizar fibras ópticas es la posibilidad de transferir señales a una velocidad que es decenas de veces superior a la soportada por líneas de transmisión eléctricas, donde las restricciones vienen impuestas por el tamaño y el peso. La reducción del peso es un factor importante para la utilización de fibras ópticas en cables, a bordo de aviones, reforzados con materiales ligeros como Kevlar, S-Glass (fibra de vidrio y matriz epoxy) y grafito.



Cuando es necesario empaquetar múltiples líneas de transmisión dentro de un único cable, los efectos de inducción entre líneas, que pueden representar un serio problema en cables eléctricos de gran longitud, es inapreciable en líneas de fibra óptica.

A la hora del diseño de un cable es interesante tener presente las siguientes propiedades: 1) Alta resistencia a la tensión, 2) Estandarización, 3) Estabilidad térmica a temperaturas de trabajo, 4) Flexibilidad, 5) Resistencia química, 6) Facilidad de terminación y de instalación y 7) Bajo costo y facilidad de mantenimiento.

3.3 Fuentes Luminosas

El láser de semiconductores (diodo laser) y el LED (diodo electro luminiscente) se usan universalmente como fuentes luminosas en los sistemas de comunicaciones ópticas, debido a ningún otro tipo de fuente óptica puede modularse directamente a las altas velocidades de transmisión requerida, con tan baja excitación y tan baja salida. La elección entre el laser y el LED es función del sistema: para anchos de banda grandes y largos enlaces, el laser ofrece un mejor rendimiento. Para distancias cortas y medias con anchos de banda escasos, en donde la baja potencia de salida, la respuesta en frecuencia o la gran anchura espectral no sean factores limitativos, se suele escoger el LED, ya que tanto el circuito de ataque como el de control son más sencillos.

Los componentes utilizados para emitir luz en la ventana de los 850nm son Galio, Aluminio, Arsénico (GA, AL, AS); si agregamos Indio (In) y fósforo (P) podemos emitir en las ventanas de los 1300nm y 1500nm.

3.3.1 DIODO EMISOR DE LUZ (LED)

Los dos tipos básicos de LED utilizados para extraer luz de una unión **pn** son los de **emisión de superficie** y los de **emisión de borde**. Los primeros han estado produciéndose desde principios de la década de los 70. Su área activa productiva de luz está definida por una superficie de contacto óxido-metal aislado, la luz se emite perpendicularmente al plano de la unión **pn**, a través de la superficie, por lo que gran parte de la radiación queda absorbida en el sustrato, y la emisión del diodo es de ángulo grande (*lambertiana*). Se deben procurar, pues, procedimientos de acoplamiento eficaz con las fibras ópticas, particularmente si éstas son de apertura numérica pequeña.

En el LED de emisión de bordes (*ELED*), la luz se emite en el plano de la unión, con lo que la absorción es muy pequeña. La emisión de bordes es direccional si se usa geometría de franja. Esta estructura permite un mejor rendimiento cuántico externo y un acoplamiento a las fibras más eficaz.

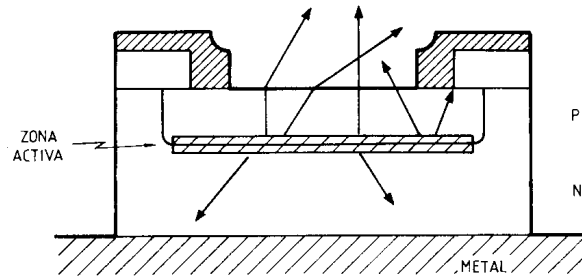


Fig. 1.—Estructura de un LED

Fig. 3.2 Estructura de un LED

a) *Proceso de emisión*

El proceso de generación de la luz en un LED se basa en la recombinación de electrones y huecos en una unión *pn*, lo que provoca emisión de fotones. A este efecto se le llama *electroluminiscencia*. La longitud de onda de la luz emitida depende de la diferencia de energía *E* entre los niveles energéticos:

$$\lambda = \frac{hc}{E}$$

donde *h* es la constante de *Plank* y *c* la velocidad de la luz. En un LED la luz se emite según los 360° que se corresponden en una radiación esférica, pero en la práctica esto queda limitado por la construcción mecánica del diodo, la reflexión de la luz en el material metalizado y la absorción en el metal semiconductor.

La apertura numérica puede variar desde 0,9 para un LED de gran ángulo hasta 0,2 para uno de estrecho ángulo. Aunque la apertura numérica de 0,2 es bastante pequeña, el área de emisión es grande comparada con la de un laser. La baja densidad de potencia resultante reduce enormemente la potencia que se puede acoplar a una fibra de índice gradual y hace casi imposible el acoplo a una fibra monomodo.

Un ancho de banda típico para un buen diodo es de 200Mhz. Rendimientos de 50 μW/mA son usuales, y no se requiere corriente umbral.

La luz del diodo puede filtrarse, de modo que solamente parte del espectro total pase a la fibra, pero esto se hace a costa de una disminución de la potencia disponible de la fuente de luz.

b) *Espectro de emisión*

Los LED presentan un espectro más ancho que los lasers. Así, un LED de 850nm tiene un ancho entre 30 y 50nm.



c) *LED de emisión de bordes (ELED)*

En este diodo la luz se emite en el plano de la unión, con lo que la absorción es muy pequeña. El **ELED** utiliza la misma geometría que el laser de franja, con modificaciones sustanciales a fin de impedir la acción del láser. Combina las ventajas de los emisores convencionales de superficie, tales como facilidad de operación y bajo ruido, con potencias de salida considerables, y con eficacia de acoplamiento y velocidades de modulación que se aproximan a las del laser. Estas presentaciones hacen a los ELED muy superiores en alcance y ancho de banda con respecto a los emisores de superficie. Son adecuados, pues, para una amplia gama de enlaces de capacidad y alcance medios, tanto analógicos como digitales.

Existe una versión de ELED de Galio, Arsénico/Galio, Aluminio y Arsénico, que trabaja en la zona de los 850nm, diseñada para acoplar el máximo posible de potencia en una fibra de pequeño núcleo. A 100mA ofrece potencias de salida en la fibra de 300 μ W, adecuadas para comunicaciones digitales con velocidades de 70Mbps y alcances de hasta 7Km.

Un segundo tipo de ELED está diseñado para dar rendimiento suficiente al sistema, con la mínima corriente de excitación posible. Con corrientes de 10mA puede llegar a los 45Mbps.

Un factor fundamental en el desarrollo de los ELED ha sido la alta fiabilidad del propio dispositivo y de su encapsulado, actualmente disponibles como conjunto hermético, provisto de un tallo de fibra.

3.3.2 DIODO LASER

Actualmente existe una gran variedad de lasers semiconductores para trabajar a longitudes de onda de 850nm. La pérdida considerablemente más baja, así como la mejor disposición de fibras ópticas de 1300nm y 1500nm han adelantado el rápido desarrollo de lasers que operen a esas longitudes de onda. Los de mayor éxito se basan en aleaciones de semiconductores de los grupos II-V, InP/Ga In As P.

a) *Proceso de emisión*

El proceso de generación de luz es similar al del LED. Las diferencias radican en el volumen de generación, más pequeño en los diodos laser, y en una alta concentración de portadores inyectados. Se consigue así una ganancia óptica alta y un espectro muy estrecho que da lugar a **luz coherente**. La pastilla láser suele tener una longitud de 300 μ m, con dos caras cuidadosamente cortadas en ambos extremos a modo de espejos. El origen de la emisión de fotones es la recombinación directa electrón-hueco en la capa activa.

En el plano vertical, confinamiento óptico y de los portadores se obtiene revistiendo la capa activa con capas pasivas (de tipo *p* y de tipo *n*). Estas capas poseen un intervalo entre bandas superior al de la capa activa, formando así un pozo de potencial que impide a



los portadores inyectados el escapar mediante difusión. Así mismo, las capas pasivas tienen un índice de refracción inferior al de la capa activa, con lo que se forma una guía de ondas ópticas que confina la luz en el plano de la capa activa, al propagarse entre los espejos. Esta estructura da lugar a que la corriente en los laterales de la zona activa sea muy pequeña. La zona activa tiene unas dimensiones típicas de 5nm a 10nm de ancho y 0,1nm a 0,2nm de espesor. En la región de *emisión espontánea* el espectro de un laser es muy parecido al de un LED, siendo la ganancia típica de $5\mu\text{W}/\text{mA}$, menor que la ganancia típica de un LED.

A partir de una cierta densidad de corriente en la zona activa, la ganancia óptica excede a las pérdidas y la emisión pasa de espontánea a *estimulada*. La corriente a la que se produce el cambio se denomina *umbral*. Esta corriente es baja en lasers y heteroestructura, entre 50mA y 150mA.

La luz de este tipo de lasers puede acoplarse fácilmente a una fibra multimodo juntando simplemente a tope un extremo de la raya del laser contra el extremo del núcleo de la fibra, que tienen un diámetro mucho mayor. También puede acoplarse a una fibra monomodo. El problema principal consiste en que la unión laser tiende a ser tan fina que la luz diverge al salir del extremo. Este problema puede solucionarse mediante una diminuta lente cilíndrica que reoriente la luz a lo largo de la fibra.

b) *Espectro de emisión*

Por encima de la corriente umbral, el espectro de los lasers es, aproximadamente, de unos 2nm. Por debajo de la corriente umbral, las características espectrales de los lasers son similares a las del LED.

3.3.3 CARACTERÍSTICAS DEL TRANSMISOR

Cuando se hable de un transmisor (emisor de luz con sus circuitos polarizadores) se deben tener en cuenta algunas consideraciones importantes para evaluar su aplicabilidad. En primer lugar la diferencia entre transmisores digitales y analógicos, por ejemplo, en sistemas televisión por cable, donde las señales son moduladas en FM. Para transistores analógicos, *linealidad o distorsión* (modificación de la señal transmitida respecto a la original) y el *ancho de banda* son factores muy importantes. Para un transmisor digital, este último parámetro está relacionado con la *velocidad de transmisión máxima*, que, a su vez, lo está con la máxima cantidad de información que se transmite en una unidad de tiempo. La linealidad no es crítica en una transmisión digital.

Para cualquier transmisor un factor importante es el *ruido* (señales aleatorias indeseables que se suman a la señal debido al emisor de luz y los circuitos electrónicos) y la *relación señal-ruido (S/N)*. Las fibras ópticas son casi inmunes a todo tipo de interferencias, sin embargo, no así el transmisor y por ello debe ser diseñado con sumo cuidado para evitar este fenómeno.

Además, cuando se elige un transmisor es importante que las características eléctricas de ingreso (tales como la codificación de las señales digitales o los niveles de ingreso de entrada de las señales analógicas) coincidan con las del sistema a usar. Es conveniente también que las



características del emisor de luz estén de acuerdo con las características eléctricas. Otras consideraciones a tener en cuenta son: longitud de onda (para elegir la fibra adecuada), ancho espectral (para considerar la dispersión), potencia óptica emitida y tipo de encapsulado (para considerar la eficiencia de acoplamiento).

3.4 Detectores y receptores

El fotodetector, un componente crítico en cualquier sistema de comunicaciones por fibra óptica, ha sido menospreciado, algunas veces, en la reciente tendencia de concentrarse en las mejoras de los transmisores laser y en las mismas fibras ópticas. Simplemente con cambiar de un tipo de fotodetector a otro se puede incrementar la capacidad de un sistema óptico en un orden de magnitud sin tocar ningún otro componente.

Aunque existen varios tipos de fotodetectores, usualmente sólo se consideran tres para la detección directa de señales digitales en comunicaciones ópticas: el *fotoconductor*, el *diodo PIN* y el *fotodiodo de avalancha (APD, avalanche photodiode)*. La mayor parte de los sistemas instalados en el mundo utilizan fotodiodos PIN, muchos de ellos son de silicio y se usan en sistemas de longitudes de onda corta (800nm y 900 nm) para comunicaciones a corta distancia. Al fin y al cabo los diodos PIN, con su gran ancho de banda y bajo ruido, son la promesa futura para conseguir una generación de detectores ópticos completamente integrados.

Básicamente, el detector es un dispositivo que convierte fotones en electrones, un receptor se compone de un detector y de los circuitos necesarios asociados que lo capaciten para funcionar en un sistema de comunicaciones ópticas, transformando señales de frecuencias ópticas a frecuencias inferiores, con la mínima adición de ruido indeseable y con un ancho de banda suficiente para no distorsionar la información contenida en la señal (analógica o digital).

3.4.1 DIODO PIN

El fotodiodo *PIN* es el detector más importante utilizado en los sistemas de comunicación óptica. Es relativamente fácil de fabricar, altamente fiable, tiene bajo ruido y es compatible con circuitos amplificadores de baja tensión. Además, es sensible a un gran ancho de banda debido a que no tiene mecanismo de ganancia. Unas zonas *p* y *n* altamente conductivas junto a otra intrínseca poco conductiva, caracterizan al diodo PIN. Los fotones entran a la zona intrínseca generando pares electrón-hueco. El diodo se polariza inversamente con el fin de que las cargas generadas en la zona intrínseca sean aceleradas por el campo eléctrico presente.

Una típica estructura p-i-n planar tiene, como material absorbente de luz, a un compuesto de In Ga As. La región de absorción es fina, siendo, generalmente, un material tipo *n* sobre un sustrato tipo *n* de indio fosforoso. La superficie superior está recubierta de un fino aislante, o capa pasiva, para proteger la superficie y reducir la recombinación de electrones y huecos en dicha superficie.

Cuando un fotón entra en la zona de depleción, es absorbido y genera un par electrón-hueco, los cuales son dirigidos hacia los electrodos opuestos. Allí se recogen y aparecen como corriente en el circuito exterior. Puesto el par de portadores es separado en mucho menos tiempo que el tomado para su recombinación, el proceso de detección es rápido y eficiente.



Debido a que no existe mecanismo de ganancia en un fotodiodo p-i-n, la máxima eficiencia del detector es la unidad y producto ganancia \times ancho de banda coincide con esta última. El ancho de banda de un diodo p-i-n está limitado por el tiempo tomado en colector las cargas. Este tiempo es inversamente proporcional al ancho de la zona de depleción y directamente proporcional a la velocidad de los portadores de cargas en la región de alto campo eléctrico.

La principal fuente de ruido en un fotodiodo p-i-n es el **ruido de granalla** (shot noise), producido en la zona de depleción de la unión **p-n** inversamente polarizada, generado por el proceso estático de los electrones atravesando la unión **p-n**.

3.4.2 FOTODIODO DE AVALANCHA

Estos diodos son similares a los diodos PIN en cuanto a que trabajan polarizados en inversa, en ausencia de grandes corrientes de oscuridad.

A diferencia de los diodos PIN los APD operan a tensiones inversas lo suficientemente elevadas como para que cuando los portadores sean en el campo eléctrico, colisiones con otros átomos que componen la estructura cristalina del semiconductor. Las colisiones ionizan los átomos, produciéndose nuevos pares electrón-hueco. Esta ionización por impacto nos determina la ganancia interna del dispositivo o **ganancia de avalancha**.

a) *Proceso de avalancha*

Con polarización directa, el diodo está preparado para conducir corriente limitada por la resistencia del dispositivo. En polarización inversa, la unión **p-n** forma una barrera y sólo la puede atravesar una corriente muy pequeña, normalmente causada por generación térmica (ya que los átomos de la red cristalina están en constante vibración) y por la separación debida al campo eléctrico que existe en la región de depleción. Esta corriente se denomina **corriente de oscuridad**, puesto que existe incluso en ausencia de luz incidente: está presente en todos los diodos en mayor o menor grado y suele ser característica del material usado en la construcción del diodo.

Si la polarización es negativa se aumenta la corriente de oscuridad también crece gradualmente por ensancharse la región de depleción y exponer así una parte mayor del volumen del diodo a la capacitación de portadores generados térmicamente. Con polarización inversa suficientemente grande, el campo eléctrico en la zona **p-n** puede hacerse tan intenso que acelere los pares electrón-hueco generadas térmicamente, con energía suficiente como para crear más de estos pares por colisiones con los átomos de la estructura. Estos pares, ionizados por impacto, son a su vez acelerados, junto con los portadores de carga fotogenerados primariamente, para colisionar con más átomos de la red y producir nuevos portadores de carga. De esta manera se puede amplificar la corriente primaria, aumentando su ganancia con la polarización. Finalmente, se alcanza un voltaje para el cual la ganancia de multiplicación de la corriente de oscuridad se aproxima a infinito. A este valor se lo denomina **tensión de ruptura** del diodo.

Cuando se ilumina el diodo, se producen muchos más pares electrón-hueco, generándose en él una fotocorriente. A una polarización suficientemente baja (alrededor del 10% de la tensión de ruptura) se puede suponer que no hay ganancia de avalancha de la fotocorrien-



te. Es decir, la fotocorriente es la corriente total generada en el diodo menos la corriente de oscuridad correspondiente a esa tensión. Para un voltaje mayor (90% de la tensión de ruptura), se produce una ganancia finita, tanto de la fotocorriente como de la corriente de oscuridad. La ganancia neta es entonces la fotocorriente a esa tensión dividida por la fotocorriente sin amplificar. La máxima ganancia se alcanza justo antes de la tensión de ruptura; sin embargo, el factor de ruido es también máximo en este punto. La ganancia óptima cuando se emplea un APD, en un receptor óptico corresponde a un valor inferior al máximo, en el cual el ruido después de la multiplicación coincide con el ruido del amplificador.

El factor de multiplicación depende fuertemente del voltaje inverso aplicado y de la temperatura, lo que hace dificultoso alcanzar una ganancia estable. Un compromiso típico entre ganancia y estabilidad es un valor del factor de multiplicación entre 50 y 150. La corriente de oscuridad también es muy sensible a la temperatura. En los diodos de Silicio, la corriente se dobla cada 8°C , en los de Germanio cada 9°C a 10°C . A 25°C la corriente de oscuridad típica de un APD de silicio con $0,1\text{mm}$ de diámetro de área activa es de 1nA a 10nA , para un valor de factor de multiplicación de 100.

b) Ancho de banda

Una última consideración con respecto a la ganancia de avalancha es su efecto en el ancho de banda del receptor. En un detector de avalancha, el máximo ancho de banda obtenible (para ganancia igual a 1) está, en último caso, limitado por el tiempo de tránsito de los portadores en la región de depleción, al igual que en los fotodiodos p-i-n. En presencia de ganancia el ancho de banda se reduce, debido al tiempo necesario para formarse la avalancha.

El tiempo de respuesta de un APD también depende del coeficiente de ionización. Después que la avalancha comienza, la señal continúa hasta que alguna fluctuación en la densidad de los portadores en la región de depleción hace finalizar el proceso.

El producto ganancia por ancho de banda en un APD es máximo en dispositivos y materiales, en los que el tiempo de tránsito efectivo es menor.

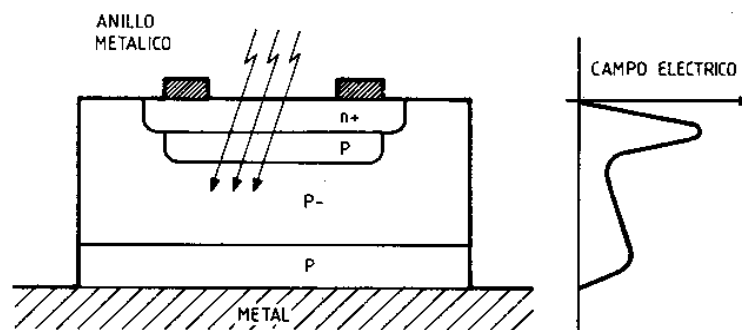


Fig.3.3 Estructura de un APD se mantiene un campo eléctrico elevado en la unión polarizada inversamente.



3.4.3 RECEPTORES

Al igual que con los transmisores, se considera los mismos parámetros básicos para diferenciar las características de los receptores analógicos y digitales. Los parámetros de los receptores analógicos son la *linealidad* o *distorsión* y el *ancho de banda*, mientras que para receptores digitales la linealidad no es importante y el ancho de banda se reemplaza por la máxima velocidad de transmisión. La *potencia de ruido equivalente* de un receptor es generalmente mayor que en la de un fotodetector sólo. Otras consideraciones son la *relación señal/ruido* para los receptores analógicos y la *tasa de errores* (número de bits equivocados recibidos) para receptores digitales. Se debe notar que la fuente principal de ruido en el receptor es la etapa amplificadora que sigue al fotodetector.

Se considera las características eléctricas de salida (codificación para transmisores digitales y nivel e impedancia de salida para las analógicas). Muchos receptores tienen circuitos de *control automático de ganancia (CAG)* para mantener el mismo nivel de salida cualquiera sea el nivel de entrada. Dado que el rango del nivel de entrada está limitado por el fotodetector, hay una potencia máxima sobre la cual se satura y una potencia mínima que representa la mínima detectable. Esta última es importante para determinar la máxima longitud de fibra que se puede usar sin repetidores. Otras características ópticas de los fotodetectores tales como el rango de longitudes de onda de trabajo y el tipo de encapsulado deben ser considerados al elegir.

Los receptores ópticos actuales se basan en uno de los dos tipos de detectores: el fotodiodo de avalancha APD y el diodo PIN seguido por un preamplificador de entrada *Transistor de Efecto de Campo (FET, field effect transistor)*. Para señales digitales binarias, el caso más común basta con 22Db de relación señal/ruido. Un APD de calidad (de bajo ruido) podría dar una sensibilidad superior. Las relaciones señal eficaz de portadora/ruido eficaz en señales analógicas han de estar entre los 30dB y los 65dB.

Si las señales están moduladas en intensidad, el ruido dominante es el granular (*shot*) asociado a la corriente media de la señal, para relaciones portadora/ruido mayores de unos 40dB. En estos casos la mejor opción son los receptores *PIN-FET*.

a) *Ruido en los receptores ópticos*

La capacidad de un receptor óptico para detectar señales de luz débiles depende de su sensibilidad y en particular del ruido propio. Los agentes causantes del ruido son la señal óptica, el diodo en sí y el circuito eléctrico que le sigue. El límite en cuanto a detección se da cuando la suma de todas las corrientes de ruido (cuántico, de la corriente de oscuridad, granular, térmico) iguala a la corriente de la señal a la salida del receptor. Esta potencia equivalente al ruido suele ser sin embargo menos importante que la potencia óptica (mínima) requerida para garantizar la deseada relación señal/ruido o tasa de error.

Pueden presentarse alguna o todas las fuentes de ruido siguientes:

- Ruido granular en la corriente media de la señal.
- Exceso de ruido granular en la corriente media de la señal, debido al ruido en la multiplicación de avalancha.
- Ruido creado por la corriente de oscuridad del detector.
- Ruido procedente del amplificador.



Incluso con un APD perfecto, hay un límite fundamental en el cual el rendimiento sólo depende del ruido granular en la corriente media de la señal. Corrientemente se le denomina *límite cuántico*, ya que los electrones de la corriente de señal están relacionados directamente con los fotones ópticos. Se puede demostrar que deben recibirse al menos 21 fotones para un “1” si se quiere obtener una tasa de error de 10^{-9} en sistemas digitales.

3.5 Tipo de conectores

La fibra óptica utiliza acopladores y conectores otros para tener comunicación entre sí o bien con otro tipo de cables

3.5.1 ACOPLADORES

Un acoplador es básicamente la transición mecánica necesaria para poder dar continuidad al paso de luz del extremo conectado de un cable de fibra óptica a otro. Pueden ser provistos también acopladores de tipo híbridos, que permiten acoplar dos diseños distintos de conector, uno de cada lado, condicionado a la coincidencia del perfil del pulido.



Fig. 3.4 Diferentes Tipos de Acopladores

3.5.2 CONECTORES

1.- Se recomienda el conector 568SC pues este mantiene la polaridad. La posición correspondiente a los dos conectores del 568SC en su adaptador, se denominan como A y B. Esto ayuda a mantener la polaridad correcta en el sistema de cableado y permite al adaptador a implementar polaridad inversa acertada de pares entre los conectores.

2.- Sistemas con conectores BFOC/2.5 y adaptadores (Tipo ST) instalados pueden seguir siendo utilizados en plataformas actuales y futuras.

Identificación: Conectores y adaptadores multimodo se representan por el color marfil conectores y adaptadores monomodo se representan por el color azul.



3.5 Diferentes Tipos de Conectores

Para la terminación de una fibra óptica es necesario utilizar conectores o empalmar Pig-tails (cables armados con conector) por medio de fusión. Para el caso de conectorización se encuentran distintos tipos de conectores dependiendo el uso y la normativa mundial usada y sus características, algunos de ellos son los siguientes:

ST conector de fibra para monomodo o multimodo con uso habitual en redes de datos y equipos de networking locales en forma multimodo.



Fig.3.6 Conector de Fibra Monomodo ST

FC conector de fibra óptica para monomodo o multimodo con uso habitual en telefonía y CATV en formato monomodo y monomodo angular.



Fig. 3.7 Conector de fibra monomodo o multimodo FC

SC conector de fibra óptica para monomodo y multimodo con uso habitual en telefonía en formato monomodo.

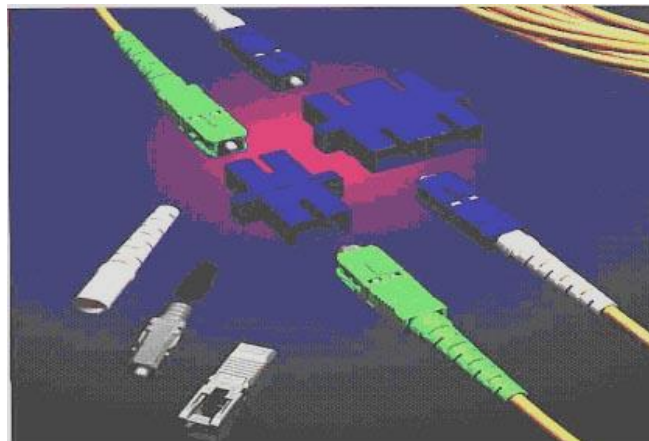


Fig. 3.8 Conectores de Fibra monomodo y multimodo SC

3.6 Multiplexación

3.6.1 MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE LONGITUD DE ONDA

En telecomunicación, la multiplexación por división de longitud de onda (WDM, Wavelength Division Multiplexing) es una tecnología que multiplexa varias señales sobre una sola fibra óptica mediante portadoras ópticas de diferente longitud de onda, usando luz procedente de un láser o un LED.

Este término se refiere a una portadora óptica (descrita típicamente por su longitud de onda) mientras que la multiplexación por división de frecuencia generalmente se emplea para referirse a una portadora de radiofrecuencia (descrita habitualmente por su frecuencia). Sin embargo, puesto que la longitud de onda y la frecuencia son inversamente proporcionales, y la radiofrecuencia y la luz son ambas formas de radiación electromagnética, la distinción resulta un tanto arbitraria.



El dispositivo que une las señales se conoce como multiplexor mientras que el que las separa es un demultiplexor. Con el tipo adecuado de fibra puede disponerse un dispositivo que realice ambas funciones a la vez, actuando como un multiplexor óptico de inserción-extracción.

Los primeros sistemas WDM aparecieron en torno a 1985 y combinaban tan sólo dos señales. Los sistemas modernos pueden soportar hasta 160 señales y expandir un sistema de fibra de 10 Gb/s hasta una capacidad teórica total de 1,6 Tb/s sobre un solo par de fibra.

3.6.2 MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN EN LONGITUDES DE ONDA DENSAS

Multiplexación por división en longitudes de onda densas (DWDM, Dense Wavelength Division Multiplexing) es un método de multiplexación muy similar a la Multiplexación por división de frecuencia que se utiliza en medios de transmisión electromagnéticos. Varias señales portadoras (ópticas) se transmiten por una única fibra óptica utilizando distintas longitudes de onda de un haz láser cada una de ellas. De esta manera se puede multiplicar el ancho de banda efectivo de la fibra óptica, así como facilitar comunicaciones bidireccionales. Se trata de una técnica de transmisión muy atractiva para las operadoras de telecomunicaciones ya que les permite aumentar su capacidad sin tender más cables ni abrir zanjas.

Para transmitir mediante DWDM es necesario dos dispositivos complementarios: un multiplexor en lado transmisor y un demultiplexador en el lado receptor.



CAPITULO 4 “DISEÑO DE LA RED CON CABLEADO ESTRUCTURADO PARA LA DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS PUBLICAS”

4.1 Introducción

El cambio producido por el avance de la tecnología en el área informática y de telecomunicaciones es tan profundo, que hoy es posible utilizar servicios impensados años atrás.

Servicios como la consulta de bases de datos remotas ubicadas en computadoras a miles de kilómetros, la transferencia instantánea de documentos, video conferencia en tiempo real, correo electrónico y muchos más; ya coexisten con otros servicios tradicionales como la telefonía y el fax.

Para la Dirección General de Obras Públicas (DGOP), como toda dependencia gubernamental, se ha vuelto imperativo contar con una infraestructura de comunicaciones plenamente desarrollada. Su elemento central lo constituye un sistema de cableado estructurado; plataforma indispensable para la red de área local del edificio del área de informática.

Esta infraestructura básica permitirá brindar los múltiples servicios de comunicación local y gestión de información a todas las áreas de la dependencia, además de permitir su presencia activa en la red mundial Internet.

Se propone un diseño propio basado en una implementación gradual, pero con posibilidades concretas de expansión que no afecte el funcionamiento de las funciones de red en los distintos departamentos de la DGOP y al mismo tiempo ir brindando los múltiples servicios de datos.

A continuación se va a exponer el proyecto propuesto, así como algunos conceptos que aclararán y fundamentan la necesidad de inversión en una infraestructura para redes, y finalmente, una breve descripción del estado actual de nuestro enlace a Internet.

4.2 ¿Por qué invertir en una red?

Una red surge a partir de la necesidad de compartir los diversos recursos informáticos, entre distintos sectores de un lugar, es decir, permite el suministro de diversos servicios a cualquier punto o puesto de trabajo ubicado en un edificio.

La relación entre plataformas de hardware, sistemas operativos y redes de comunicación de datos no sólo es muy estrecha, sino que cada uno de ellos se fundamenta en el otro, mediante un proceso de integración.



En efecto, las tendencias actuales de organización tienden a distribuir sus recursos y, como consecuencia de ello, cada una de sus partes requerirá manejar parte de estos recursos, tomando como base la actividad individual de otras de sus partes componentes, es decir, sin perder de vista la interacción entre ellas. Resulta evidente que esta tendencia hacia una operación distribuida, en los aspectos inherentes a cada institución, sea de producción o de servicios, trae aparejada la necesidad del manejo de la información desde cada una de sus partes componentes.

La DGOP actualmente no posee una estructura de red global, situación que impide la implementación de servicios y sistemas informáticos generales. Dado este diagnóstico, ya no es suficiente poseer el equipamiento informático básico en las áreas de trabajo (computadoras), sino que se ha vuelto imperativo el disponer de las instalaciones físicas adecuadas (sistemas de cableado).

4.3 El sistema de cableado estructurado

Resulta claro que el diseño de este sistema de cableado, deberá caracterizarse por soportar un ambiente multi producto y multi proveedor. El tema no resulta trivial, ya que los diversos servicios arriba mencionados plantean diferentes requerimientos de cableado. Además permanentemente aparecen nuevos productos y servicios, con requerimientos muchas veces diferentes.

Para una solución a todas estas consideraciones (que reflejan una problemática mundial) surge el concepto de lo que se ha llamado cableado estructurado:

Se denomina así al sistema de cableado de telecomunicaciones para edificios que presenta como característica saliente de ser general, es decir, soportar una amplia gama de productos de telecomunicaciones sin necesidad de ser modificado.

Un cableado debe ser considerado como un sistema altamente distribuido cuyas partes componentes van desde los conectores modulares en las áreas de trabajo, cables especiales, paneles de interconexión hasta los equipos activos (electrónica de la red) centralizados en los gabinetes de telecomunicaciones.

Para la elección para el diseño de la red se tuvo en cuenta el estándar Mexicano NMX248-1999 y su actualización que se hizo el 18 agosto del 2006, que contienen las recomendaciones básicas para la realización de cableados estructurados de acuerdo a las normas internacionales basados en ISO/IEC11801, y que he adaptado a las necesidades de la Dirección General Obras Publicas.

Utilizando los conceptos de los capítulos anteriores y atendiendo también a las recomendaciones de los fabricantes para el diseño del cableado de un edificio, se empleará la Norma ANSI/EIA/TIA -568, que establece las pautas técnicas para la ejecución del cableado estructurado. Esta norma garantiza que los sistemas realizados de acuerdo con ella soportarán todas las aplicaciones de telecomunicaciones presentes y futuras por un lapso de al menos 10 años.



Otras normas consideradas son la ANSI/EIA/TIA-606, que da especificaciones sobre la administración para la infraestructura de telecomunicaciones de edificios, identificación y etiquetado de cables, etc. y la ANSI/EIA/TIA-569, para el diseño de salas de equipamiento, lugares para los ductos de cableado, etc.

4.3.1 ESTRUCTURA UTILIZADA

Estructura General del Sistema de Cableado Estructurado

- Cableado horizontal
- Conector de cruzado horizontal (HC, cable horizontal)
- Cable horizontal
- Telecomunicaciones
- Tomas / Conectores (TO)
- Puntos de transición
- Puntos de Consolidación
- Cableado troncal o backbone
- Conector de cruzado principal
- Conector de cruzado intermedio
- Cable troncal dentro del edificio
- Cable troncal entre edificios
- Área de trabajo (WA, Works área)
- Gabinete de telecomunicaciones (Telecommunication cabinet)
- Sala de Equipos
- Instalaciones de entrada
- Administración

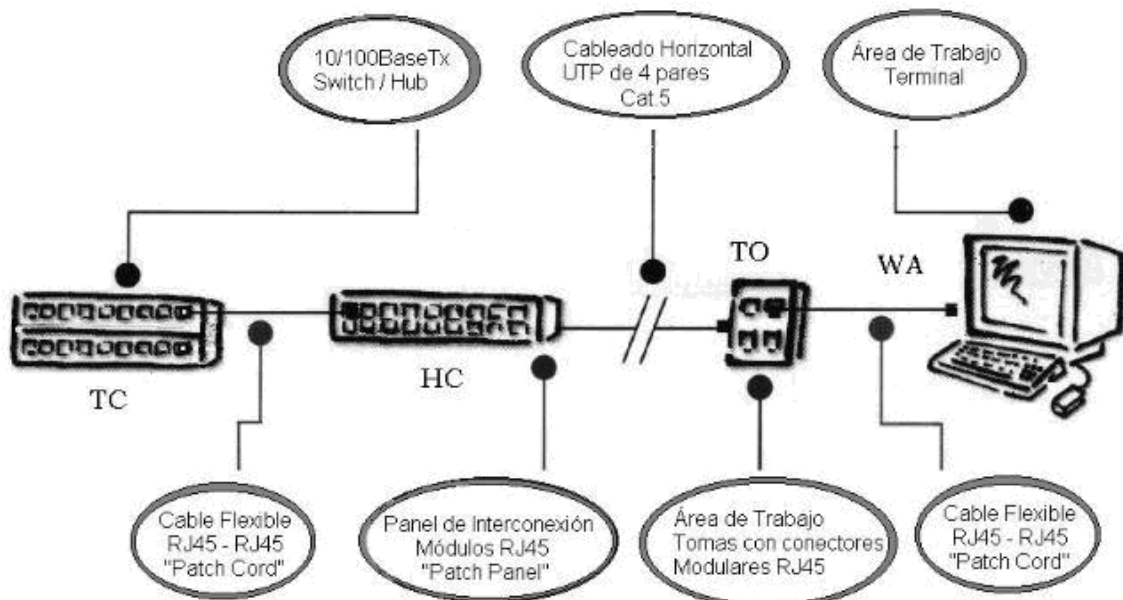


Fig.4.1 Estructura de cableado



4.4 Descripción Preliminar de la Red

La red estará subdividida lógicamente en grupos de terminales conformando subredes, que pueden coincidir o no, con su agrupación física. A cada área, como de Ingeniería, Dirección Técnica, las Áreas administrativas, Dirección General, etc., se le asigna una subred.

Los equipos activos para interconectividad (electrónica de la red) destinados a las subredes correspondientes a cada dependencia, estarán concentrados en cuatro gabinetes (racks), distribuidos según consideraciones técnico-prácticas, entre las que se encuentran la ubicación física de los grupos de terminales y cantidad de puestos de trabajo por cada sector.

4.5 Descripción general de la obra a realizar

El sistema de cableado estructurado a realizar será de categoría 5 conforme a la Norma ANSI/TIA/EIA-568a que especifica los requisitos mínimos para cableado de telecomunicaciones dentro de edificios comerciales, incluyendo salidas y conectores, así como entre edificios de conjuntos arquitectónicos.

El esquema que se ha diseñado prevé una estructura que utiliza cuatro gabinetes de distribución (Dirección Técnica, Dirección General, Edificio “I” y Edificio “C”). Cada gabinete contendrá los equipos activos (electrónica de la red) y paneles de interconexión patch panel.

El Cuarto de Equipos Principal, núcleo de la red, se ubicará en un cuarto del edificio “I” en Informática y constará con un gabinete de distribución de la electrónica de red, desde el cual se tendería el cableado horizontal hacia el área que le corresponde y el cableado troncal hacia los otros dos gabinetes, ya sea con cable UTP o fibra óptica. El tendido del cableado horizontal se realizará desde cada gabinete de distribución hasta el área de trabajo, con cable UTP categoría 5, por bandeja metálica y cable canal de montaje exterior según el lugar.

En el área de trabajo el cableado se terminaría con cajas de montaje superficial para tomas con conectores RJ-45 cat. 5.

El tendido del cableado horizontal con UTP se someterá a verificaciones para que se pueda certificar que alcanza la categoría 5 propuesta, a través de mediciones realizadas con Penta Scanner, para poder medir los parámetros principales de impedancia, longitud, atenuación, "Next - Near End Crosstalk", mapa de cables y demás.

La topología del cableado horizontal será una topología estrella que en caso de un daño o desconexión, éstas se limitan sólo a la parte o sección dañada, y no afecta al resto de la red.



4.6 Electrónica de la red de datos: fundamentos para su elección

El tipo de red a implementar está basado en una de las tecnologías líderes para redes de área local (LAN) conocida como Ethernet. Esta tecnología se basa en la técnica de acceso múltiple por sensado de portadora y detección de colisiones. Básicamente una estación de trabajo envía paquetes de datos cuando no hay otros circulando por la red. Si muchas estaciones transmiten al mismo tiempo ocurren colisiones. En este caso cuando las estaciones que transmitieron y detectaron que hubo una colisión, cada una espera un tiempo aleatorio para repetir la transmisión; si vuelve a colisionar, nuevamente espera y transmite y así sucesivamente hasta que logre transmitir satisfactoriamente. A medida que el número de computadoras aumenta, también lo hacen las colisiones. Para evitar su ocurrencia y con estas la ralentización de la red, existe toda una lógica para su tratamiento.

La elección más óptima es diseñar una red totalmente switched hasta el nivel de la estación de trabajo (desktop), de hecho, ésta es la tendencia actual en el diseño de redes. Sin embargo y pese a la gran diferencia de rendimiento entre switches y hubs, en la elección también se debió tener en cuenta la gran diferencia en términos de costos o inversión a realizar. Es imprescindible optimizar la relación costo/beneficio o costo/rendimiento.

Es por esta razón que se ha optado por un diseño mixto que nos permite una muy eficiente administración del ancho de banda al utilizar switches para aislar los segmentos de colisión y hubs para conectar a los grupos de usuarios. Es decir, se utilizarán hubs para el borde de la red en las áreas de trabajo (WA, work area) y switches como elementos destinados al enlace con el cableado troncal y a la segmentación de las diferentes subredes.

Este esquema se mantiene inclusive si se instalan equipos de mayor eficiencia. A medida que se adquieran equipos de mayor rendimiento, se irían migrando los anteriores al borde de la red, potenciando el troncal y las área de trabajo al mismo tiempo.

Otra categoría de equipos denominados Routers, también fueron evaluados, pero la conclusión lógica teniendo en cuenta el esquema a implementar, es que no son indispensables al menos en la etapa inicial, aunque sería deseable disponer de al menos uno. El objeto de colocar "routers" sería el subdividir las redes en grupos más pequeños (sub-redes) o bien vincular redes con topologías diferentes.

4.7 La electrónica de la red: el núcleo

Se expone a continuación el esquema *mínimo* requerido respecto a la electrónica de la red a utilizar.

El núcleo de la red lo constituye un switch 10/100 Base Tx de 12 puertos. Este primer elemento asegura la capacidad de segmentación de las subredes, la optimización del ancho de banda disponible, un cableado troncal "Backbone" en 100 Mb/s. Este elemento



se unirá físicamente por medio de un cable troncal a los otros dos "Switches" de los restantes gabinetes ubicados en los puntos de concentración seleccionados.

Los equipos destinados para borde de la red inicialmente serían "Hubs" en 10 Mb/s para grupos de usuarios generales, mientras que algunos puertos de los "Switches" podrían ser utilizados directamente en estaciones que requieran un mayor ancho de banda (servidores de red)

Independientemente de la disponibilidad del equipo destinado para el borde de la red ("Hub - Switch"), cada dependencia puede ejecutar, en coordinación con el Nodo Informático, el cableado estructurado correspondiente a su sector hasta la fase (d) inclusive. Es decir, se pueden ir colocando los conectores RJ45 cat 5 para las terminales y tendiendo los cables de datos hasta los puntos designados de interconexión (alguno de los cuatro gabinetes de telecomunicaciones "racks") siguiendo estrictamente las especificaciones de la norma.

4.8 Fases de implementación del proyecto

En la planificación de las actividades, se ha contemplado la disponibilidad limitada y gradual de los recursos que pueden dedicarse a la implementación del cableado estructurado, por lo que se ha elaborado un plan de crecimiento gradual.

Para la realización del diseño de la red estructurada de la Dirección General de Obras Públicas del DF., la ingeniería del cableado se ha dividido en 8 fases, las que se detallan a continuación:

Tabla 4.1 Fases de implementación del Proyecto

Fases	Descripción
(a)	Determinación de la cantidad y ubicación física de las terminales (Relevamiento y proyección a mediano plazo)
(b)	Asignación de los puntos de concentración y los gabinetes con equipos que contienen la electrónica de la red.
(c)	Instalación de cables a la subred y tomas RJ-45 para terminales en las áreas de trabajo.
(d)	Colocación del cable UTP desde los tomas RJ-45 hasta los paneles de interconexión en los gabinetes
(e)	Configuración y pruebas de certificación del cableado (verificación técnica con instrumentos)
(f)	Conexión del sitio cableado al equipo de conectividad (Switch/Hub) para la sub red.
(g)	Configuración de los equipos terminales y uso efectivo de la sub red.
(h)	Comprobación de la operación y pruebas finales

Del listado se recomienda implementar en un principio hasta fase (b) para toda la DGOP. En algunos edificios, como el de Informática y la Dirección General, sea propuesto ejecutar hasta la fase (h) en primera instancia por ser departamentos esenciales en el funcionamiento de la DGOP.



Debido a que no todas las áreas realizarán totalmente la fase (d) en forma inmediata, se ha considerado la posibilidad de brindar los servicios de la red a, por lo menos, una Terminal por departamento hasta la conclusión del cableado global de esa sub-red. Esa Terminal podrá ser utilizada para dar acceso al Sistema de contabilidad, Internet e Intranet.

Para lograr esta meta mínima se debería invertir en el primer elemento de conectividad de la red, que será descrito después. En ningún caso se considerará esta instalación parcial como definitiva y se ofrece a los fines de poder solucionar una necesidad real inmediata.

4.8.1 RELEVAMIENTO Y PROYECCIÓN A MEDIANO PLAZO

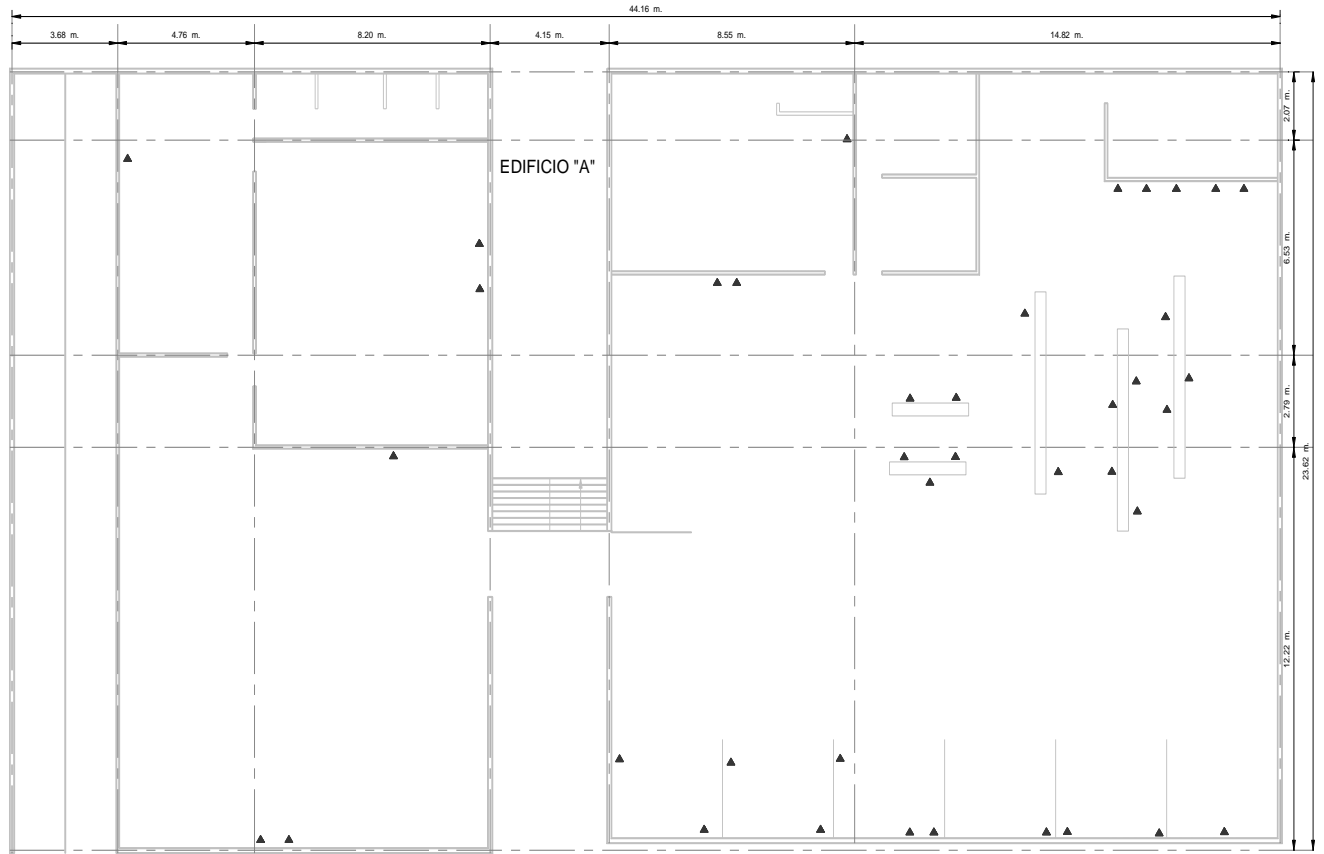
Para esta asignación, se tomó en consideración el porcentaje de terminales que se concentrarían en los gabinetes siguiendo las recomendaciones de la norma que estipula un límite máximo de entre 140 a 150 puestos de trabajo a ser servidos por cada gabinete y la distancias máximas desde éstos a los puestos de trabajo, que en ningún caso deberían superar los 90m.

Los resultados del conteo producto de la fase (a), permiten dimensionar la estructura de la red a implementar y al mismo tiempo reflejan las expectativas de conexión de cada dependencia.

Los esquemas se hicieron primero a mano alzada y después los datos fueron esquematizados con el programa de Autocad 2004, esto permitirá que la instalación sea mas precisa.



Capítulo 4 “Diseño de la red con Cableado Estructurado para la DGOP”

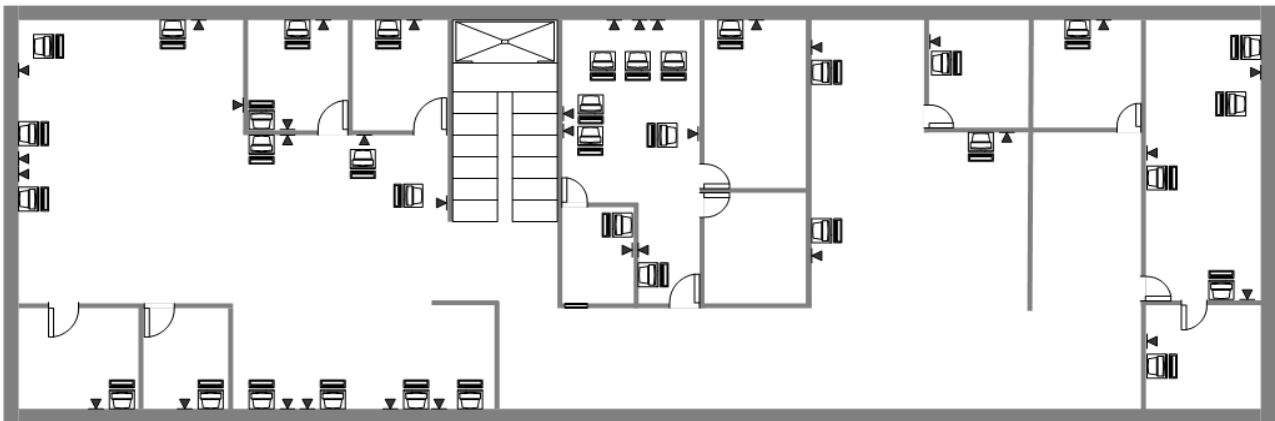


▲ 40 NODOS

PLANTA BAJA

4.2 Relevamiento y determinación de puestos de trabajo del edificio A planta baja

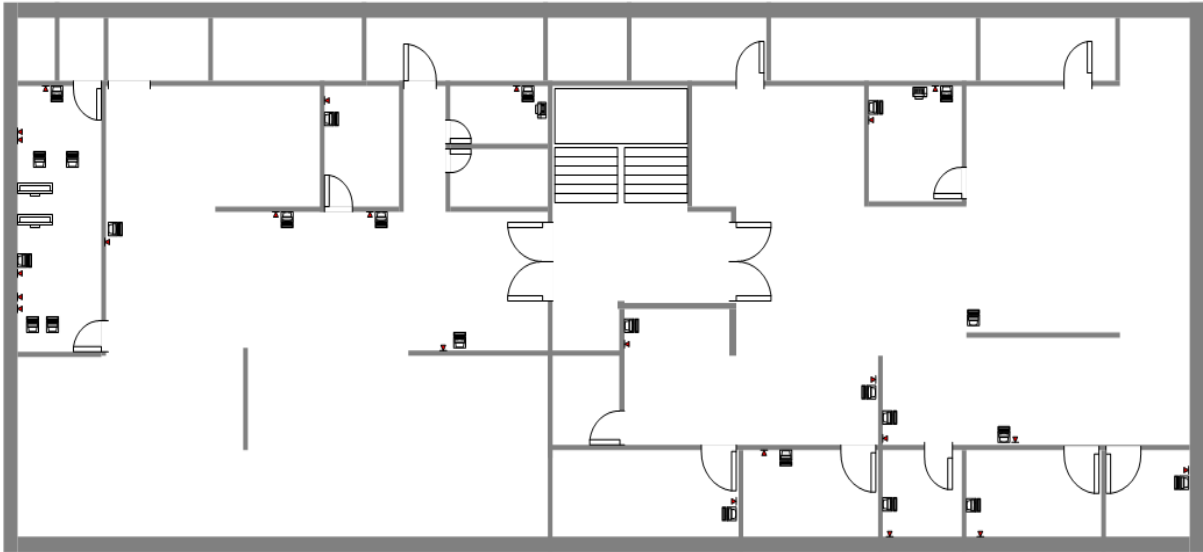
EDIFICIO A PRIMER PISO



4.3 Relevamiento y determinación de puestos de trabajo del edificio A primer piso

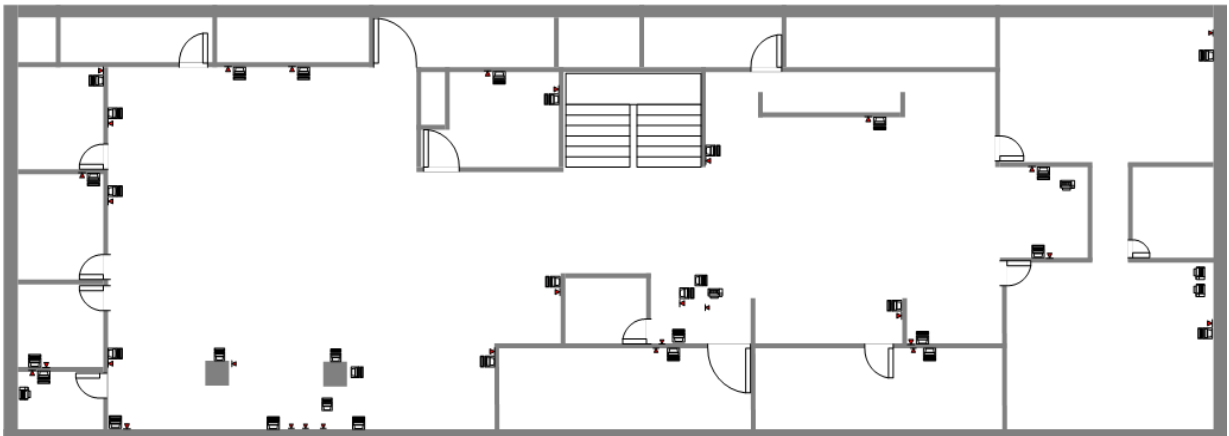


EDIFICIO "C"
PRIMER PISO

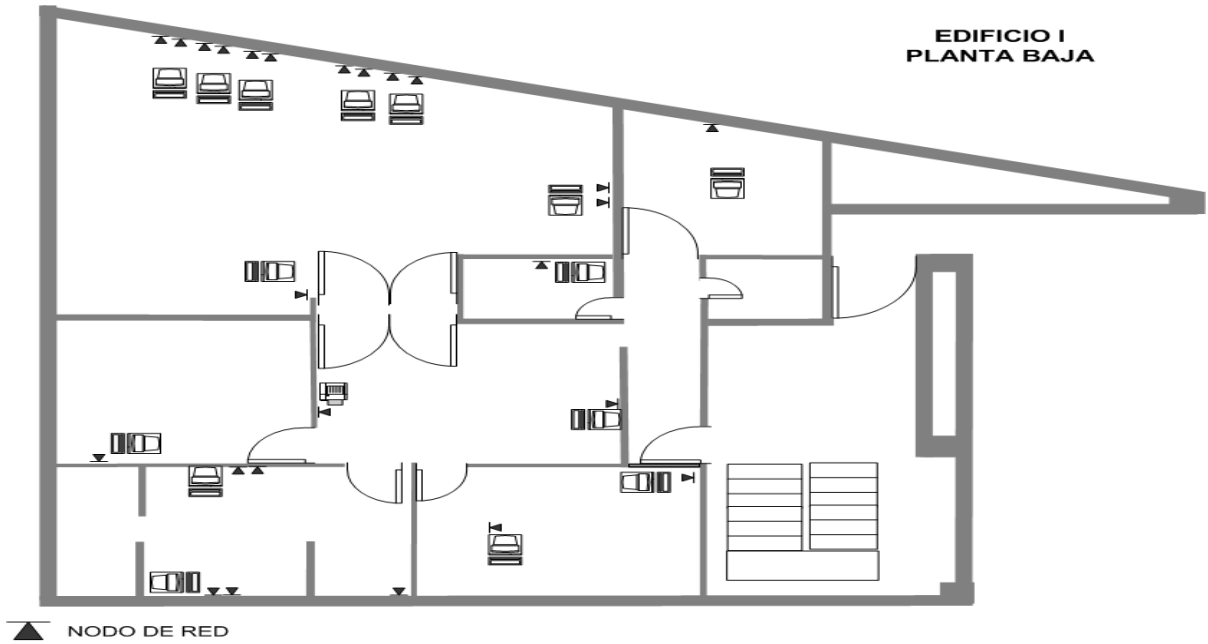


4.6 Relevamiento y determinación de puestos de trabajo del edificio C primer piso

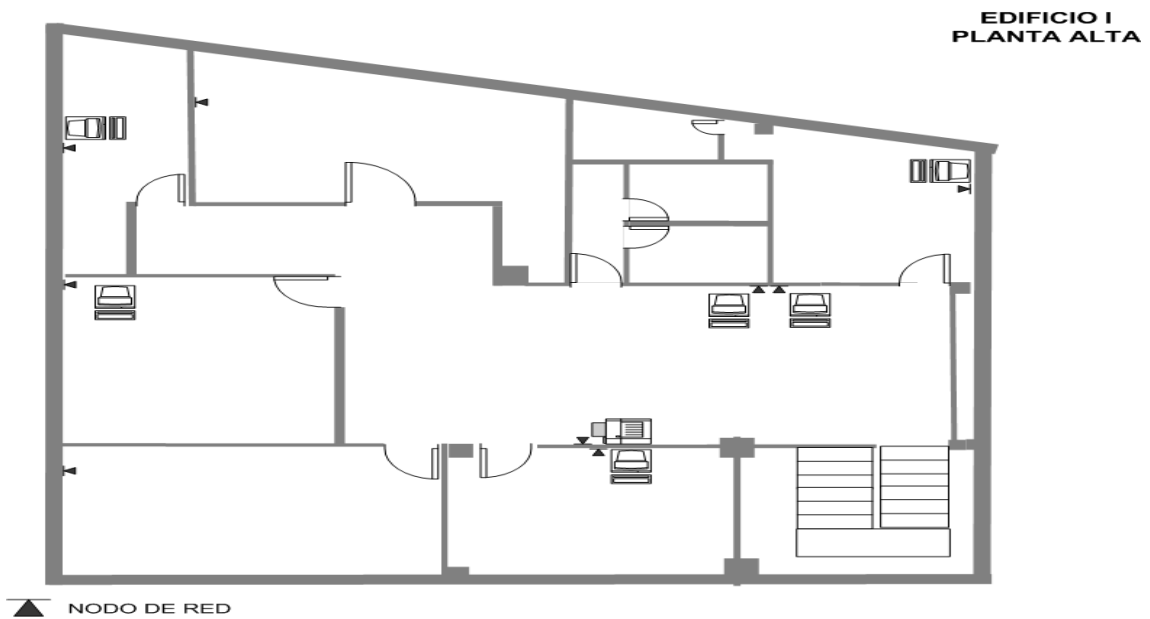
EDIFICIO "C"
SEGUNDO PISO



4.7 Relevamiento y determinación de puestos de trabajo del edificio C segundo piso



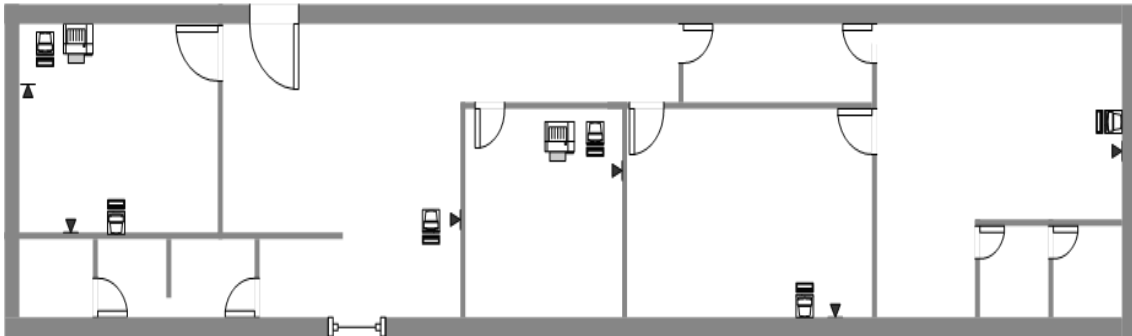
4.8 Relevamiento y determinación de puestos de trabajo del edificio I planta baja



4.9 Relevamiento y determinación de puestos de trabajo del edificio I planta alta



EDIFICIO "D"
DIRECCION GENERAL



NODO DE RED

4.10 Relevamiento y determinación de puestos de trabajo del edificio D

4.8.2 ASIGNACION DE PUNTOS DE COCENTRACIÓN Y LOS GABINETES CON EQUIPOS QUE CONTIENEN LA ELECTRÓNICA DE LA RED.

Gracias a los esquemas se define el lugar mas apropiado para instalar los puntos de concentración, el definir estos puntos correctamente (fig4.2-fig4.9) va a permitir el ahorro de material. También con el levantamiento se determina donde se debe colocar los gabinetes que llevarían el equipo de red (switches o hubs), el cual servirá para que se cumpla la norma de la distancia de 300 metros entre gabinetes, estos estarán entre conectados por medio de fibra óptica al nodo principal que se encuentra en el edificio de informática, esto para evitar ruido y atenuación en la señales, entre puestos de trabajo.

Tabla 4.2 Total de Puestos de Trabajo por Áreas

	Áreas Trabajo	Edificios	Puestos
1	Recursos Humanos	“A”	10
2	Recursos Financieros	“A”	17
3	Servicios Generales	“A”	20
4	Dirección Técnica	“A”	34
5	Subdirección Jurídica	“A”	5
6	Unidad de Presupuestos	“A”	18
7	Dirección de Escuelas	“B”	25
8	Dirección de Infraestructura	“C”	33
9	Dirección de Edificios	“C”	41
10	Dirección General	“D”	6
11	Subdirección de Ingeniería	“E”	4
12	Subdirección de Obras Especiales	“E”	15
13	Laboratorios	“F”	2



14	Unidades de Adquisiciones	“G”	8
15	Unidades de Almacenes y Bodegas	“H”	1
16	Caseta de Coordinación de Control y Seguimiento	“H”	1
17	Informatica	I	16
18	Recursos materiales	I	5
Total de puestos de trabajo proyectados			261

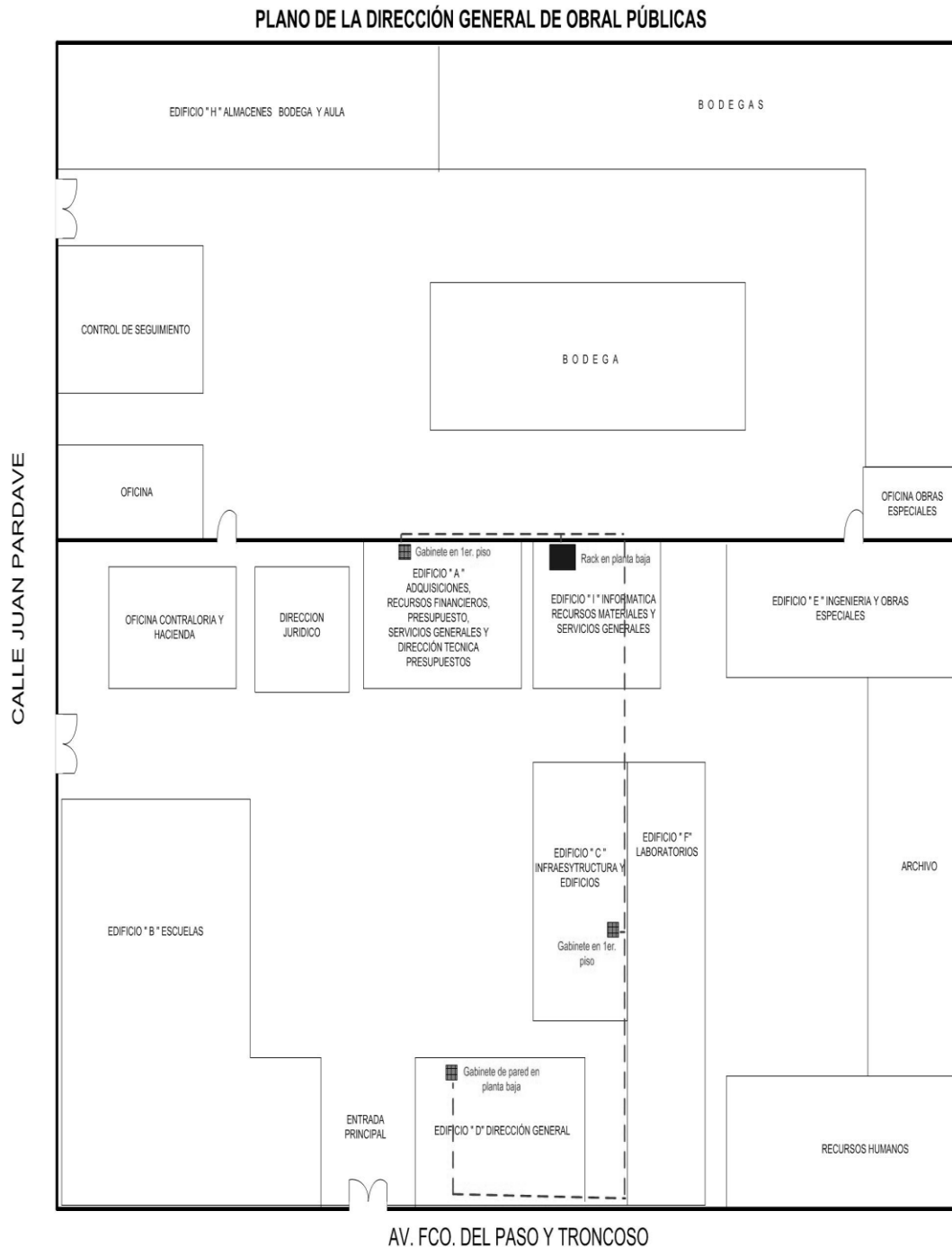


Fig.4.11 Distribución de los gabinetes en la DGOP y conectados por medio de fibra óptica



4.9 Cableado horizontal y troncal inversiones y tiempos estimados para el tendido de cableado

4.9.1 ESTIMACIÓN DE COSTOS PARA EL CABLEADO EN SU FASE (c) y (d)

Para poder realizar una correcta evaluación de los costos del cableado estructurado, se han analizado diferentes posibilidades de canalización. Hemos dividido los cableados en dos grupos bien diferenciados: Cableado Troncal y Cableado Horizontal.

4.9.2 CABLEADO TRONCAL

Este cableado será el que vincule los cuatro gabinetes de telecomunicaciones entre sí, de modo que es el sistema de cableado más importante de todos. Como la norma es un poco más estricta en lo referente al tendido de estos cables, se ha de considerar especialmente la canalización que se utilizará para ellos. La elección adecuada para este caso son las bandejas porta cables fijadas en el techo y paredes del edificio.

Las dimensiones de estas bandejas deben poder contener holgadamente: seis cables FTP o STP, una Fibra Óptica de 8 pares y dos Multipares telefónicos de 50 pares. Aunque no se haya tratado explícitamente el tema de la telefonía, la estructura del sistema de cableado a implementar, sí lo prevé.

La obra de canalización consiste principalmente en dos tramos de bandeja porta cables, que van desde el gabinete #1 (núcleo de la red) hasta el gabinete #2 y el gabinete #3 respectivamente más un tramo adicional que iría desde el gabinete #3 hasta un cuarto gabinete.

Como los ductos deben ser de dimensiones generosas para permitir la fácil instalación o mantenimiento de los cables, se han considerado porta cables de dos tipos de materiales: metálicos o plásticos (PVC), y varias dimensiones posibles (63 x 100 mm, 63 x 150 mm, 63 x 200 mm). Para el cálculo de costos aproximados se opta por la bandeja de 63 x 150 mm metálica.

Exponemos a continuación un cálculo aproximado del costo de canalización para el cableado troncal. Los cables FTP, La Fibra Óptica y los multipares telefónicos se consideran por separado, para diferenciar los costos y etapas de implementación.

Tramo #1 : Nodo - Gabinete # 2 (Dirección Técnica)				
Descripción	Costo unitario	Metros cantidad	o Varillas	Total
Bandeja Portacables Metálica 60mm x 150 m	\$ 52 x varilla 2.45 m	70	29	\$ 1,510
Curvas Ajustables	\$52	23		\$ 1,200
Grampas de Fijación y varillas roscadas	\$4.3	87		\$ 375
Total				\$ 3,085



Tramo #2 : Nodo - Gabinete # 3 (Edificios)				
Descripción	Costo unitario	Metros o cantidad	Varillas	Total
Bandeja Portacables Metálica 60mm x 150 m	\$ 52 x varilla 2,45 m	40	16	\$ 832
Curvas Ajustables	\$ 52	14		\$ 728
Grampas de Fijación y varillas roscadas	\$ 4.3	87		\$ 374.1
Total				\$ 1,934

Tramo #3 : Gabinete #3 - Gabinete # 4 (Dirección General)				
Descripción	Costo unitario	Metros o cantidad	Varillas	Total
Bandeja Portacables Metálica 60mm x 100 mm	\$ 46.4 x varilla 2,45 m	33	13	\$ 603.2
Curvas Ajustables	\$ 48	4		\$ 192
Grampas de Fijación y varillas roscadas	\$ 4.32	39		\$ 168.48
Total				\$ 963.68

Síntesis de los Costos (cableado troncal)	
Tramo #1 : Nodo - Gabinete # 2 (Dirección Técnica) Tiempo estimado de ejecución: 2 semanas	\$ 3,085
Tramo #2 : Nodo - Gabinete # 3 (Edificios) Tiempo estimado de ejecución: 3 semanas	\$ 1,934
Tramo #3 : Gabinete # 3 - Gabinete # 4 (Dirección General) Tiempo estimado de ejecución: 2 semanas	\$ 963.68
Total	\$ 5,982.7

4.9.3 CABLEADO HORIZONTAL

El listado que se ofrece a continuación detalla los materiales y precios promedios en el mercado local, para el cableado horizontal en su fase (d) y se debe tomar como una referencia válida. Estos costos deberían ser financiados por la dependencia y como lo reflejan las siguientes cifras, se trata de una inversión menor.



Capítulo 4
“Diseño de la red con Cableado Estructurado para la DGOP”

Recursos Humanos (18 puertos)			Recursos Financieros (17 puerto)		
Tiempo de Ejecución	1.5 semana		Tiempo de Ejecución	1.5 semana	
cable UTP	500	\$840,00	cable UTP	300	\$504,00
cable canal 2x2	20	\$54,00	cable canal 2x2	19	\$51,00
cablecanal4x6	25	\$270,00	cablecanal4x6	18	\$183,00
cajas dobles cat5 pouyet	10	\$540,00	cajas dobles cat5 Pouyet	9	\$486,00
módulos para panel	18	\$972,00	módulos para panel	17	\$275,40
fichas rj45	16	\$51,84	fichas rj45	14	\$42,84
	TOTAL	\$2727,00		TOTAL	\$1542,00
Dirección Técnica (34 Puertos)			Servicios Generales (20 puertos)		
Tiempo de Ejecución	2 semanas		Tiempo de Ejecución	1.5 semana	
cable UTP	600	\$1020	cable UTP	450	\$765,00
cable canal 2x2	24	\$61,20	cable canal 2x2	19	\$48,45
Cablecanal4x6	38	\$387,60	cablecanal4x6	30	\$306,00
cajas dobles cat5 pouyet	17	\$867,00	cajas dobles cat5 pouyet	12	\$612,00
módulos para panel	27	\$413,10	módulos para panel	20	\$306,00
fichas rj45	30	\$91,80	fichas rj45	20	\$61,20
	TOTAL	\$2840,70		TOTAL	\$2100,00
Unidad de Presupuestos (18 Puertos)					
Tiempo de Ejecución	1.5 semana				
cable UTP	450	\$765,00			
cable canal 2x2	20	\$54,00			
Cablecanal4x6	25	\$270,00			
cajas dobles cat5 POUYET	10	\$540,00			
módulos para panel	18	\$972,00			
fichas rj45	16	\$51,84			
	TOTAL	\$2653,00			
Materiales extra compartidos					Precio
Panel de Puenteo de 19" 24 puertos cat 5 Pouyet	24	Recursos Humanos, Recursos Financieros y Dirección Tecnica			\$204,00
Panel de Puenteo de 19" 24 puertos cat 5 Pouyet	24	Servicios Generales y Unidad de presupuesto			\$204,00
		Cantidad			
Tornillos , arandelas, taquetes	500				\$170,00
					\$578,00



Capítulo 4
“Diseño de la red con Cableado Estructurado para la DGOP”

Dirección de Escuelas (25 puertos)			Dirección de Infraestructura (33 puertos)		
Tiempo de Ejecución	2 semanas		Tiempo de Ejecución	2 semanas	
cable UTP	500	\$850,00	cable UTP	600	\$1020
cable canal 2x2	19	\$48,45	cable canal 2x2	24	\$61,20
Cablecanal4x6	30	\$306,00	cablecanal4x6	38	\$387,60
cajas dobles cat5 POUYET	12	\$612,00	cajas dobles cat5 POUYET	17	\$867,00
módulos para panel	20	\$306,00	módulos para panel	27	\$413,10
fichas rj45	20	\$61,20	fichas rj45	30	\$91,80
	TOTAL	\$2183,70		TOTAL	\$2840,70

Dirección de Edificios (41 puertos)			Dirección General (6 puertos)		
Tiempo de Ejecución	2.5 semanas		Tiempo de Ejecución	2 días	
cable UTP	745	\$1266,50	cable UTP	300	\$476,00
cable canal 2x2	29	\$74,00	cable canal 2x2	20	\$51,00
Cablecanal4x6	20	\$204,30	cablecanal4x6	25	\$255,00
cajas dobles cat5 POUYET	14	\$714,00	cajas dobles cat5 POUYET	3	\$153,00
módulos para panel	41	\$627,30	módulos para panel	6	\$91,80
fichas rj45	201	\$615,00	fichas rj45	16	\$49,00
	TOTAL	\$3500,00		TOTAL	\$1075,80

Informática (16 Puertos)		
Tiempo de Ejecución	1,5 semanas	
cable UTP	300	\$476,00
cable canal 2x2	16	\$40,80
Cablecanal4x6	20	\$204,00
cajas dobles cat5 POUYET	7	\$357,00
módulos para panel	16	\$244,80
fichas rj45	56	\$171,36
	TOTAL	\$1494,00

Materiales extra compartidos		Precio
Panel de Punteo de 19" 24 puertos cat 5 Pouyet	Para Sistemas Sitio A, B y C	\$204,00
Panel de Punteo de 19" 24 puertos cat 5 Pouyet	Electrónica	\$204,00
	Cantidad	
Tornillos , arandelas, taquetes	500	\$170,00
	Total	\$578,00



Este cálculo incluye los materiales requeridos para cablear el tramo que va desde el gabinete de telecomunicaciones (TC), desde donde se efectúa la distribución hasta las áreas de trabajo correspondientes, incluyendo a las herramientas necesitadas como queda reflejado en los cuadros anteriores.

A continuación se ofrece de forma sintética los costos de materiales (por cada puesto de trabajo u boca de datos), en base a los cableados proyectados y los implementados en la etapa preliminar, de modo que los montos resultantes son referentes para el resto de las áreas pendientes de cálculo.

Síntesis de los Costos por toma de datos (cableado horizontal)	
Costo promedio máximo (c/u)	\$105,75
Costo promedio mínimo (c/u)	\$ 89,89
Costo Promedio General (c/u)	\$ 97.82
Tiempos de ejecución (variable entre 3 - 20 días)	
Costo estimado para 261 terminales	\$25531,00

Los tiempos de ejecución para el cableado por cada área de trabajo, oscilan entre los 3 días y 20 días, según la complejidad física del sitio y se toman a partir de la disponibilidad efectiva de todos los materiales

Estos son precios provisionales, los valores definitivos resultarán de la selección del proveedor y podrían ser sensiblemente inferiores al obtener descuentos del orden del 10% al 15%, disminuyendo de este modo el costo de la inversión a realizar. Desde luego que existen alternativas más baratas y más caras respecto del equipamiento seleccionado, pero las razones de tal elección ya fueron explicadas anteriormente, quedando ahora sólo la tarea de obtener la aprobación del presupuesto por Gobierno del Distrito Federal.

4.10 Equipos y costos para completar fase (e)

Para la selección de la marca y los equipos de interconectividad se tuvieron en cuenta la necesidad de expansión a futuro, el rendimiento, el ancho de banda para aplicaciones y, por supuesto, su costo.

Entre las múltiples marcas evaluadas (Intel, 3Com, Cabletron, Baynetwork, Dell, Cisco, etc), se decidió emplear la solución de equipamiento que nos brinda la marca 3Com, que tiene amplia representación y soporte técnico de las garantías en el país. Esta marca está situada a nivel costos con precios en el nivel medio respecto a otras marcas y la calidad técnica de sus equipos es elevada.

A modo de comparación, podemos citar, por ejemplo, el costo de \$9,347 de un Hub Cisco Catalyst de 24 puertos contra los \$5,327 de un "Hub" 3Com también de 24 puertos. En realidad la comparación es incompleta debido a que la electrónica de estos equipos es diferente, pero válida si tenemos en cuenta que el resultado final, a nivel del usuario, sería el mismo.



El hecho de haber adoptado una marca en particular (3Com), implica que de aquí en más, la mayoría de los equipos destinados a los "racks" deben ser del mismo fabricante. Para ser más específicos, podemos afirmar que el 100% de los "Switches" y los "Hubs" para los "racks" deben ser de la marca y serie adoptada, salvo consideraciones coyunturales que se encuentran fuera de la órbita técnica.

Una de las principales razones para continuar con la misma marca es el hecho de que, al expandir la capacidad de la red, por ejemplo conectando más terminales, cada fabricante dispone en sus equipos de conectores especiales para agruparlos en pila o "stack", manteniendo inalterada la estructura, el esquema de seguridad y el rendimiento de la red.

En el bosquejo de la figura 4.12, se ve que la electrónica de la red está concentrada en gabinetes de telecomunicaciones, allí se ubicarán los terminales provenientes de las áreas de trabajo agrupados físicamente en paneles de interconexión ("patch panels") que serán los que finalmente se interconecten al equipamiento activo. La figura 4.13, muestra el diagrama jerárquico.

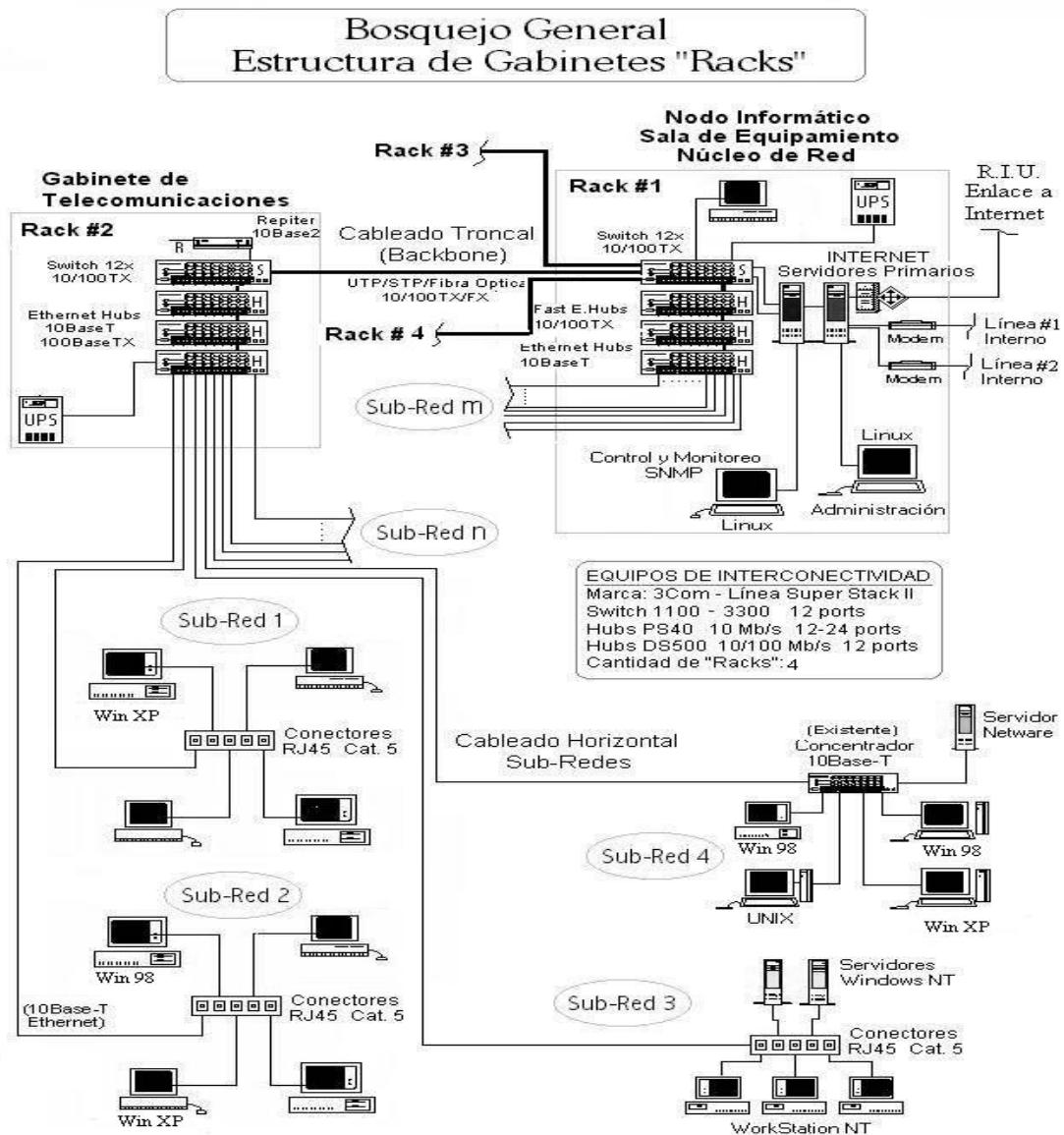


Fig.4.12 Electrónica de red en los Gabinetes

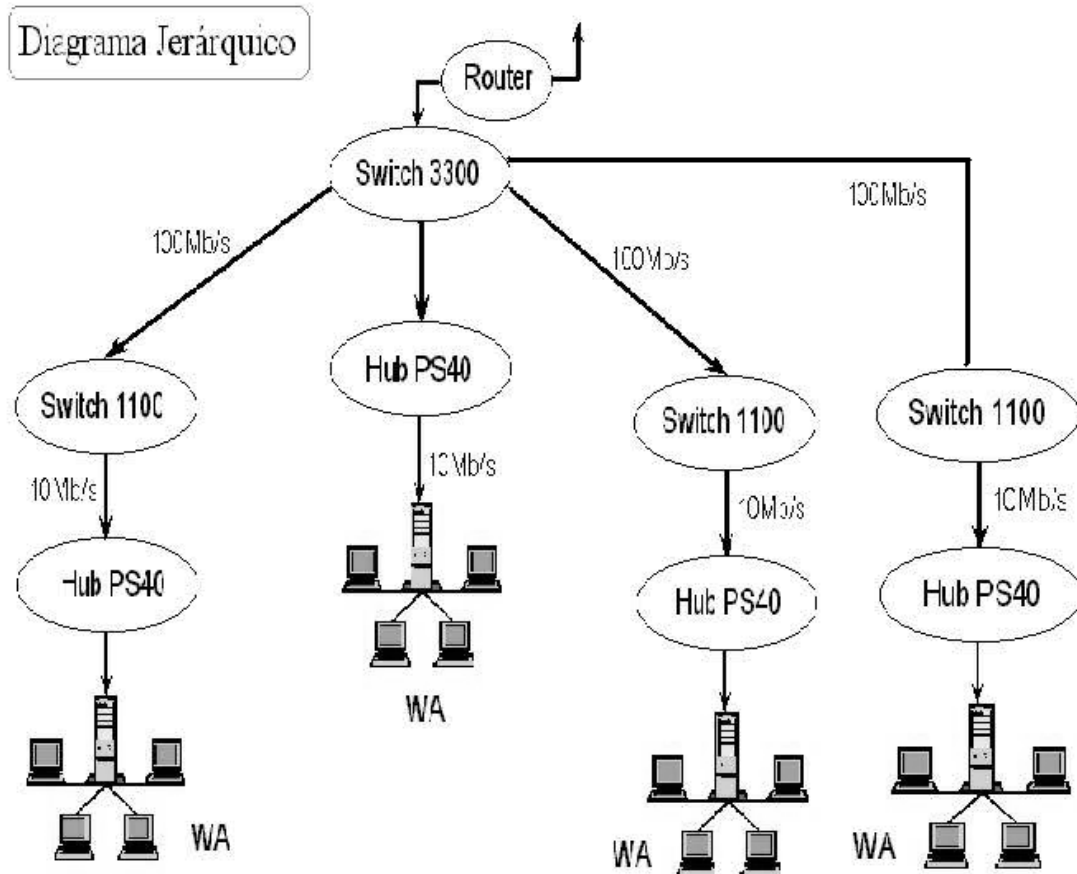


Fig.4.13 Diagrama Jerárquico

4.11 Detalle de los gabinetes de comunicaciones

A continuación pongo un listado con el detalle de los gabinetes en su configuración final. Se han tomado como referencia precios promedios del mercado nacional, válidos al estimar el costo de la inversión a realizar en equipos y accesorios.

Gabinete #1 (Principal)			
Núcleo de la Red			
Ubicación: Edificio “I” (Área de Soporte Técnico)			
Código	Descripción	Destinado	Precio
3c16981	Switch 3300 de 12 puertos 10/100 Base Tx Autosensing Ports	Común a Todos	\$ 6,363
3c16406	Hubs PS40 de 24 puertos 10Mb/s	Recursos y materiales	\$ 2,190
3c16405	Hubs PS40 de 24 puertos 10Mb/s	Informática	\$ 2,190
3c16406	Hubs PS40 de 24 puertos 10Mb/s	Caseta de coordinación y seguimiento	de \$ 2,190 de
3c16406	Hubs PS40 de 24 puertos 10Mb/s	Unidad de almacén y bodegas	\$ 2,190



Capítulo 4
“Diseño de la red con Cableado Estructurado para la DGOP”

RD-4021	Gabinete con puertas de vidrio (47u) marca syscom	Común a Todos	\$ 2,163
BCC P 33 160 A5	2 Paneles de Interconexión "Patch Panel" para 32 puertos completo Pouyet	Común a Todos	\$ 1,100
Varios	100 Cables de Interconexión RJ45 - RJ45 AMP Cat 5 "Patch cords" 0.6m y 1.00m	Común a Todos	\$ 1,270
Costo Completo	Total estimado (110 puertos)		\$19,656

Gabinete #2			
Borde de la Red			
Ubicación: Edificio “D” Dirección General			
Código	Descripción	Destinado	Precio
3c16951	Switch 1100 de 12 puertos 10 Mb/s más 2 100 Base Tx Ports	Común a Sub-Redes #2	\$1,850
3c16406	Hubs PS40 de 24 puertos 10Mb/s	Subdirección de ingeniería	\$2,190
3c16406	Hubs PS40 de 24 puertos 10Mb/s	Subdirección de obras especiales	\$2,190
3c16405	Hubs PS40 de 12 puertos 10Mb/s	Unidad de adquisiciones	\$1,735
RD-3021s	Gabinete con puertas de vidrio (30u)	Común a Todos	\$1,837
BCC P 33 160 A5	2 Paneles de Interconexión "Patch Panel" para 32 puertos completo Pouyet	Común a Todos	\$1,100
Varios	60 Cables de Interconexión AMP Cat 5 "Patch cords" 0.5m y 1.00m	Común a Todos	\$762
Costo Completo	Total Estimado (65 puertos)		\$11,664

Gabinete #3			
Borde de la Red			
Ubicación: Edificio “A” Dirección Técnica			
Código	Descripción	Destinado	Precio
3c16951	Switch 1100 de 12 puertos 10 Mb/s más 2 100 Base Tx Ports	Común a Sub-Redes #3	\$1,850
3c16406	Hub PS40 de 24 puertos 10Mb/s	Recursos Humanos/ Recursos financieros	\$2,190
3c16406	Hub PS40 de 24 puertos 10Mb/s	Servicios generales/ Dirección técnica	\$2,190
3c164056	Hub PS40 de 24 puertos 10Mb/s	Subdirección Jurídica/	\$2,190



Capítulo 4
“Diseño de la red con Cableado Estructurado para la DGOP”

		unidad de presupuesto	
RE-3021s	Gabinete syscom con puertas de vidrio de (30u)	Común a Todos	\$1,837
BCC P 33 160 A5	2 Paneles de Interconexión "Patch Panel" para 32 puertos completo Pouyet	Común a Todos	\$1,100
Varios	60 Cables de Interconexión AMP Cat 5 "Patch cords" 0.5m y 1.00m	Común a Todos	\$ 762
Costo Completo	Total Estimado (75 puertos)		\$12,119

Gabinete #4			
Borde de la Red			
Ubicación: Edificio “C” Infraestructura y Edificios			
Código	Descripción	Destinado	Precio
3c16951	Switch 1100 de 12 puertos 10 Mb/s más 2 100 Base Tx Ports	Común a Sub-Redes #4	\$1,850
3c16406	Hub PS40 de 24 puertos 10Mb/s	Dirección de escuelas	de \$2,190
3c16406	Hub PS40 de 12 puertos 10Mb/s	Dirección infraestructura	de \$1,735
3c164056	Hub PS40 de 12 puertos 10Mb/s	Dirección edificios	de \$1,735
RE-3021s	Gabinete syscom con puertas de vidrio de (30u)	Común a Todos	\$1,837
BCC P 33 160 A5	2 Paneles de Interconexión "Patch Panel" para 32 puertos completo Pouyet	Común a Todos	\$1,100
Varios	60 Cables de Interconexión AMP Cat 5 "Patch cords" 0.5m y 1.00m	Común a Todos	\$762
Costo Completo	Total Estimado (50 puertos)		\$11,210

Síntesis de los Costos del Equipamiento (Requerimientos mínimos)	
	Costo
Gabinete de Telecomunicaciones #1	\$ 19,656
Gabinete de Telecomunicaciones #2	\$ 11,664
Gabinete de Telecomunicaciones #3	\$ 12,119
Gabinete de Telecomunicaciones #4	\$ 11,210
Costo Global	\$ 54,649



4.12 Cuidados y mantenimiento de la red

Debido a que los equipamientos de la red no son componentes triviales ni baratos, deberá prestarse especial atención en su cuidado y mantenimiento, que incluye desde la electrónica de la red hasta las tomas en las áreas de trabajo. Una red, como la propuesta, es lo suficientemente compleja y delicada como para justificar personal con dedicación específica a su mantenimiento.

Se requerirá de personal especializado para manipular estos equipos críticos de muy alto valor. Es recomendable la designación de un técnico con orientación electrónica - informática para tal fin, que garantice la operatividad en los niveles físicos y de enlace de la red global de la Dirección General de Obras Públicas.

De esta forma todos los usuarios tendrán garantizado el buen funcionamiento del sistema físico, es decir, asegurada la conectividad, evitando al mismo tiempo, intromisiones y manipulaciones no deseadas del sistema que hagan peligrar su integridad y con la de éstos los servicios en funcionamiento.

4.13 Licitación

Para buscar quien realice los trabajos de instalación se necesita hacer un tipo de concurso, al cual se llama licitación. Las adecuaciones de infraestructura auxiliar juegan un papel vital en la ruta crítica de implementación del proyecto de aplicación del cableado estructurado para la Dirección General de Obras Públicas. A continuación se enlistan los objetivos de esta parte del proyecto.

- Entregar el número requerido de nodos de cableado estructurado para usuarios por inmueble. Se deben de considerar los accesorios y canalizaciones necesarias.
- Ajustar las capacidades actuales de los centros de carga, para soportar a los nuevos equipos.
- Verificar y en su caso ajustar los sistemas de tierra física para los equipos y cableado estructurado.
- Proporcionar los cordones de parcheo y cables coaxiales requeridos para interconectar los equipos activos de datos, seguridad, tráfico, respaldo de energía y videoconferencia.
- Asegurar el respaldo de energía de hasta 5 minutos para los equipos de datos, seguridad, tráfico y videoconferencia.
- Implementar los enlaces de fibra óptica requeridos para interconectar los equipos de datos en configuración de campus.
- Implementar los requerimientos específicos como son: nodos de cableado con cable CMP, recubrimientos antifuego para sites, mallas de tierra física, puntos de consolidación y registros en plafond ciego.

El proveedor proporcionará al instituto los servicios de instalación de cableado estructurado de datos y eléctrico que conforman la presente propuesta de licitación, operando de manera óptima permitiendo a la dependencia contar con estos servicios para agilizar sus procesos operativos, para lo cual, se incluyen los siguientes conceptos:



Capítulo 4

“Diseño de la red con Cableado Estructurado para la DGOP”

- a) Suministro, instalación y puesta en operación de los servicios de cableado estructurado de datos y eléctrico ofertados.
- b) La instalación de los servicios de cableado ofertado se integrarán a la infraestructura de red local existente en los inmuebles involucrados.
- c) La entrega-recepción de la instalación del cableado, se llevará a cabo hasta la conclusión total del mismo, al personal de telecomunicaciones, coordinadores delegacionales de informática o personal de conservación del área contratante.



CONCLUSIÓN

El capital que puede presupuestar en la realización del cableado estructurado para la Dirección General de Obras Publicas (DGOP) no debe considerarse como un gasto sino como una inversión muy importante en infraestructura, la cual ayudara en el mejoramiento de las funciones operativas y administrativas. La flexibilidad que va proporcionar el cableado estructurado permitirá tener siempre la oportunidad de tener actualizado la red de datos interna de la DGOP, además se podrá implementar una red virtual de voz (VPN, virtual phone net) u otras tecnologías de red

La DGOP necesitaba un diseño de red, para que cumpliera los intereses que demanda hoy en día las tecnologías de la información. Tal vez los componentes electrónicos que se proponen en este proyecto no son los de vanguardia, pero son lo adecuado para tener a esta dependencia de gobierno comunicada con otras dependencias, así como internamente. Por otro lado, se tendran que hacer unas adecuaciones en la infraestructura de los edificios ya que estos no fueron proyectados para implementar una este tipo de tecnologías de red.

La implementación del diseño del cableado estructurado, se vera reflejado en el funcionamiento integral de la DGOP, como, en la implementación de obra publica con mayor rapidez, los tramites burocráticos serán mas ágiles y menos tediosos. Otro beneficio será la comunicación con las otras dependencias de gobierno ligadas a la obra publica como las que se encuentran en el metro zapata o en el zócalo capitalino logrando así ampliar proyectos de obra publica y disminución de ejecución de los mismos.

El levantamiento de información que se hizo para recabar los datos necesarios, para lograr el diseño adecuado de la red, se hizo de manera simple, ya que la DGOP es sitio relativamente pequeño, la información que se recabo fue la suficiente para lograr nuestro diseño.

Este diseño del cableado estructurado para la Dirección General de Obras Publicas tendrá que ser aprobado por la unidad de presupuesto del Gobierno del Distrito Federal, y deberá escoger el mejor contratista para llevar acabo la instalación, con la mayor velocidad y calidad posible para que todas las áreas cuenten con este servicio de red, para así mejorar su funcionamiento. Al evaluarlo, debe tenerse en cuenta que se trata de una obra de infraestructura en la cual no deberían aplicarse criterios de ahorro innecesarios, más aún, teniendo en cuenta que la necesidad real existe.

Entre las diversas opciones de diseño consideradas, la que aquí se ha expuesto constituye una de las más óptimas para nuestro caso. Este esquema garantiza la expansión y escalabilidad gradual de ancho de banda a futuro. Si bien el equipamiento seleccionado asegura un troncal de 100 Mbps, en poco tiempo más podría ser actualizado, a través de la adquisición de módulos y equipos adicionales, a 1000 Mbps (Gigabit Ethernet), etc. De igual forma, serían actualizados los equipos destinados a las áreas de trabajo desde Ethernet en 10 Mbps a Fast Ethernet en 100 Mbps.



La consideración de utilizar fibra óptica para unir los cuatro gabinetes en la DGOP, sabiendo que la distancia que soporta entre cada uno de ellos es 300m. utilizando ya sea cable coaxial o bien cable UTP. Fue previniendo una atenuación en la señal o bien ruido, y así se asegura la excelente transmisión de señal, con un ancho de banda bastante amplia, la cual podría utilizarse en una aplicación posterior, como utilizar una tecnología de telefonía virtual (VPN, virtual phone) que se esta implementando en otras instituciones gubernamentales, la cual utilizan par tener comunicación en toda la republica mexicana y con todas sus dependencias.

Para poder aplicar Fast Ethernet tambien se debe considerar el equipo de computo que utilizan todos los usuarios de la DGOP. Por que en el diseño propuesto se hace una consideración de que las computadoras que trabajan con un procesador Pentium y con un sistema operativo de Windows 95 pueden trabajar bien dentro del ambiente Ethernet, si bien, el procesador y el sistema operativo no afecta directamente en la transmisión de datos, si lo hace en procesamiento de estos, lo cual hace que aunque se tenga la velocidad de transmisión de 10 Mbps o se proyecte a 100Mbps.

La DGOP cuanta ahora con un porcentaje muy bajo de computadoras Epson 5500 que fueron las primeras computadoras que utilizo la dependencia, y están siendo remplazadas con computadoras Compaq, Dell y HP con procesadores Pentium 4 con memoria RAM de 500, estas ya son un 90% del equipo con el que cuentan todas las áreas.

Con el mejoramiento continuo del equipo de computo y la electrónica de red, lograra que la aplicación del cableado estructurado para la Dirección General de Obras Publicas rinda por muchos años, además de poder en un futuro ampliar su cobertura, funcionalidad y eficiencia.

Bibliografía

- SISTEMAS TELEMATICOS, Autor José Manuel Huidobro, Editorial Thomson Learning Ibero, 2005
- TECNOLOGIAS Y REDES DE TRANSMISION DE DATOS, Autor Enrrique Herrera Pérez, Editorial Limusa, 2003
- SISTEMAS DE COMUNICACIONES ELECTRONICAS, Autor Wayne Tomasi, editorial Pearson Educación, 2003
- OPTICAL COMMUNICATION SYSTEMS, 2d ed., Gowar John Hempstead, UK: Prentice-Hall, 1993.
- OPTICAL SWITCHING AND NETWORKING HANDBOOK, Bates, Regis J New York: McGraw-Hill (2001).
- INTRODUCCIÓN A LA INGENIERIA DE FIBRA OPTICA, Rubio Martínez Baltasar, Madrid: Ra-Mac, 1994.
- INTRODUCCIÓN A LA FIBRA OPTICA Y LASER, Edward I. Safford; tr por Jose Manuel Nobre García, Madrid: Paraninfo, 1988.
- REDES DE COMPUTADORAS tercera ed., Andrews Tanenbaum, Pearson Educación, 1997.
- TELECOMMUNICATIONS PROTOCOLS AND DESIGN, Jhon D. Spragins, Joseph I, Hammond, Ed Addison Wesley, 2000.

Paginas WEB

www.alcatel-lucent.com

www.3m.com

www.condumex.com.mx

www.uady.mx

www.cisco.com