

11126  
37



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN

**"TELEFONÍA DIGITAL Y RDSI.  
PAR TRENZADO, CABLE COAXIAL Y  
FIBRA ÓPTICA EN LAS REDES DE DATOS."**

## TRABAJO DE SEMINARIO

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :  
**MARIO ISRAEL GUERRERO RAMÍREZ**

ASESOR: ING. JOSÉ LUIS BARBOSA PACHECO

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO,

2003

A

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



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.

# PAGINACIÓN DISCONTINUA

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
P R E S E N T E

ATN. Q. Ma. del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario

Telefonía Digital y RDSI

"Por trenzado, cable coaxial y fibra óptica"  
en las redes de datos"

que presenta el pasante Mario Israel Guerrero Ramírez  
con número de cuenta: 9225648-3 para obtener el título de  
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO

A T E N T A M E N T E

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 20 de Enero de 2003

MODULO

PROFESOR

FIRMA

I

Ing. José Luis Rivera López

II

Ing. José Luis Barbosa Pacheco

IV

Ing. Vicente María González

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Con respeto y cariño:

A Dios que me dio vida y salud para poder concluir el objetivo de tener una preparación universitaria.

A mis padres Teresa y Mario quienes con su amor, esfuerzo y sacrificio, me apoyaron en mis estudios y confiaron en mí en todo momento.

A mis hermanos Nancy y Ricardo por compartir conmigo los logros que he obtenido.

A la Universidad por darme la oportunidad de realizar mis estudios en sus instalaciones y brindarme una formación cultural ética y profesional

TESIS CON  
FALLA DE CUBRER

**INDICE**

<i>Capítulo</i>	<i>Página</i>
Prefacio .....	<i>i</i>
Introducción.....	<i>iii</i>
<b>I</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN GUIADOS.</b>
I.1	Parámetros primarios y secundarios. .... 1
I.2	El ruido en los medios. .... 6
I.3	Distorsión, diafonía y eco..... 10
<b>II</b>	<b>PAR TRENZADO.</b>
II.1	Tipos de par trenzado..... 19
II.2	Características de par trenzado UTP..... 20
II.3	Características de par trenzado STP..... 26
II.4	Ventajas y desventajas del UTP y STP..... 30
II.5	Aplicaciones principales. .... 31
<b>III</b>	<b>CABLE COAXIAL.</b>
III.1	Tipos de cable coaxial. .... 34
III.2	Características del cable coaxial. .... 37
III.3	Ventajas y desventajas del cable coaxial. .... 41
III.4	Aplicaciones principales. .... 43

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## IV - FIBRA ÓPTICA.

IV.1 Tipos de fibra óptica.....	45
IV.2 Características de la fibra óptica.....	49
IV.3 Ventajas y desventajas de la fibra óptica.....	57
IV.4 Aplicaciones principales.....	58
Conclusiones.....	61
Anexo A.....	63
Bibliografía.....	68
Referencias.....	69

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Prefacio**

Una de las interrogantes principales que se presentan al realizar el tendido de la red, es decir, el cableado es ¿qué medio de transmisión es el más adecuado para la red de comunicación que se empleará? Ya que por un lado el cableado es el sistema que durante más tiempo permanecerá en la red y por otro lado si bien el sistema de cableado representa sólo el 5% de la inversión total, aquí es donde se presentan el 70% de las fallas en la infraestructura.

Es por lo anterior que es importante realizar un minucioso análisis de las opciones que existen, ya que no solamente el costo será el único punto a tomar en cuenta, sino que también se examinarán factores como la tendencia de la tecnología, el tráfico de información, el tipo de conexión etc.

De tal forma que presentar un enfoque diferente sobre el sistema de cableado puede dar al estudioso del tema una panorámica diferente al poner en sus manos las características de los medios de transmisión que más éxito han mostrado a lo largo de la historia de las comunicaciones. Pero no únicamente las características, sino que también ventajas al igual que las desventajas que presentan en el campo cada uno de los medios en estudio y las aplicaciones donde más auge han logrado.

Es por eso que tomando en cuenta lo que interviene en el proceso de selección de la más adecuada opción se presenta el siguiente trabajo con la finalidad de ofrecer a todos los interesados en el tema una visión sencilla y objetiva de lo que conocemos como par trenzado, cable coaxial y fibra óptica, que lejos de desplazar unas a otras, han podido cohabitar entre sí en el mundo de la comunicación, dando así una diversificación en la elección de estos.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Este trabajo no pretende proporcionar una preferencia por algún medio en particular, por el contrario intenta mostrar la versatilidad que hoy en día existe para la implementación de las autopistas de la comunicación.

## Introducción

Desde el comienzo de la historia del ser humano, uno de los factores que han constituido y constituye un elemento vital para la evolución y el desarrollo de la humanidad es la comunicación.

La comunicación requiere de un sistema básico para poder llevarse a cabo, este sistema básico de comunicación consta de tres elementos que son: **emisor**; que es el elemento que realiza el mensaje en el sistema, el **receptor**; es otro elemento de este sistema que será quien recibe el mensaje enviado por el emisor, pero para que el mensaje llegue a su destino se requiere de un tercer elemento, el elemento que nos va a permitir entablar ese envío y recepción de los mensajes es el **medio de transmisión**. El medio de transmisión de un sistema de comunicación es el elemento que va a cerrar el círculo de la comunicación.

Las comunicaciones a distancia modernas comenzaron en 1830 con la utilización del *Telégrafo*, que permitió diversos tipos de comunicaciones digitales utilizando códigos como el *Morse* inventado por Samuel F. B. Morse en 1820. Con el telégrafo, los puntos y rayas del código se transmitían a través de un cable de hierro utilizando la inducción electromecánica.

Los cables de hierro que llevaban mensajes telegráficos no pueden soportar las frecuencias necesarias para acarrear a largas distancias las llamadas telefónicas sin pasar por severas distorsiones. Por eso los ingenieros y tecnólogos desde mediados de siglo empezaron a desarrollar nuevas tecnologías de transmisión en la búsqueda por encontrar materiales conductores capaces de soportar transmisiones de altas frecuencias, resistentes a temperaturas variables y condiciones ambientales.

En los setenta, con los cada vez mayores requerimientos de capacidad de conducción de las empresas telefónicas y el surgimiento de la industria de la televisión por cable el requerimiento de ancho de banda aumentó considerablemente.

Actualmente se requiere de medios que puedan soportar grandes anchos de banda para poder transmitir sin problemas voz, datos y video. Y conforme pase el tiempo los medios tenderán a soportar frecuencias extremadamente altas para poder realizar este tipo de comunicaciones en el menor tiempo y con la mayor calidad posible para las diferentes distancias requeridas.

Por otro lado los sistemas de comunicaciones en la actualidad se han diversificado debido a los diferentes fabricantes de nuevas tecnologías. Esto ha permitido que los medios de transmisión también se desarrollen, ocasionando que se manejen normas y parámetros para la debida elección e instalación del medio de transmisión, ya que el costo, eficiencia, capacidad, entre otros aspectos definirán en una u otra forma una mejor solución para el sistema de comunicación de que se trate.

Es por eso que a continuación se presenta la información más relevante de los medios de transmisión que hasta la fecha más se ocupan en el campo de las comunicaciones, dando un enfoque de aplicación de cada uno de éstos. De la misma forma se dan a conocer los parámetros y características más importantes a considerar en un medio de transmisión real.

**Capítulo I****CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN GUIADOS.****1.1 Parámetros primarios y secundarios.**Parámetros primarios.

Uno de los fundamentos naturales de los medios de transmisión y que los tecnólogos se han dedicado a investigar es elegir la mejor forma para realizar transmisiones ya sean analógicas, digitales, en distancias largas o cortas, estas investigaciones nos han llevado a utilizar señales eléctricas por medios conductores, o señales ópticas por medios reflejantes.

Así es que a partir de este fundamento podemos definir a una línea de transmisión como un sistema conductor que se utiliza para transferir energía de un lugar a otro. Más específicamente para el caso de señales eléctricas, una línea de transmisión son dos o más hilos conductores separados por un aislante.

De tal manera que las características de una línea de transmisión se determinan por sus propiedades eléctricas, como la conductancia de los cables y la constante dieléctrica del aislante, y sus propiedades físicas, como el diámetro del cable y los espacios del conductor, por nombrar algunas.

Estas propiedades, a su vez, determinan los parámetros primarios de la línea, los cuales se describen a continuación:

- Resistencia
- Inductancia en serie

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- Capacitancia en derivación
- Conductancia en derivación

Estos parámetros no se encuentran concentrados en un punto, sino repartidos a lo largo de la línea de una manera uniforme.

a) **Resistencia.**

Su símbolo es R y se define como la resistencia que en un kilómetro de línea opone al paso de la corriente eléctrica. Se mide en ohm/km.

Su valor depende de las siguientes características:

- ✓ Material del que está hecho el conductor
- ✓ Diámetro del conductor
- ✓ Frecuencia de la corriente eléctrica que recorre el conductor

De estas tres características la primera y la segunda dependen estrechamente de la expresión:

$$R = \varphi \cdot \frac{L}{S}$$

En donde:

R: resistencia del conductor

$\varphi$ : resistividad del conductor

L: longitud

S: área de la sección transversal

Sin embargo, la tercera característica es función del efecto Kelvin o efecto pelicular, por el cual, a medida que aumenta la frecuencia de la corriente que circula por el conductor la densidad de corriente tiende a disminuir en el centro y a aumentar por la periferia del conductor, con lo que el efecto final es similar a una disminución de la sección del conductor con el consiguiente aumento de resistencia.

*b) Inductancia.*

Su símbolo es una  $L$ . Se mide en henrios/km. Se produce por el hecho de que la corriente que circula por el cable es una corriente alterna. Ésta corriente alterna crea un flujo variable y como consecuencia una fuerza contraelectromotriz (f.c.e.m.) que se opone a las variaciones de corriente y por tanto a su circulación.

*c) Capacitancia.*

Su símbolo es  $C$  y se mide en microfaradios/km. Se origina como consecuencia de que en un circuito eléctrico siempre existen dos conductores separados por un aislante, generalmente aire o material plástico, lo cual siempre constituye un condensador, que está distribuido a lo largo de la línea. Ésta capacidad aumenta con el diámetro de los conductores y disminuye al aumentar la separación entre éstos.

*d) Conductancia.*

Su símbolo es  $G$  y este parámetro es debido a que entre los dos conductores que forman la línea, su aislamiento nunca es perfecto y siempre se presentan fugas de corriente. Entonces la resistencia entre ambos conductores, que debiera ser infinita, no lo es, y por lo tanto se derivará por esa resistencia una parte de la

corriente que circula por la línea. Así pues, la conductancia puede considerarse como la inversa de la resistencia y por tanto se expresa en mhos/km.

Los parámetros de resistencia e inductancia se presentan a lo largo de cada hilo conductor mientras que los parámetros de capacitancia y conductancia se presentan entre dos hilos conductores.

#### Parámetros secundarios.

A partir de los cuatro parámetros primarios descritos anteriormente se obtienen los parámetros secundarios de una línea de transmisión y principalmente son los siguientes:

- Impedancia característica.
- Constante de propagación.

##### *a) Impedancia característica.*

Para una máxima transferencia de potencia, desde la fuente de carga, una línea de transmisión debe terminarse en una carga puramente resistiva igual a la *impedancia característica* de la línea.

La impedancia característica ( $Z_0$ ), de una línea de transmisión es una cantidad compleja que se expresa en ohms, que idealmente es independiente de la longitud de la línea.

La impedancia característica viene determinada por la expresión:

$$Z_0 = \sqrt{(R + j\omega L)/(G + j\omega C)}$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Se define como la impedancia que se ve desde una línea infinitamente larga o la impedancia que se ve desde el largo finito de una línea que se termina en una carga totalmente resistiva igual a la impedancia característica de la línea.

Ahora bien, en las líneas de buena calidad, con bajo valor de resistencia y perfecto aislamiento, podemos despreciar a R y a G con lo que la expresión se reduciría a:

$$Z_0 = \sqrt{L/C}$$

La impedancia característica tiene un valor importante en los circuitos de transmisión, ya que si los equipos terminales a los que se acoplan no están diseñados para la misma impedancia se producirán reflexiones y por tanto atenuaciones de la señal en la línea.

#### ***b) Constante de propagación.***

Al aplicar una señal en el origen de una línea, y propagarse ésta hacia el extremo de la línea, la señal se verá afectada por los parámetros primarios de modo que la resistencia de la línea producirá una caída de tensión, la conductancia por su parte producirá un debilitamiento de la corriente que circula. Por tanto, entre la resistencia y la conductancia provocan una disminución de la energía aplicada en origen, definida por la *constante de atenuación*. La energía perdida (diferencia entre la enviada y la recibida) se disipa en forma de calor.

Por otra parte la inductancia y la capacitancia no causan atenuación, porque acumulan energía un instante, pero la devuelven enseguida al circuito.

El efecto total, sin embargo, se traduce en un desfase de la onda primitiva por la constante de fase. Esta constante, como en la propagación de todo movimiento ondulatorio, determina la velocidad de propagación de la onda.

$$\gamma = \alpha + j\beta$$

Define la constante de propagación, que está formada por un número complejo, en el la parte real  $\alpha$  es la constante de atenuación y la parte imaginaria  $\beta$  es la constante de fase.

La velocidad de propagación de la señal se mide en km/s y es diferente para cada frecuencia y tipo de línea. La constante de fase se mide en radianes/km.

## 1.2 El ruido en los medios.

El éxito en la comunicación eléctrica depende de la exactitud con la que el receptor pueda determinar cual señal es la que fue realmente transmitida, diferenciándola de las señales que podrían haber sido transmitidas. Una identificación perfecta de la señal sería posible solo en ausencia de ruido y otras contaminaciones, pero el ruido existe siempre en los sistemas eléctricos y sus perturbaciones sobrepuestas limitan nuestra habilidad para identificar correctamente la señal que nos interesa y así, la transmisión de la información.

Las variaciones de ruido típicas son muy pequeñas, del orden de los microvolts. Si las variaciones de la señal son sustancialmente mayores, digamos varios volts pico a pico, el ruido puede ser ignorado. En realidad, en sistemas ordinarios bajo condiciones ordinarias, la relación señal a ruido es bastante grande para que el ruido no sea perceptible. Pero en sistemas de amplio régimen o de potencia

mínima, la señal recibida puede ser tan pequeña como el ruido o más. Cuando esto suceda, la limitación por ruido resulta muy real.

$$\frac{S}{N} \text{ (dB)} = 20 \log \frac{V_s}{V_n}$$

$$\frac{S}{N} \text{ (dB)} = 10 \log \frac{P_s}{P_n}$$

#### RELACIÓN SEÑAL - RUIDO

Es importante señalar que si la intensidad de la señal es insuficiente, añadir más pasos de amplificación en el receptor no resuelve nada; el ruido sería amplificado junto con la señal, lo cual no mejora la relación señal a ruido. Aumentar la potencia transmitida ayuda, pero la potencia no se puede incrementar en forma indefinida.

En el análisis final, dado un sistema con ancho de banda y relación señal a ruido fijos, existe un límite superior definido, al cual puede ser transmitida la información por el sistema. Este límite superior se conoce con el nombre de capacidad de información y es uno de los conceptos centrales de la teoría de la información. Como la capacidad es finita, se puede decir con apego a la verdad, que el diseño del sistema de comunicación es un asunto de compromiso; un compromiso entre tiempo de transmisión, potencia transmitida, ancho de banda y relación señal a ruido; compromiso de lo más restringido por los problemas tecnológicos.

Al tener las comunicaciones como fin, la transmisión de señales, bien de voz o de datos, es necesario que éstas lleguen al extremo receptor en las debidas condiciones de inteligibilidad. Para las comunicaciones de datos, los errores causados por ruido se manifiestan como bits adicionales o faltantes, o como bits cuyos estados se invierten (figura 1.1).

Considerando que el ruido puede provocar errores en la comunicación de datos, se puede definir al ruido como "señales eléctricas indeseables o perturbaciones naturales que introducen el equipo y degradan el rendimiento de una línea de comunicaciones".

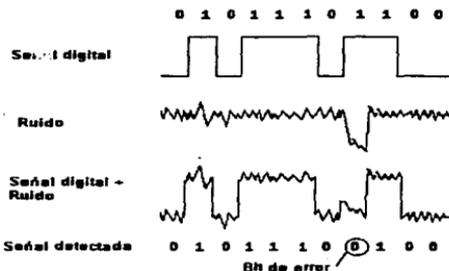


Figura 1.1. Efecto del ruido en la transmisión de datos.

Dada la definición de ruido en comunicaciones, se pueden describir algunos tipos de ruido que se combinan con las señales.

#### a) Ruido térmico o de resistencia.

El ruido térmico se produce en los conductores por la misma naturaleza del material, es decir, por la propia circulación de los electrones a través de los conductores metálicos, existiendo una relación entre este tipo de ruido y la temperatura que alcanza el conductor.

Todos los ruidos que tienen como origen la agitación térmica o la irritación de los cuerpos se llaman generalmente ruidos de agitación térmica, ruido Jonson, ruido errático o ruido blanco.

La expresión ruido blanco es la que se utilizará casi siempre y se define como todo ruido cuyo espectro se extiende uniforme a todo lo largo de la banda de frecuencias transmitida. La característica que lo define es que la potencia del ruido obtenida es proporcional a la anchura de la banda utilizada.

Este ruido se considera inevitable, pero por lo general no es un problema a menos que su nivel sea muy elevado.

***b) Ruido de fluctuación.***

El ruido de fluctuación puede ser natural (tormentas eléctricas, etc) o hecho por el hombre (encendido de motores, etc) y también se esparce sobre un amplio rango de frecuencias. Dicho ruido puede ser recogido por los aparatos y conductores que forman las líneas de transmisión. Una forma de reducir el ruido de fluctuación es teniendo bien aterrizados los equipos y que los conductores tengan una buena pantalla.

***c) Ruido de amplitud.***

Este ruido comprende un cambio repentino en el nivel de potencia, y es causado por amplificadores defectuosos, contactos sucios con resistencias variables. El ruido de amplitud no afecta las técnicas de modulación en frecuencia debido a que el equipo transmisor y receptor interpretan la información de frecuencia e ignoran la información de amplitud.

#### *d) Ruido de intermodulación.*

El ruido de intermodulación se produce cuando las señales de dos líneas independientes se intermodulan, es decir, que contienen señales que son sumas y diferencias de todas las frecuencias de las señales, así como sus armónicos, y forman un producto que cae dentro de una banda de frecuencias que difiere de ambas entradas, pero que puede caer dentro de una banda de una tercera señal. Un módem mal ajustado puede transmitir un tono de frecuencia intenso cuando no está transmitiendo datos, produciendo así este tipo de ruido.

#### *e) Ruido de impulsos.*

Es el principal causante de errores en la comunicación de datos. Es identificado como un "clic" durante las comunicaciones de voz. Este ruido provoca un error de ráfaga en donde dependiendo de la tasa de transferencia de información y la duración del impulso puede cambiar desde uno o dos bits, hasta decenas o centenas de éstos. Las principales fuentes de estos ruidos son cambios de voltajes en líneas adyacentes, falsos contactos y arcos eléctricos en los equipos de oficinas telefónicas antiguas.

### **1.3 Distorsión, diafonía y eco.**

#### Distorsión.

En cables y para frecuencias vocales se demuestra que tanto la constante de fase, como la velocidad de propagación aumentan en forma proporcional a la frecuencia. Es decir, las frecuencias superiores resultan más atenuadas y llegan antes al extremo receptor que las inferiores, aunque todas sean enviadas simultáneamente.

Este fenómeno produce en la práctica una *distorsión de retardo* y otra de *atenuación*, que puede hacer irreconocible para el oído una señal al ser reproducida, o también si se trata de transmisión de datos a través de un módem, el que éstos sean interpretados erróneamente en el extremo receptor.

Para poder detallar los tipos de distorsión que se presentan en las líneas se debe de definir lo que es la atenuación en la transmisión y ésta se deduce como "*la diferencia entre la potencia transmitida y la recibida debida a pérdidas en los equipos, líneas de transmisión u otros dispositivos de transmisión. La atenuación se mide en decibeles por distancia (dB/km)*".

#### *a) Distorsión por atenuación.*

La distorsión por atenuación ocurre cuando las altas frecuencias pierden potencia con mayor rapidez que las frecuencias bajas durante la transmisión, lo que puede hacer que la señal recibida sea distorsionada por una pérdida desigual de sus frecuencias componentes. La pérdida de potencia está en función del método y medio de transmisión. Además, la atenuación aumenta con la frecuencia e inversamente con el diámetro del hilo. Este problema se evita con estaciones repetidoras que refuercen la señal cuando sea necesario.

#### *b) Distorsión por retraso.*

La distorsión por retraso ocurre cuando una señal se retrasa más a ciertas frecuencias que a otras. Si un método de transmisión de datos comprende datos transmitidos a dos frecuencias distintas, los bits transmitidos a una frecuencia pueden viajar ligeramente más rápido que los transmitidos en otra.

Para evitar este inconveniente existe un dispositivo llamado igualador (o ecualizador) que compensa tanto la atenuación como la distorsión por retraso. Heaviside determinó la condición de:

$$\omega L/R = \omega C/G$$

Para que todas las señales de baja frecuencia se atenúen en la misma magnitud y se propaguen con igual velocidad.

Los parámetros secundarios de ésta línea ideal de mínima atenuación y sin distorsión son:

$$\begin{aligned} Z_0 &= \sqrt{R/G} = \sqrt{L/C} \\ \alpha &= \sqrt{RG} = R\sqrt{C/L} \\ \beta &= \omega\sqrt{CL} = \omega L\sqrt{G/R} \\ v &= \frac{1}{\sqrt{CL}} \end{aligned}$$

observando que:

- ✓  $\alpha$  y  $\beta$  no dependen de la frecuencia.
- ✓ La atenuación no sólo es menor que la normal, sino que además es la mínima posible.
- ✓ La impedancia característica es constante para todas las frecuencias y equivale a una resistencia pura (la fase es cero).

Ahora bien, como RC es mucho mayor que LG, y además no podemos disminuir (de forma económica admisible) los valores de R y C, la solución práctica es aumentar L enormemente.

De esta nueva condición, que es una aproximación de la de Heaviside, se deducen las siguientes formas aplicables a cables en los que L se ha aumentado artificialmente (se les denomina cables cargados) y se comportan de una forma aproximada a la situación ideal.

$$\begin{aligned}Z_0 &= \sqrt{L/C} \\ \alpha &= \gamma R \sqrt{C/L} \\ \beta &= \omega \sqrt{LC} \\ v &= 1/\sqrt{LC}\end{aligned}$$

Para aproximarse a la condición de Heaviside, se intercala por cada par de hilos una bobina cada cierta distancia. Este método es conocido como el de carga discontinua o pupinización.

La atenuación en estas condiciones es constante en la garna de frecuencias comprendidas en la banda de paso, que está limitada por la frecuencia de corte, ya que al mismo tiempo con este montaje se han intercalado en el cable una serie de filtros pasabajos que imposibilitan el uso de los pares o cuadretes donde se hayan montado las bobinas para el uso en frecuencias mayores de la frecuencia de corte.

Recordemos que la atenuación de un conductor aumenta al aumentar la frecuencia; entonces, en cables de elevada longitud y sin pupinizar, se produce una diferencia de atenuación entre las frecuencias bajas y altas. La amplitud de las frecuencias altas se debilita en comparación con la amplitud de las frecuencias bajas, haciéndose por tanto la voz más grave.

c) *Distorsión por cuantización.*

Antes de que las redes de telecomunicaciones estuvieran completamente digitalizadas, éstas consistían de una mezcla de equipo analógico y digital. Cada transición de equipo analógico a digital envuelve una conversión A/D, que también significa *cuantización*. La cuantización ocasiona una cierta distorsión de la curva de la voz, ya que sólo un limitado número de intervalos de cuantización son usados para describir la información.

Debido a que la distorsión por cuantización es acumulativa, hay un riesgo de que la calidad de la transmisión se degrade considerablemente si son realizadas muchas conversiones A/D.

La unidad *qd* es usada para medir la distorsión por cuantización sobre una conexión. Un *qd* es igual a la distorsión producida por una conversión A/D. La ITU-T recomienda un máximo de 14 *qd* en tráfico internacional. El objetivo es que valores que excedan los 5 *qd* nunca deben ocurrir en una red nacional. Sin embargo, a menos que la red haya sido completamente digitalizada, 7 *qd* serán permisibles en la interfase internacional.

**Diafonía.**

Puede considerarse también como otro tipo de ruido, ya que afecta a la inteligibilidad de la señal. Sin embargo, su origen se encuentra en el paso de la señal de información a otro sistema distinto. El problema es particularmente notable en transmisiones con conexiones de pares de cable. En el caso del cable coaxial, la diafonía debe ser considerada a frecuencias debajo de 60kHz. Arriba de 60kHz, la diafonía decrece con frecuencia y es difícil de medir a 500kHz. Pueden considerarse dos tipos distintos de diafonía:

- **Diafonía inteligible.** Es la que aparece en la misma banda del circuito interferido. Donde podemos entender el contenido de otra llamada.
- **Diafonía ininteligible.** Es la producida por varias señales, que sin contenido de información, influyen en la señal considerada. Tiene bastante similitud con el ruido y en muchos casos se confunde con el ruido de intermodulación. Lo que significa que la conversación en un canal adyacente altera al primero, aunque no podemos entender lo que se dice.

De estos dos, la diafonía inteligible es la más severa. La ITU-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones) recomienda un nivel de espaciamiento de al menos 52dB entre la muestra de nivel del tono recibido y el nivel de diafonía.

Otra forma de clasificar a la diafonía en función del nivel de señal nos dice que existen tres tipos de diafonía que son:

a) **Paradiafonía (NEXT, Near-end crosstalk).**

Se define como el intercambio de información que existe entre el elemento generador de la señal y el receptor de otro sistema de comunicación situado en el mismo punto del generador, es decir, ocurre entre pares de hilos que operan en direcciones opuestas.

En los circuitos físicos a dos hilos, en los que ambas direcciones de la conversación se transmiten por los mismos conductores, la paradiafonía tiene una gran importancia debido a la diferencia entre los niveles de emisión y recepción. Como la señal que se emite tiene un nivel mayor que la señal que se recibe, si cerca del emisor existe otro circuito distinto a un receptor, la señal que se pasa de un

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

sistema a otro, se recibirá en el receptor cercano como una señal de un nivel considerable respecto a la señal que recibe de su propio sistema (figura 1.2a).

**b) Telediafonía (FEXT, Far-end crosstalk).**

Se define como el intercambio de información que existe entre el elemento generador de la señal y el receptor de otro sistema de comunicación situado en el extremo opuesto al generador.

En contraste con el NEXT, la telediafonía nunca produce el mismo nivel de disturbio: la señal alterada decrece en fuerza a lo largo de la línea y da un nivel proporcionalmente más bajo de disturbio que el canal alterado (figura 1.2b).

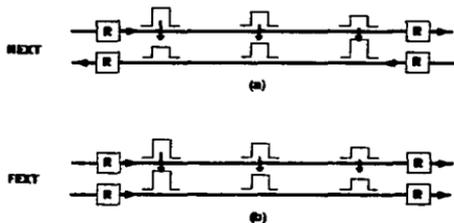


Figura 1.2. a) Diafonía NEXT en una línea.  
b) Diafonía FEXT en una línea.

**c) Telediafonía indirecta.**

Este tipo de telediafonía puede surgir de una paradiáfonía reflejada como consecuencia de una deficiente adaptación en el extremo próximo del conductor perturbado o en el extremo lejano del conductor perturbador.

Es de suma importancia que los equipos conectados al conductor tengan una impedancia igual a la impedancia característica del conductor.

### Eco.

El eco es la recepción de la información ya recibida pero con un cierto retraso (figura 1.3). El origen de este fenómeno es la presencia de uno o varios puntos de reflexión a lo largo de la línea. Si la señal del eco tiene la intensidad suficiente para que la pueda detectar el equipo de comunicaciones provoca errores.

La primera precaución a tomar para evitar el eco, es lograr la más perfecta adaptación posible a la línea en todos los puntos, siendo el efecto del eco más notorio cuando más largo es el circuito de transmisión, ya que los tiempos de propagación son apreciablemente más grandes.

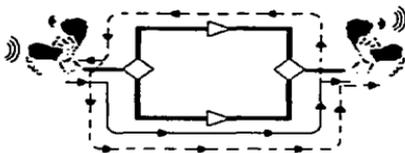


Figura 1.3. Eco en una línea telefónica.

Una técnica que puede utilizarse para localizar el deterioro de un cable metálico se llama *reflectometría del dominio del tiempo* (TDR). Con TDR, los deterioros en la línea de transmisión pueden localizarse en un radio de varios metros, en distancias de 15Km. TDR hace uso de la teoría, bien establecida, que dice que el deterioro de las líneas de transmisión, como cortos y circuitos abiertos, hacen que una porción de

la señal incidente regrese a la fuente. Cuando regresa, depende del tipo y de la magnitud del deterioro. El punto en la línea donde el deterioro se localiza representa una discontinuidad de la señal. Esta discontinuidad hace que una parte de la señal transmitida sea reflejada, en lugar de que continúe a lo largo del cable, sino regresa la energía, la línea está infinitamente larga o está terminada en una carga resistiva con una impedancia igual a la impedancia característica de la línea. TDR opera de forma similar a un radar. Un pulso de corta duración con un rápido tiempo de elevación se propaga a lo largo del cable; luego se mide el tiempo para que una porción de esa señal regrese a la fuente. Esta señal de retorno a veces también se llama eco.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Capítulo II****PAR TRENZADO.****II.1 Tipos de par trenzado.**

El medio de transmisión más viejo y todavía más común es el par trenzado (Twisted Pair). Este soporte, basado en hilos eléctricos, a menudo se utiliza para conectar el acoplador de una red local al terminal, o al soporte físico propiamente dicho, en distancias cortas. Se trata del soporte de transmisión más sencillo y utilizado.

Los hilos eléctricos pueden ser utilizados de varias formas. Generalmente se encuentran en forma de par de hilos de cobre (o a veces de aluminio), con un diámetro por lo general inferior al milímetro (0.4, 0.5, 0.6, ó 1 mm), protegidos por una cubierta aislante (figura 2.1). Los hilos se trenzan en forma helicoidal, el propósito es reducir la interferencia eléctrica de pares cercanos, es decir, el fenómeno NEXT debido a que constituyen una antena simple.



Figura 2.1. Estructura de un hilo conductor para par trenzado.

Los pares trenzados generalmente se agrupan en cables multipares. Los cables a menudo están protegidos por una cubierta de PVC (Policloruro de Vinilo) de un espesor aproximado de 1 milímetro.

El ancho de banda de un par trenzado depende de tres aspectos muy importantes como son: el grosor del cable, la longitud o distancia del cable, y los factores de ruido que lo afecten.

Existen cables de diferentes calidades que se pueden encontrar. Las variantes del cable par trenzado son:

- Par trenzado no blindado UTP (Unshielded Twisted Pair).
- Par trenzado blindado STP (Shielded Twisted Pair).
- Par trenzado forrado FTP (Foiled Twisted Pair) y ScTP (Screened Twisted Pair).

## 11.2 Características de par trenzado UTP.

La estructura de todos los cables UTP no difieren significativamente, aunque es cierto que cada fabricante introduce algunas tecnologías adicionales mientras los estándares de fabricación se lo permiten.

El cable está compuesto internamente por un conductor que es de cobre electrolítico recocido, de tipo circular, aislado por una capa de polietileno coloreado. Debajo del aislamiento coloreado existe otra capa de aislamiento también de polietileno, que contiene en su composición una sustancia antioxidante para evitar la corrosión del cable. El conductor sólo tiene un diámetro de

aproximadamente medio milímetro y más el aislamiento el diámetro puede superar el milímetro (figura 2.1).

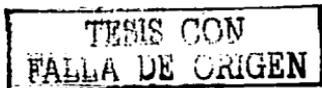
Sin embargo es importante aclarar que habitualmente este tipo de cable no se maneja por unidades, sino por pares y grupos de pares, paquete conocido como cable multipar.

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 ésta razón surge la necesidad de poder definir colores para los mismos que permitan al final de cada grupo de cables conocer cual cable va con cual otro. Los colores del aislamiento están normalizados a fin de su manipulación por grandes cantidades (figura 2.2).

Los cables una vez fabricados unitariamente y aislados, se trenzan por pares de acuerdo al color de cada uno de ellos, aún si 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. Los cables telefónicos pueden ser armados de 4, 6, 10, 18, 20, 30, 50, 80, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 900, 1200, 1500, 1800, ó 2200 pares.

Estos cables a su vez se subdividen por categorías de acuerdo a sus características de capacidad de transmisión e inmunidad a efectos de ruido.

La EIA (Electronic Industries Standard) publica su estándar EIA 568, denominado Commercial Building Telecommunications Cabling Standard, que en su apartado A, define las categorías de los diferentes tipos de cable par trenzado. Las categorías se definen como sigue:



Par #1:	Blanco /Azul Azul	
Par #2:	Blanco /Naranja Naranja	
Par #3:	Blanco /Verde Verde	
Par #4:	Blanco /Café Café	
Par #5:	Blanco /Gris Gris	
Par # 6:	Rojo /Azul Azul	

Figura 2.2. Código de colores en el par trenzado UTP.

- **UTP Categoría 1:** Para datos de baja velocidad (1Mbps), voz digital y analógica.
- **UTP Categoría 2:** Para transmisión de voz y datos en velocidades de transmisión de hasta 4Mbps.
- **UTP Categoría 3:** Para transmisión de voz y datos en velocidades de transmisión de hasta 16Mbps.
- **UTP Categoría 4:** Para transmisión de voz y datos en velocidades de transmisión de hasta 20Mbps.
- **UTP Categoría 5:** Para transmisión de voz y datos en velocidades de transmisión de hasta 100Mbps.

Las categorías incluyen no sólo a los cables, sino también al resto del hardware (rosetas, distribuidores, etc.).

Las características que se manejan para los cables se dividen en físicas, mecánicas y eléctricas. Por ejemplo se describen a continuación las características de un par trenzado común en aplicaciones de redes de datos (figura 2.3).

**Características Físicas:**

- ✓ Cuatro pares de conductores trenzados.
- ✓ Calibre 24AWG (American Wire Gauge).
- ✓ Código de colores estándar (figura 2.2).

**Características Mecánicas:**

- ✓ Diámetro externo máximo de 6.35mm.
- ✓ Radio de curvatura de 25.4mm.

**Características eléctricas:**

- ✓ Impedancia característica de  $100\Omega \pm 15\%$ .
- ✓ Resistencia de DC de  $9.38\Omega / 100m @ 20^{\circ}C$ .
- ✓ Desbalance máximo del 5% @  $20^{\circ}C$ .
- ✓ Capacitancia mutua entre conductores de  $6.6nF / 100m$  (Categoría 3) y  $5.6nF / 100m$  (Categoría 4 y 5) @ 1kHz y  $20^{\circ}C$ .
- ✓ Capacitancia a tierra de  $330pF / 100m @ 1kHz$  y  $20^{\circ}C$ .
- ✓ Velocidad de propagación  $5.7ns / m$  (0.58c).



Figura 2.3. UTP para aplicaciones en redes de datos.

Dentro de las características eléctricas del cable también entran las relaciones de interferencia en la transmisión con respecto a la frecuencia de operación como son diafonía y distorsión por atenuación que delimitan las distancias permitidas en el tendido de las redes de datos.

Las tablas 2.1 y 2.2 muestran el efecto de la diafonía y la atenuación del cable en función de la frecuencia para las categorías 3, 4 y 5 del cable antes especificado.

Tabla 2.1. Atenuación del cable @ 20°C.

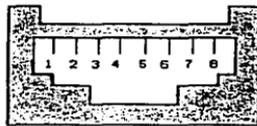
Frecuencia (MHz)	Categoría 3 (dB/100m)	Categoría 4 (dB/100m)	Categoría 5 (dB/100m)
0.064	0.9	0.8	0.8
0.256	1.3	1.1	1.1
0.512	1.8	1.5	1.5
0.772	2.2	1.9	1.8
1.0	2.6	2.2	2.0
4.0	5.6	4.3	4.1
8.0	8.5	6.2	5.8
10.0	9.7	6.9	6.5
16.0	13.1	8.9	8.2
20.0	-	10.0	9.3
25.0	-	-	10.4
31.25	-	-	11.7
62.5	-	-	17.0
100.0	-	-	22.0

Tabla 2.2. Diafonía NEXT, en el peor caso.

Frecuencia (MHz)	Categoría 3 (dB/100m)	Categoría 4 (dB/100m)	Categoría 5 (dB/100m)
0.150	53	68	74
0.772	43	58	64
1.0	41	56	62
4.0	32	47	53
8.0	27	42	48
10.0	26	41	47
16.0	23	38	44
20.0	-	36	42
25.0	-	-	41
31.25	-	-	39
62.5	-	-	35
100.0	-	-	32

Los conectores y jacks de uso común para cable UTP Categoría 5 son los RJ45. El conector es una pieza de plástico transparente en donde se inserta el cable (figura 2.4).

El Jack es también de plástico, pero en este se inserta el conector. Las siglas RJ significan *Registro de Jack* y el 45 especifica el esquema de numeración de pines. 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.



Configuración de Servicios previstos para RDSI  
utilizando conector RJ45 (ISO 8877)

Pin 1 Datos Transmisión +	Par 2 Blanco / Naranja
Pin 2 Datos Transmisión -	Par 2 Naranja
Pin 3 Datos Recepción +	Par 3 Blanco / Verde
Pin 4 Voz A	Par 1 Azul
Pin 5 Voz B	Par 1 Blanco / Azul
Pin 6 Datos Recepción -	Par 3 Verde
Pin 7 Alimentación +	Par 4 Blanco / Marrón
Pin 8 Alimentación -	Par 4 Marrón

Figura 2.4. Conector RJ45 y diagrama de conexión de pines.

El conector RJ45 es el que ha brindado un gran empuje a estas redes, pues es muy sencillo conectarlo a las tarjetas y a los concentradores además es seguro gracias a un mecanismo de enganche que posee, mismo que lo mantiene firmemente ajustado a otros dispositivos, no como en el cable coaxial donde permanentemente se presentan fallas en la conexión.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Se debe asegurar que todos los elementos puedan soportar las mismas velocidades de transmisión, resistencia eléctrica, etc. El conector en este caso no es la excepción.

### II.3 Características del par trenzado STP.

Las iniciales STP provienen del inglés Shielded Twisted Pair. Es decir, un cable en el cual los conductores de cobre van trenzados por parejas, y cada pareja de éstos va cubierta por una capa metálica que hace las funciones de pantalla.

La pantalla de un par trenzado, constituido por una trenza metálica de hilo de cobre estañado, garantiza la protección contra las radiaciones electromagnéticas externas inferiores a 10MHz; por lo tanto permite funcionar en entornos relativamente perturbados (figura 2.5). Sin embargo, el blindaje tiene el inconveniente de que la señal pierde más rápidamente su energía y que para su buen funcionamiento necesita la puesta a tierra de la totalidad de la pantalla y que llegue hasta el terminal.

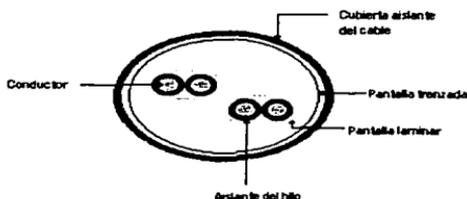


Figura 2.5. Estructura de un cable STP.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Se requiere que toda la cadena de conexión de tierras esté correctamente realizada sin olvidar su mantenimiento. En otras palabras, una red blindada debe ser de muy buena calidad, de lo contrario, se corre el riesgo de que se comporte mucho peor que una red más barata sin blindar.

Un ejemplo de este tipo de cables es el IBM tipo 1 de  $150\Omega$  de impedancia característica y de 4 hilos formando dos pares trenzados (figura 2.6). Es más caro que el UTP, pero presenta la ventaja de poder superar los 100Mbps.



Figura 2.6. STP comercial para aplicaciones en redes de datos.

Las características que presenta este cable son:

Características Físicas:

- ✓ Dos pares de hilos trenzados.
- ✓ Cada hilo aislado con un material termoplástico.
- ✓ Los dos pares cubiertos por una malla y por un aislante externo.
- ✓ Código de colores.  
Par 1: Rojo y Verde.  
Par 2: Naranja y Negro.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## Características eléctricas:

- ✓ Resistencia de DC de  $5.71\Omega / 100\text{m}$  @  $25^\circ\text{C}$ .
- ✓ Desbalance de resistencia de  $4\%$  @  $25 \pm 3^\circ\text{C}$ .
- ✓ Desbalance de capacitancia a tierra de  $100\text{pF} / 100\text{m}$  @  $1\text{kHz}$ ,  $25 \pm 3^\circ\text{C}$ .
- ✓ Velocidad de propagación de  $5.7\text{ns} / \text{m}$  @  $10\text{MHz}$ .
- ✓ Resistencia del dieléctrico entre los hilos de  $5\text{KV}$  por 3 segundos.

También presenta dentro de las características eléctricas las pérdidas por atenuación y por diafonía NEXT que se muestran en la tabla 2.3.

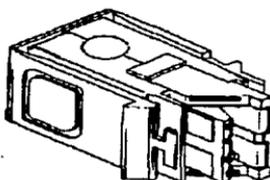
Por otro lado el cable también tiene sus conectores particulares, que en este caso es un conector usado por IBM conocido como MIC, es un conector hermafrodita y sus características se muestran en la figura 2.7.

Tabla 2.3. Atenuación y diafonía NEXT para STP.

Frecuencia (MHz)	Atenuación (dB/100m)	Diafonía (dB)
0.0098	0.30	58.0
0.0384	0.50	58.0
4.0	2.2	58.0
8.0	3.1	54.9
10.0	3.6	53.5
16.0	4.4	50.4
20.0	4.9	49.0
25.0	6.2	47.5
31.25	6.9	46.1
62.5	9.8	41.5
100.0	12.3	38.5
300.0	21.4	31.3

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

No sólo el cable STP lleva un blindaje alrededor de los conductores, sino también existe una variante de este tipo de cable que es el FTP (Foiled Twisted Pair o pares trenzados envueltos por una lámina). Realmente quiere decir cables UTP envueltos todos ellos por una lámina metálica (generalmente de aluminio y poliéster) que hace la pantalla.



Configuración (IBM):

Rojo	Rx +
Verde	Rx -
Naranja	Tx +
Negro	Tx -

Figura 2.7. Conector para cable STP.

La pantalla es una simplificación del blindaje que protege el par trenzado contra las perturbaciones radioeléctricas de frecuencias superiores a 1MHz. El FTP pretende mejorar su compatibilidad electromagnética y las interferencias electromagnéticas.

Las normas que regulan los cableados no contemplan el FTP como producto singular; es un UTP, con todas sus características y requerimientos específicos, que lleva un apantallamiento general.

Un hecho destacable, es que para cumplir los requerimientos de compatibilidad electromagnética no necesariamente se necesita un cable apantallado, pudiendo un UTP cumplir perfectamente con ellos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Lo que es siempre cierto es que el modo de instalación del cableado influye directamente en su posterior comportamiento (bueno o malo) frente a las radiaciones.

Otra variante del cable STP es el ScTP (Screened Twisted Pair) que designa un cable que combina las ventajas del STP con las del UTP. Es un cable UTP recubierto con una malla y una lámina metálica; esta doble pantalla le permite satisfacer mejor las exigencias de la normativa que rige sobre la compatibilidad electromagnética y las interferencias electromagnéticas, al presentar una mejor protección frente a radiaciones de alta y baja frecuencia.

#### II.4 Ventajas y desventajas de UTP y STP.

El cable UTP presenta varias ventajas en aplicaciones para redes de datos, las cuales se mencionan de forma muy general. Estas ventajas se dan en referencia a otros tipos de cables y son:

- ✓ El costo del cable y los conectores es bajo.
- ✓ El tipo de instalación es muy sencillo.
- ✓ Es muy versátil, es decir, se puede utilizar en casi cualquier tipo de red.
- ✓ No se requiere una cadena de conexión de tierras.

Algunas de las desventajas que presentan estos cables en relación con otros son:

- × La atenuación y la diafonía es elevada.
- × Sólo se puede ocupar en distancias cortas (hasta 100m).
- × Las velocidades de transmisión son bajas (hasta 100Mbps).

- × Tiene limitaciones en el número de estaciones de trabajo con ciertos equipos.

En relación al cable STP también presenta algunas ventajas en su uso pero del mismo modo que el cable UTP tiene sus desventajas que se mencionan de forma general. Primero se mencionan las ventajas:

- ✓ Es un cable flexible a las adaptaciones requeridas.
- ✓ Provee mayor aislamiento y es menos sensible a las interferencias.
- ✓ Soporta grandes velocidades de transmisión (hasta 300Mbps).
- ✓ Soporta un mayor número de estaciones de trabajo.

De la misma manera que el cable UTP presenta algunas desventajas con respecto a otros medios de transmisión, el cable STP no es la excepción y algunas son:

- × Un mayor costo del cable y los conectores.
- × Requiere un sistema de conexiones a tierra.
- × Está limitado a ciertos tipos de computadoras y sistemas de comunicación.
- × La distancia máxima desde la unidad a la estación es pequeña (hasta 100m).
- × Mayor tamaño del cable y conectores.

## II.5 Aplicaciones principales.

Las aplicaciones de este tipo de cables son variadas, es decir, son cables con una versatilidad muy amplia en la cual se incluyen telefonía digital, redes de datos, entre otras aplicaciones.

Una aplicación del cable UTP está en telefonía, en donde es común encontrar dentro de las conexiones grandes, cables telefónicos compuestos por cantidades de pares trenzados, aunque perfectamente identificables unos de otros a partir de la normalización de los mismos (figura 2.8).



Figura 2.8. Cable UTP para telefonía, ocupado en conexiones grandes.

Las acometidas interiores también son muy comunes, estos conductores se usan en la conexión interior de la red telefónica. Para la instalación en interiores, cableado en casas de abonado y edificios.

El conductor es de alambre de cobre electrolítico suave, estañado en calibre de 0.32-4mm<sup>2</sup> (22AWG). Aislamiento de polietileno de alta densidad con coloración de acuerdo al código de identificación de los conductores. La cubierta exterior es de color marfil (figura 2.9).

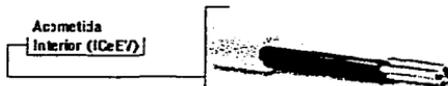


Figura 2.9. Cable UTP para conexiones de telefonía.

Otra aplicación del cable UTP se da en las redes de datos Ethernet y Token Ring, en la que se manejan varios estándares para diferentes tipos de cables. Entre los

estándares de Ethernet se tienen el 10BASE-T, 100BASE-T entre otros. En el que el primer número indica la velocidad de transmisión, la palabra BASE indica la banda de trabajo y por último la letra T indica que se ocupa par trenzado como su medio de transmisión.

En cuanto a las redes Token Ring sólo es usado el par trenzado UTP en velocidades de transmisión de 4Mbps, en la que las estaciones de trabajo pueden estar a una distancia máxima de 45 metros de la MSAU (MultiStation Access Unit) y únicamente se pueden soportar 72 estaciones de trabajo por MSAU.

Una de las aplicaciones del cable STP es en las redes Token Ring de 4Mbps y 16Mbps, en la que cada estación puede estar a un máximo de 100 metros de distancia de la MSAU. Esta unidad puede soportar con STP hasta 260 estaciones de trabajo.

Otra aplicación del STP se da en las redes 1000BASE-CX en las que se ocupa la misma tecnología que Ethernet y Fast Ethernet (100BASE-T).

**Capítulo III****CABLE COAXIAL****III.1 Tipos de cable coaxial.**

Un cable coaxial se compone de un alambre de cobre rígido como núcleo, también llamado alma, rodeado por un material dieléctrico que puede ser polipropileno o polietileno, entre otros, el cual a su vez está forrado por un conductor cilíndrico, con frecuencia es una malla metálica de tejido fuertemente trenzado de forma helicoidal.

El conductor es después cubierto por una envoltura protectora de plástico que puede ser PVC, donde la envoltura esta coloreada (figura 3.1).

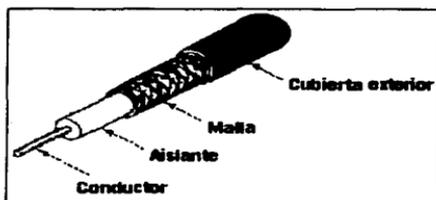


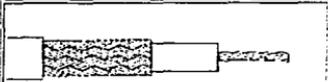
Figura 3.1. Estructura básica del cable coaxial.

El material dieléctrico define de forma importante la capacidad del cable coaxial en cuanto a la velocidad de transmisión por el mismo, en la tabla 3.1 se muestra la velocidad que las señales pueden alcanzar en su interior con referencia a la velocidad de la luz.

El cable coaxial es un soporte que tiene una banda de paso muy amplia y por tanto, puede soportar un tráfico muy elevado (hasta 500Mbps). Es muy utilizado y permite, gracias a su auto aislamiento, limitar perturbaciones debidas a ruidos externos. Sin embargo, si éstos adquieren magnitudes importantes, pudiera ser necesario incorporar algún tipo de blindaje.

Material Dieléctrico	% Velocidad	Velocidad (Km. / seg.)
Poliétileno Sólido	65.9%	197,700
Poliétileno Espumoso	80.0%	240,000
Poliétileno	88.0%	264,000
Teflón Sólido	69.4%	208,200
Elastómer	66.0%	198,000
Teflón Espumado	85.0%	255,000

Al igual que los pares trenzados, los cables coaxiales pueden ser agrupados para formar cables de mayor capacidad. Existen diferentes estructuras de cables coaxiales, entre los cuales se pueden mencionar: el coaxial con pantalla simple, el coaxial con pantalla doble, el twinaxial, el triaxial y el multicable y que en la tabla 3.2 se describen.

 <p>Figure 3.2a</p>	<p>Coaxial Cable</p>	<p>Los cables coaxiales son construidos con un conductor interno rodeado por un dieléctrico, el cual es rodeado a su vez por un conductor exterior que también actúa como un campo. Una camisa de protección cubre al conductor externo y también actúa como aislante.</p>
---	----------------------	--

 <p>Figure 3.2b</p>	<p><b>Dual-Shielded Coaxial Cable</b></p>	<p>Los cables coaxiales con doble pantalla tienen dos conductores externos, o pantallas, envolviendo al dieléctrico. Las dos pantallas permiten un decremento en la atenuación y la posibilidad de señales externas no deseadas.</p>
 <p>Figure 3.2c</p>	<p><b>Twinaxial Cable</b></p>	<p>El cable twinaxial esta compuesto de dos cables conductores sencillos aislados y después trenzados, teniendo una pantalla común y cubierta protectora</p>
 <p>Figure 3.2d</p>	<p><b>Triaxial Cable</b></p>	<p>El cable triaxial es un cable coaxial con un conductor interno y dos pantallas todos separados por un material dieléctrico.</p> <p>Las señales del cable triaxial pueden ser transportadas por el conductor interno y la pantalla interna, mientras que la pantalla externa es una tierra potencial.</p>
 <p>Figure 3.2e</p>	<p><b>Multi- Cable</b></p>	<p>Los multi - cables están compuestos de varios coaxiales, twinaxiales, cables sencillos y por pares, juntos por especificaciones del cliente, apantallados y envueltos con varios materiales y colores.</p>

El cable coaxial tiene una amplia aplicación en los diferentes tipos de redes de transmisión de datos, en telefonía y especialmente en televisión por cable. Las dos clases de cable coaxial más utilizado son:

- Cable coaxial de Banda Base.

Es el que se usa comúnmente para la transmisión de datos digitales, tiene una impedancia de 50 ohms, su construcción y blindaje le confieren una buena combinación de elementos de ancho de banda y excelente inmunidad al ruido.

- Cable coaxial de Banda Ancha.

Transporta señales analógicas y es el cableado estándar de los sistemas de televisión por cable, el término banda ancha viene del mundo de la telefonía donde cualquier señal con un ancho de banda mayor de 4KHz era de este tipo. Tiene una impedancia estándar de 75 ohms. También se le conoce como cable CATV.

### III.2 Características del cable coaxial.

Como se ha mencionado existen dos clases de cables que son los de banda base y los de banda ancha, y dentro de esta clasificación se pueden enumerar una serie de cables con características muy particulares, diferentes entre ellos. Cada uno de ellos tiene ciertas aplicaciones. El anexo A muestra una lista de los cables coaxiales que existen por numeración.

Un cable muy utilizado en banda base es el RG-11 conocido como ThickWire o ThickCoax (figura 3.3), este es un cable coaxial grueso y pesado, es de color amarillo su aislante, además consta de un conductor central rodeado por cuatro capas de blindaje, lo que le permite ser empleado en entornos relativamente perturbados. Este tipo de cable ofrece características eléctricas uniformes y estables en el tiempo. Algunas de las características se presentan a continuación:

- Impedancia característica de  $50\Omega \pm 2\Omega$ .
- Diámetro exterior de 1cm.
- Atenuación máxima de 8.5 dB/500m @ 10MHz y de 6 dB/500m @ 5MHz.
- Velocidad de propagación de 0.77c.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

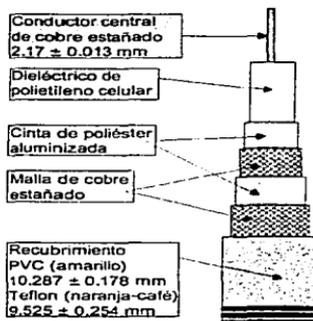


Figura 3.3. Cable coaxial grueso para redes de datos.

Sin embargo, el cable coaxial grueso es un soporte de dimensiones importantes, que carece de flexibilidad y cuyo precio es elevado.

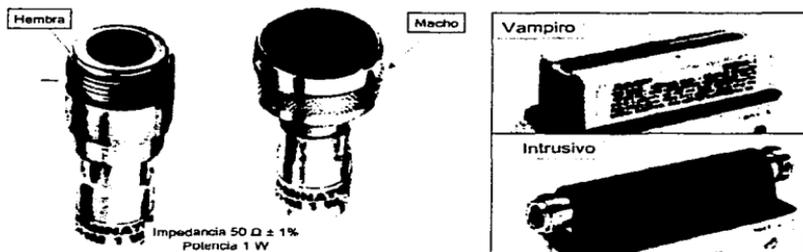


Figura 3.4. Conectores y terminadores de impedancia para cable coaxial.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La conexión sobre este cable se realiza mediante una *toma vampiro* de acceso al cable o toma de tipo grifo (figura 3.4). La toma de tipo grifo es roscada sobre el cable y puede ser puesta incluso sin interrumpir las transmisiones en curso. Puede ser desmontada y colocada en otro lugar sin más.

Otro cable muy utilizado en la banda base es el denominado RG-58, este cable es más delgado que el anterior, de ahí que se le conozca como ThinWire (figura 3.5). Este cable es menos protegido que el anterior, es conveniente para las necesidades donde los problemas en cuanto a protección electromagnética no son demasiado graves. Este soporte ofrece menor resistencia al ruido electromagnético y provoca una atenuación de la señal más importante, por lo que se presentan algunas de las características principales de este cable coaxial:

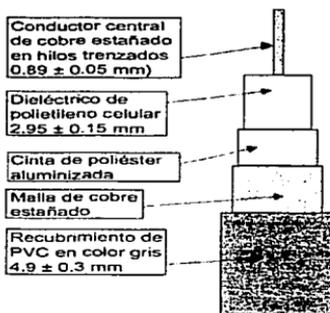


Figura 3.5. Cable coaxial delgado para redes de datos.

- Impedancia característica de  $50\Omega \pm 2\Omega$ .
- Diámetro exterior de 0.5cm.
- Atenuación máxima de 8.5 dB/185m @ 10MHz y de 6 dB/185m @ 5MHz.
- Velocidad de propagación de 0.65c.

Sin embargo, su diámetro y su flexibilidad facilitan mucho la instalación así como su paso y encaminamiento por los conductos existentes.

El empalme a este cable necesita un conector BNC (Conector Nacional Británico) en T. Para poner tomas en T hay que cortar el cable e insertar la T (figura 3.6).

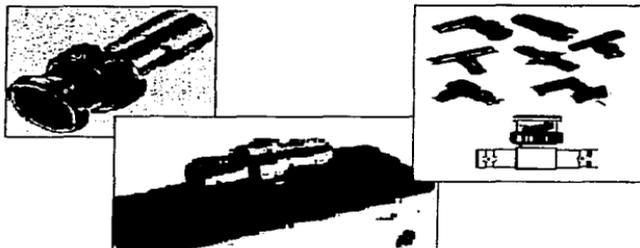


Figura 3.6. Conectores BNC para cable coaxial.

Este conector permite unir dos porciones o segmentos de red incorporando a una computadora a la red misma. El problema principal radica precisamente en la gran cantidad de conexiones o juntas que se realizan con estos conectores, lo que normalmente puede derivar en que una porción de la red quede inutilizada, hasta descubrir el conector aflojado.

Hay conectores BNC machos, hembras y actualmente existen diversos tipos de conectores según la forma de conexión, siendo algunos de ellos por presión, inserción de púas, a tornillos, etc. La elección corresponde a la comodidad de cada administrador.

Por otro lado, un ejemplo de cable coaxial usado en banda ancha es el RG-6 A / U y el RG-11 A/ U, el empleo de este tipo de cable se desarrolló para la transmisión de cadenas de televisión por cable. CATV que son siglas de *Community Antenna Television*. La industria del CATV es particularmente importante en países que poseen redes cableadas. Las frecuencias clásicas transportadas por este tipo de cable están comprendidas entre 5KHz y 300MHz, incluso se pueden sobrepasar los 500MHz. Tiene una impedancia de 75 ohms. En la televisión por cable se utilizan transmisiones analógicas para el envío de la señal.

### III.3 Ventajas y desventajas del cable coaxial.

Algunas de las características de los cables coaxiales que se han mencionado anteriormente pueden ayudar a resumir las ventajas principales que tienen este tipo de cables en comparación con otros medios, por eso es necesario mencionar estas ventajas de forma general. Los cables coaxiales que trabajan en banda base presentan ventajas como:

- ✓ Mayor velocidad de transmisión (hasta 500Mbps).
- ✓ Mayor inmunidad al ruido.
- ✓ Facilidad en la conexión.
- ✓ Permite distancias más grandes que el par trenzado (hasta 500m).
- ✓ Menor impedancia ( $50\Omega$ ).
- ✓ No presenta diafonía.

De la misma forma el cable coaxial banda base presenta desventajas bastante considerables en comparación con otros medios de transmisión, algunas de las más notables son:

- × Menor flexibilidad y gran tamaño.
- × Mayor peso del cable.
- × Pérdida de señal por conectores en mala posición.
- × Costo elevado.

Para el cable coaxial de banda ancha también existen ciertas ventajas adicionales que se presentan, ya que la transmisión como se ha mencionado es analógica. Algunas de estas son:

- ✓ Puede trabajar en entornos hostiles.
- ✓ Posibilidad de transportar señales independientes y de diferentes tipos simultáneamente.
- ✓ Fácil reparación en caso de corte e instalación.

Pero presentan adicionalmente algunos inconvenientes como son:

- × La necesidad de equipo adicional, lo que implica un mayor costo.
- × La heterogeneidad de los materiales y de las modulaciones de transmisión impide la integración del conjunto.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### III.4 Aplicaciones principales.

Las aplicaciones de los cables coaxiales se dan en las redes de datos, en la transmisión de señales de televisión, por mencionar algunos. Esto es dependiendo de la banda en que se esté empleando el cable.

Los sistemas de transmisión en telefonía definen como primer estándar el uso del cable coaxial como medio de transmisión en los sistemas PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy).

Una aplicación muy común del cable coaxial de banda base se da en las redes Ethernet, principalmente en los estándares 10Base-5 y 10Base-2 en los que para el primero se pueden conectar hasta 100 estaciones de trabajo, y para el segundo caso solo 30 estaciones.

En el estándar 10Base-2 pueden tenerse hasta 5 segmentos y 4 repetidores consecutivos. El estándar 10Base-5 ocupa el ThickWire como medio y el estándar 10Base-2 ocupa el cable denominado ThinWire.

Otras aplicaciones en el mismo ámbito de las redes pero empleando cable coaxial de banda ancha son los estándares 10Broad-36 en el que se ocupa un cable coaxial blindado de 75 ohms, y para una distancia de 3600 metros sin ningún repetidor. El número máximo de estaciones de trabajo es de 1024 y el ocupado en la red Token Passing, en el que se han especificado un cable coaxial CATV de 75 ohms del tipo RG-6 A / U ó RG-11 A / U.

Pero no sólo en el área de datos se aplica el cable coaxial. El cable ha encontrado cabida en otros distintos campos bajo la premisa de utilizar las redes ya existentes.

Hasta años muy recientes los proveedores del servicio de televisión por cable construían sus redes con casi exclusivamente cable coaxial. Estos sistemas han seguido una arquitectura conocida como de árbol y ramificaciones.

En este sistema de árboles y ramificaciones las señales son originadas por un sólo punto (el CATV Head-end) y distribuidas a múltiples puntos terminales (los CATV subscribers).

Su nombre se deriva a partir de que la señal surge de un "tronco" de alta velocidad, pasa por ramas de menor velocidad y finalmente llega a las hojas (usuarios o subscribers).

Sin embargo, estas redes CATV están diseñadas para servicios de difusión, ellas no cuentan con interactividad. La evolución de estas redes es hacia la capacidad de dar servicios de comunicación ofreciendo a usuario más canales y agregando interactividad.

Para estos propósitos, es necesaria la intervención de redes ópticas de transporte pero que lleguen al usuario final a través de cable coaxial.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Capítulo IV****FIBRA ÓPTICA****IV.1 Tipos de fibra óptica.**

Los primeros estudios sobre las fibras ópticas para aplicaciones de transmisión se llevaron a cabo a mediados de los sesenta. En el laboratorio de la Standard Telecommunications de I'TT en Inglaterra, C. K. Kao y G. A. Hockham postularon que las ondas de luz se podían guiar por vidrio, es decir, fibra óptica donde la luz que entra por un extremo de un hilo, se refleja repetidamente en las paredes de la fibra con un ángulo crítico bajo y sale por el otro extremo con el mismo ángulo, igual que si pasara una tubería.

En 1970 los científicos de Coming Glass Works en Nueva York convirtieron la idea en realidad. Los ensayos de campo se empezaron en 1975 y en 1978 se habían instalado 1000 kilómetros de fibra óptica por el mundo. A inicios de los 90's, con SDH (Synchronous Digital Hierarchie) es posible transmitir a velocidades de Giga bits por segundo y con atenuaciones de 0.2 dB/km.

Las fibras ópticas son guías de luz con un grosor del tamaño de un cabello humano, poseen la capacidad de transmisión a grandes distancias con poca pérdida de intensidad en la señal y transportan señales impresas en un haz de luz dirigida, en vez de utilizar señales eléctricas por cables metálicos. Su alta capacidad de conducción no se pierde por curvas o torsiones, por lo que se utiliza para tender desde redes interurbanas hasta transoceánicas.

Inicialmente las fibras ópticas se usaron solamente para conectar centrales telefónicas en áreas de mucho tráfico de las grandes ciudades. A medida que la

tecnología de las comunicaciones avanzó, las fibras empezaron a penetrar en las redes de larga distancia como las WAN(Wide Area Network).

La transmisión por fibra óptica ha crecido de la nada en apenas 15 años. Ofrece un ancho de banda prácticamente infinito. Comparado con otros medios de transmisión usuales, vemos que la fibra puede ofrecer anchos de banda de 1THz. Las señales transmitidas por este medio pueden llegar mucho más lejos sin necesidad de amplificadores.

La fibra óptica es un filamento de cristal de alta pureza construido de dos cilindros concéntricos de diferente índice de refracción que mediante fenómenos ópticos de reflexión y refracción de la luz transporta información mediante señales luminosas.

Esta luz es del tipo infrarrojo y no es visible al ojo humano. La modulación de esta luz permite transmitir información tal como lo hacen los medios eléctricos.

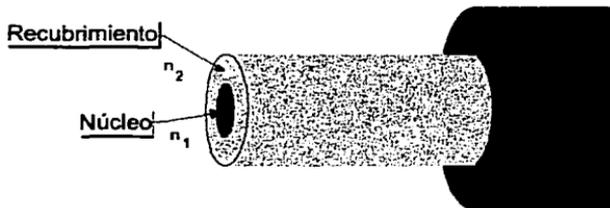


Figura 4.1. Estructura básica de la fibra óptica.

La estructura de la fibra óptica es relativamente sencilla, aunque la mayor complejidad radica en su fabricación. La fibra óptica está compuesta por dos capas, una denominada *Núcleo* y la otra denominada *Recubrimiento* (figura 4.1). La

relación de diámetros es de aproximadamente 1 de recubrimiento por 3 de núcleo. El extra delgado hilo de vidrio está cubierto por una capa plástica que le brinda la protección necesaria aunque normalmente un gran conjunto de fibras se unen entre sí para obtener mayor seguridad.

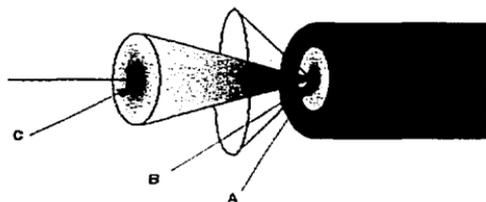


Figura 4.2. Cono de aceptación de la fibra óptica.

El índice de refracción del núcleo es mayor que el del revestimiento, razón por la cual y debido a la diferencia de índices, la luz introducida al interior de la fibra óptica se mantiene y propaga a través del núcleo. Se produce por ende el efecto de *Refracción Total*.

Los rayos de luz pueden entrar a la fibra óptica si el rayo se halla contenido dentro de un cierto ángulo denominado *Cono de Aceptación*. Un rayo de luz puede perfectamente no ser transportado por la fibra óptica sino cumple con el requisito del cono de aceptación.

En la figura 4.2 se muestran tres rayos incidentes con diferentes ángulos, el haz A se reflejará al llegar a la superficie del núcleo, el haz B se refractará en la frontera lente - núcleo y entrará a éste, pero se perderá en el recubrimiento y el haz C pasará al núcleo y se propagará a lo largo de él.

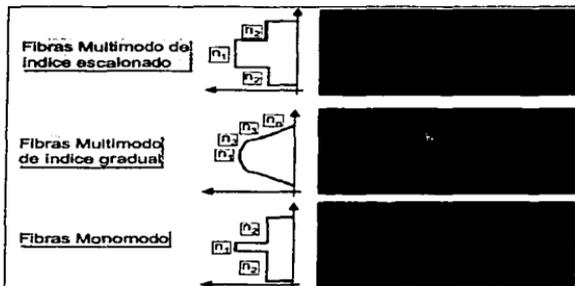


Figura 4.3. Índices de refracción en las fibras ópticas.

Las fibras ópticas se clasifican de acuerdo al modo de propagación que dentro de ellas describen los rayos de luz emitidos (figura 4.3):

- **Multimodo.** Este tipo de fibras se propagan en más de un modo, es decir, un haz de luz toma diferentes trayectorias. Estas fibras se subdividen en:
  - De índice escalonado. Los núcleos de las fibras tienen un índice de refracción constante  $n_1$ , y los recubrimientos presentan un  $n_2$  ligeramente menor al del núcleo. Éstas fueron las primeras fibras en aparecer.
  - De índice gradual. El valor del índice de refracción del núcleo varía según el radio del mismo núcleo, el cambio no es abrupto sino suavizado hasta llegar al valor  $n_2$  del recubrimiento.

- **Monomodo.** En este tipo de fibras el haz se propaga sólo en un modo es decir que la luz viaja casi paralela al eje de la fibra esto permite evitar los retardos provocados por las diferentes trayectorias multimodales. El principio es el mismo que en las primeras, pero el diámetro del núcleo se reduce.

#### IV.2 Características de la fibra óptica.

Para poder hablar de las características que presentan las fibras ópticas primero se debe hacer un paréntesis para mencionar los principales parámetros que limitan las cualidades de estos medios, estos son la atenuación y la dispersión.

##### Atenuación.

La atenuación en las fibras ópticas es el decremento de potencia de una señal cuando viaja de un punto a otro, esta atenuación se mide en decibeles por kilómetro. En la fibra óptica se debe a las siguientes causas:

- Pérdidas por absorción intrínseca:

La absorción intrínseca es un mecanismo propio del material dieléctrico que es distinto al vacío, por lo que parte de la energía de la luz se disipa en forma de calor. Se debe a la interacción entre los fotones y las partículas subatómicas del material.

- Pérdidas por dispersión intrínseca:

Se conoce también como dispersión Rayleigh y se originan por irregularidades microscópicas en el índice de refracción del material. Provoca una atenuación que es inversamente proporcional a la cuarta potencia de la longitud de onda.

La fuerte reducción de estas absorciones es la causa de que exista la segunda ventana en torno a 1300nm.

- Pérdidas por absorción extrínseca:

Son motivados por defectos en la fabricación, y a medida que se mejoran los procesos productivos se van eliminando:

1. Impurezas en el vidrio. Le afectan mucho los iones metálicos y de grupos OH en el vidrio base, por ejemplo, una parte por millón de iones de cromo origina una atenuación del orden de 1dB/Km. de forma muy independiente de la frecuencia.
2. Pérdidas por curvado de la fibra. Al doblarse la fibra se produce una fuga de modos que de otra forma se hubieran confinado en la fibra. Esa atenuación depende exponencialmente del radio de curvatura. Existe un radio crítico que proporciona el fabricante. Suele tomarse un radio igual a 10 veces el radio de la fibra con su cubierta plástica.
3. Pérdidas por irregularidades geométricas periódicas. Son irregularidades en el núcleo, microcurvaturas en la fabricación, etc. Estas irregularidades provocan pérdida de potencia de unos modos a otros y puede pasar a modos que no se confinan en la fibra provocando así atenuación.

#### Dispersión.

Cuando un impulso luminoso se transmite, sufre un ensanchamiento temporal. La magnitud del ensanchamiento es acumulativa por lo que depende de la longitud de

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

la fibra atravesada (figura 4.4). Limita el ancho de banda y da lugar al producto ancho de banda por longitud.

Hay tres mecanismos principales para la dispersión:

- Dispersión modal.

Provocada por los distintos modos propagándose a velocidades distintas. Las fibras multimodo de índice gradual tienen una dispersión menor que las de índice escalonado.

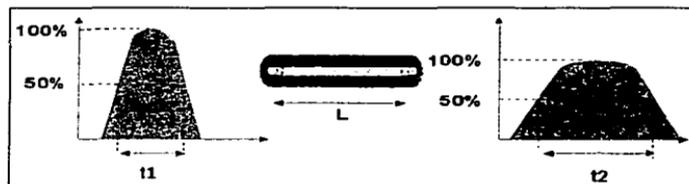


Figura 4.4. Dispersión del pulso de luz en las fibras ópticas.

- Dispersión espectral, cromática o del material.

Se produce porque el índice de refracción depende de la longitud de onda y los emisores ópticos no tienen un ancho espectral cero, es decir, no emiten una portadora pura. Cada una de las rayas espectrales del emisor van contenidas en los modos, se enfrentan a índices de refracción diferentes y por lo tanto, viajan a velocidades diferentes. La dispersión cromática en el vidrio es nula en torno a 1300nm por lo que conviene utilizar esa ventana.

- Dispersión por efecto de guía de ondas.

Sólo es importante en fibras monomodo. Se relacionan con la dispersión cromática y surge de la dependencia de  $\lambda$  de la frecuencia normalizada. En este caso las diferentes componentes espectrales del modo se propagan a velocidades ligeramente diferentes por lo que habrá una descompensación en los retardos. Esta dispersión es de sentido opuesto a la cromática, por lo que es posible compensar una con otra consiguiendo dispersión cero.

El error de concentricidad y de no circularidad son defectos de las fibras y se demuestran con la figura 4.5.

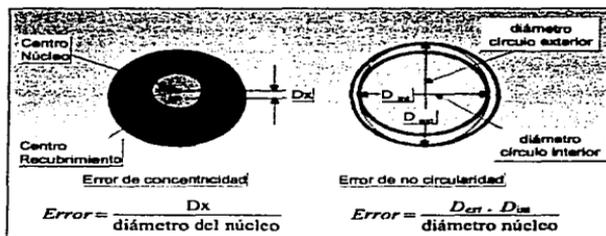


Figura 4.5. Error de concentricidad y de no circularidad de las fibras ópticas.

Algunas de las principales características de las fibras multimodo de índice escalonado se mencionan a continuación:

- Diámetro del núcleo de  $40$  a  $100 \mu\text{m} \pm 3 \mu\text{m}$ .
- Diámetro de la cubierta  $125 \mu\text{m} \pm 3 \mu\text{m}$ .
- Índice del núcleo constante.

- Error de concentricidad menor al 6%.
- No circularidad del núcleo menor al 6%.
- No circularidad del revestimiento menor al 6%.
- Apertura numérica alrededor de  $0.30 \pm 0.02$ .
- Ancho de banda 100 a 400MHz/Km. para vidrio y 5 a 20MHz/Km. para plástico.
- Atenuación de 1.5 a 3dB/Km. en la ventana de 850nm.



Figura 4.6. Fibra óptica multimodo 50 $\mu$ m, color naranja.

Las fibras ópticas de índice gradual presentan características muy similares a las de índice escalonado salvo algunas diferencias que se mencionarán de la misma forma:

- Diámetro del núcleo de 40 a 100  $\mu$ m  $\pm$  3  $\mu$ m.
- Diámetro de la cubierta 125  $\mu$ m  $\pm$  3  $\mu$ m.
- El índice del núcleo decrece del centro a la periferia.
- Error de concentricidad menor al 6%.
- No circularidad del núcleo menor al 6%.
- No circularidad del revestimiento menor al 6%.

- Apertura numérica de  $0.2 \pm 0.015$  para fibras multimodo 50  $\mu\text{m}$ . y  $0.275 \pm 0.015$  para fibras multimodo 62.5  $\mu\text{m}$ .
- Ancho de banda 400 a 1500MHz/Km.
- Atenuación de 3 a 3.2dB/Km. en la ventana de 850nm. y 0.9 a 1.2dB/Km. en la ventana de 1300nm.

En estos dos primeros tipos de fibras ópticas existe un código de colores según la norma EIA/TIA 598 para el aislante en el cual el color de la cubierta en naranja (figura 4.6) se denomina para fibras multimodo de 50  $\mu\text{m}$  y gris para fibras multimodo de 62.5  $\mu\text{m}$ .

Por último se mencionarán las características que presentan las fibras monomodo cuyas características presentan avances significativos:

- Diámetro del núcleo de 8 a 10  $\mu\text{m} \pm 1 \mu\text{m}$ .
- Diámetro de la cubierta 125  $\mu\text{m} \pm 3 \mu\text{m}$ .
- Error de concentricidad menor a 1  $\mu\text{m}$ .
- No circularidad del núcleo no especificada por ser muy baja.
- No circularidad del revestimiento menor al 2%.
- Apertura numérica prácticamente cero.
- Ancho de banda mayor de 10,000MHz/Km.
- Atenuación de 1dB/Km. para la ventana de 1300nm. y 1550nm.

En las fibras monomodo el color de la cubierta como lo demuestra la figura 4.7 es según la norma EIA/TIA 598 de color amarillo.

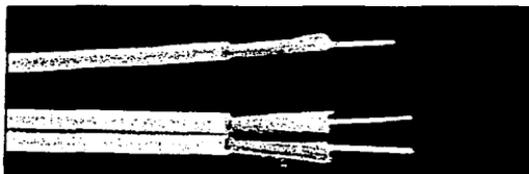


Figura 4.7. Fibra óptica monomodo, color amarillo.

Para las fibras ópticas existen diversos conectores, para poder seleccionar el más adecuado dependiendo la aplicación. Entre los más conocidos están los conectores de férula cilíndrica y los duplex. Algunos conectores de férula cilíndrica (figura 4.8) son:

- SMA (Sub Miniature Assembly). Derivado del conector coaxial, se emplea en transmisión de datos sólo con fibras multimodo; puede montarse a la fibra sin necesidad de mayor equipo adicional. Tiene pérdidas menores a 1dB.
- FC (Fiber Connector). Originario de Japón, con contacto PC (Physical Contact), se usa con fibras monomodo en redes LAN e interurbanas; requiere de maquinaria especial (pulidoras); conector caro que requiere de espacio para conectarse. Tiene atenuaciones de 0.2 a 0.3dB.
- SC (Subscriber Connector). Derivado del FC que contempla aplicaciones futuras, no necesita gran espacio, pero aun se requiere maquinaria para su montaje. Tiene pérdidas de inserción de 0.5dB.

- ST (Straight Tip). Diseñado por AT&T como competidor del SMA. Su principal aplicación es en la transmisión de datos en fibras multimodo y monomodo; su montaje es fácil y por emplear pocas piezas no es caro. Tiene pérdidas de inserción de 0.4dB.

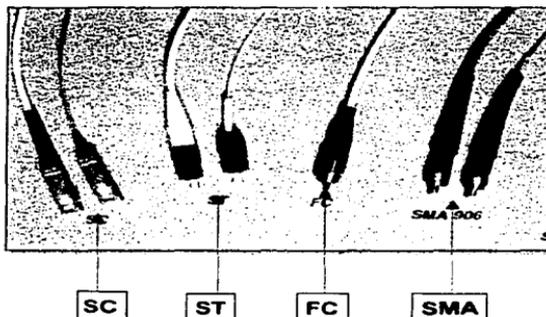


Figura 4.8. Conectores para fibras ópticas.

Algunos conectores duplex para fibras ópticas (figura 4.9) son:

- FDDI (Fiber Distributed Data Interface). Estandarizado para FDDI por parte de ANSI.
- MIC (Media Interface Connector). También usado por IBM en su interfaz ESCON.
- SC duplex.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

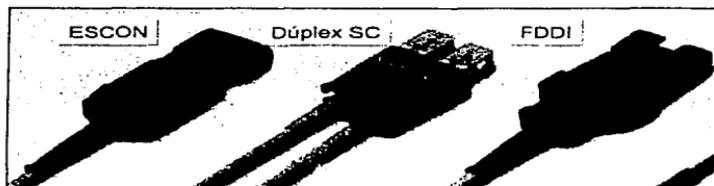


Figura 4.9. Conectores duplex para fibras ópticas.

### IV.3 Ventajas y desventajas de la fibra óptica.

Las fibras ópticas tienen muchas ventajas sobre otros medios de transmisión y a continuación se describirán:

- ✓ Tamaño reducido. El diámetro de una fibra es generalmente pequeño, 125 micras, aún con su cubierta de plástico no sobrepasa las 250 micras, por lo que optimiza las canalizaciones existentes realizadas para cables coaxiales o de multipar.
- ✓ Ligeras. El peso de un carrete de cable de fibra óptica no es ni la décima parte de uno de cable coaxial.
- ✓ Flexible. Por su tamaño y construcción su radio de curvatura es del orden de 3 milímetros.
- ✓ Libre de corrosión. Son pocos los agentes que atacan al cristal de silicio, químicamente es muy estable.
- ✓ Baja atenuación. La fibra óptica alcanza atenuaciones del orden de 0.15 dB/Km. comparado con otros medios.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- ✓ Gran ancho de banda. Puede manejar anchos de banda de 1 a 10 GHz/Km. dependiendo del tipo de fibra utilizado y podría llegar en teoría hasta 50Tbps.
- ✓ Inmune a interferencias electromagnéticas. Las fibras ópticas son dieléctricas por lo que no hay inducción debida a interferencias externas o descargas eléctricas.
- ✓ Diafonía insignificante. Al transportar luz, difícilmente existe el fenómeno de diafonía como en el cobre.
- ✓ No generan chispas. Al transportar luz es imposible la generación de cortos circuitos.
- ✓ Seguridad. Las señales luminosas difícilmente pueden ser detectadas y mucho menos intervenidas.

De igual manera que los anteriores medios de transmisión, las fibras ópticas presentan algunas desventajas significativas y estas son:

- × Los sistemas de transmisión son más caros.
- × Los conectores son más caros que los usados en cables metálicos.
- × La conexión exige el manejo de nuevas técnicas y herramientas.
- × Su manejo requiere capacitación para el personal.
- × Son más sensibles a las curvaturas.
- × Se trata de un soporte unidireccional.

#### IV.4 Aplicaciones principales.

Las aplicaciones de la fibra óptica abarcan muchos ámbitos, dentro de los cuales contamos con enlaces dedicados, redes de larga distancia, redes locales, redes de televisión etc.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Por citar algunas, se tiene el estándar 10Base-F para Ethernet, en la que se ocupa cable de doble fibra. La distancia entre repetidores es de 2.5Km. Este tipo de red permite la conexión de 1024 nodos por segmento. Se emplean fibras multimodo de 50/125 y 62.5/125µm.

Una aplicación más de la fibra óptica es FDDI (Fiber Distributed Data Interface) es un estándar designado por ANSI. FDDI es una LAN de alto desempeño que corre a 100Mbps., emplea un esquema de acceso Token Passing en un medio de fibra óptica dual. La longitud máxima del cable es de 1000 metros, y soporta 1000 estaciones de trabajo por anillo.

La fibra óptica también está considerada para utilizarse en redes MAN como en el estándar DQDB (Distributed Queue Dual Bus) donde las estaciones enlazadas comparten un bus dual de fibra óptica. El bus dual provee tolerancias de fallos para mantener las conexiones si el bus se rompe. El estándar está diseñado para proveer servicios de datos, voz y video en un área de 50Km. a velocidades de 1-4Mbps.

Otras aplicaciones se presentan en los nodos de acceso a redes, como son FTTB (Fiber To The Business) que es el acceso a redes de transporte ópticas a usuarios corporativos ubicados en edificios o en centros empresariales, FTTC (Fiber To The Curb) que es fibra hasta un cierto nodo del cual se deriva la señal a un grupo de abonados pero empleando otro medio de transmisión como coaxial o cobre, FTH (Fiber To The Home) que provee de fibra en la planta exterior, hasta cada uno de los abonados.

La fibra también se presenta en aplicaciones de televisión que se da desde los centros de producción hasta los centros de transmisión. Aquí es importante para cuidar la calidad de la señal. La transmisión puede ser analógica y digital.

Una aplicación más ocurre en las redes de CATV que han utilizado fibra para llevar su señal hasta un nodo de distribución. Del nodo se distribuye la señal a los hogares con el tradicional cable coaxial. Esto reduce los costos y aumenta la calidad de la señal.

Una última consideración de la fibra ocurre en aplicaciones industriales en donde el enlace óptico se emplea para llevar de la unidad de adquisición de datos a la sala de control. Se aprovecha aquí la inmunidad al ruido ofrecida por la fibra.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## Conclusiones

La telecomunicación es uno de los campos que experimenta un mayor crecimiento a nivel mundial, generando nuevas oportunidades de negocio y consiguiendo avances espectaculares. Dentro de la cual la transmisión de voz a través de la red y la transferencia de datos para el intercambio de información entre ordenadores, son dos de los aspectos más interesantes desde el punto de vista de las necesidades que imperan en el mercado.

De tal manera que actualmente existen sistemas que emplean en sus redes una combinación de par trenzado, cable coaxial y fibra óptica aprovechando las ventajas que cada uno proporciona y haciendo que las redes de datos estén cada vez más apegadas a las necesidades de comunicación y control de las información.

Como la tendencia de las telecomunicaciones es tener medios con una velocidad de transmisión cada vez más elevada y con un mayor volumen de datos a transmitir, las tecnologías de redes han evolucionando a la par que el medio de transmisión, permitiendo integrar una red que pueda dar servicio de datos, audio y video de calidad y a altas velocidades.

Así que independientemente de tener una red a base de par trenzado con poco flujo de información o una con una gran transferencia de datos con fibra óptica o cable coaxial como medio, observamos la tendencia a la convergencia de los sistemas digitales integrales.

Basta con dar una mirada a las tecnologías que están apareciendo en la actualidad para poder darse cuenta de que los medios de transmisión otorgan la facilidades para poder dar solución a cualquier problemática de comunicación e información

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

en las redes digitales de servicios permitiendo que estas redes interactúen independientemente del medio utilizado. Es por eso que actualmente nos damos cuenta de que las redes de datos están cada vez más presentes en la vida diaria y no podemos quedarnos al margen de los avances, ya que el mundo está cada vez más interconectado en el llamado siglo de las telecomunicaciones.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## Anexo A

CABLE TYPE	IMPED. (Ohms)	MAX. OPER. (Volts)	O.D.		REMARKS
			Inches	mm	
RG-38/U	50	3000	0.328	8.3312	For replacement only, use RG-212/U
RG-4A/U	75	2700	0.332	8.4326	None
RG-8A/U	52	5000	0.405	10.297	For replacement only, use RG-213/U
RG-9B/U	50	5000	0.42	10.668	For replacement only, use RG-214/U
RG-10A/U	52	5000	0.475	12.065	For replacement only, use RG-215/U
RG-11A/U	75	5000	0.405	10.297	None
RG-12A/U	75	5000	0.475	12.065	None
RG-13A/U	74	5000	0.42	10.668	For replacement only, use RG-216/U
RG-14A/U	52	7000	0.545	13.843	For replacement only, use RG-217/U
RG-15/U	76	5000	0.545	13.843	None
RG-16/U	52	6500	0.63	16.002	None
RG-18A/U	52	11000	0.945	24.003	For replacement only, use RG-219/U
RG-19A/U	52	14000	1.12	28.446	For replacement only, use RG-220/U
RG-20A/U	52	14000	1.195	30.353	For replacement only, use RG-221/U
RG-21A/U	53	2700	0.332	8.4326	For replacement only, use RG-222/U
RG-22B/U	95	1000	0.42	10.668	Balanced cable twisted conductors
RG-23A/U	125	3000	0.945	24.003	Equal coaxial cable
RG-24A/U	125	3000	1.034	26.2636	Equal coaxial cable
RG-25A/U	46	8000	0.505	12.827	Pulse cable
RG-26A/U	46	8000	0.65	16.51	Pulse cable
RG-27A/U	46	15000	0.65	16.51	High voltage pulse cable
RG-28B/U	46	15000	0.75	19.05	High voltage pulse cable
RG-33/U	51	6000	0.47	11.938	None
RG-34B/U	75	6500	0.63	16.002	None
RG-35B/U	75	10000	0.945	24.003	None
RG-36/U	69	13000	1.18	29.972	None
RG-41/U	67.5	3000	0.425	10.795	None
RG-54A/U	56	3000	0.25	6.35	None
RG-55B/U	53	1500	0.206	5.2324	None
RG-56/U			0.535	13.589	Special twisted pulse cable
RG-57A/U	95	3000	0.625	15.875	Twin conductor
RG-58B/U	50	1500	0.195	4.953	General purpose
RG-59A/U	75	2300	0.242	6.1468	General purpose
RG-60/U	50		0.425	10.795	None
RG-62A/U	93		0.249	6.3246	None
RG-62B/U	193	750	0.242	6.1468	None
RG-63B/U	125	1000	0.405	10.297	Low capacitance
RG-64/U	46		0.495	12.573	Pulse
RG-65A/U	950	1000	0.405	10.297	High impedance delay line, video cable
RG-71B/U	93	750	0.25	6.35	None
RG-72/U	150		0.63	16.002	None

TESIS CON  
FALLA DE URGEN

RG 73/U	25		0.275	6.985	None
RG 74A/U	52	7000	0.615	15.621	For replacement only, use RG 224/U
RG 77A/U	48	8000	0.45	11.43	Pulse cable
RG 78A/U	48	8000	0.42	10.668	Same as RG 74A/U except single braid
RG 79B/U	125	1000	0.475	12.065	RG 63B/U with armor
RG 81/U	50	3000	0.375	9.525	Term. Rigid high temperature cable
RG 82/U	50	5000	0.75	19.05	Same as RG 81/U
RG 83/U	35	2000	0.405	10.287	None
RG 84A/U	75	10000	1	25.4	RG 35B/U with lead sheath, not armor
RG 85A/U	75	10000	1.565	39.751	RG 84A/U with special armor
RG 86/U	200		0.65	16.51	Twist lead
RG 87A/U	50	5000	0.425	10.795	For replacement only, 12w, use RG 225/U
RG 88/U	50	8000	0.515	13.081	Pulse
RG 88A/U	50	8000	0.515	13.081	None
RG 88B/U	50	10000	0.265	6.731	None
RG 89/U	125	1000	0.625	16.028	Low capacitance
RG 90/U	50	3000	0.425	10.795	Carrier Frequency Communication
RG 93/U	50	10000	0.71	18.034	Replaced with RG 117/U
RG 98/U	50	7000	0.445	11.303	For replacement only, 12w, use RG 226/U
RG 100/U	33	2000	0.242	6.1468	None
RG 105A/U	78	1000	0.285	7.289	Shielded twisted pair
RG 111A/U	95	1000	0.49	12.446	none
RG 114A/U	185	1000	0.405	10.287	Special low capacitance
RG 115/U	50	4000	0.375	9.525	None
RG 115A/U	50	4000	0.415	10.541	None
RG 116/U	50	5000	0.475	12.065	For replacement only, 12w, use RG 227/U
RG 117A/U	50	7000	0.73	18.542	Same as RG 117/U. New, use RG 211A/U
RG 118A/U	50	7000	0.78	19.812	Same as RG 118/U. New, use RG 226A/U
RG 119/U	50	6000	0.465	11.811	High temperature cable
RG 120/U	50	6000	0.525	13.335	Same as RG 119/U, with armor
RG 122/U	50	1000	0.16	4.064	Same as RG 58/U except smaller in size
RG 124/U	73	2300	0.24	6.096	Replaced by RG 140/U
RG 125/U	150	2000	0.6	15.24	Special low capacitance
RG 126/U	50	3000	0.29	7.112	High attenuation same as RG 301/U
RG 130/U	95	8000	0.625	15.875	Same as RG 87A/U except more conductor
RG 131/U	95	8000	0.71	18.034	Same as RG 130/U except for armor
RG 133A/U	95	4000	0.405	10.287	TSAT O type NWR7
RG 140/U	75	2000	0.203	5.1942	High temperature, similar to RG 59A/U
RG 141A/U	50	1000	0.19	4.822	High temperature, similar to RG 58C/U
RG 142A/U	50	1000	0.206	5.2324	High temperature, similar to RG 55A/U
RG 142R/U	50		0.195	4.953	Same as above
RG 143A/U	50	3000	0.325	8.255	High temperature, similar to RG 58C/U
RG 144/U	75	5000	0.41	10.414	High temperature, similar to RG 117/U
RG 147/U	52	14000	1.937	49.1906	RG 19/U with armor
RG 148/U	72	4000	0.6	15.24	RG 8/U with special armor
RG 149/U	52	5000	0.405	10.287	Low noise
RG 150/U	75	5000	0.475	12.065	Same as RG 149/U except armored

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

RG 136/U	50	10000	0.54	13.716	Taped innerlayers 1 type K&I type A 1K
RG 137/U	50	13000	0.725	16.415	between 2nd of outer conductor & braided
RG 138/U	25	15000	0.725	16.415	Taped copper shield pulse cable
RG 139/U	50	23000	0.195	4.953	Replaced by RG-142/U
RG 160A/U	125	30000	1.055	26.927	Same as RG-160/U except copper braid
RG 164/U	75	10000	0.87	22.090	Same as RG-358/U except armored
RG 165/U	50	5000	0.41	10.414	None
RG 166/U	50	5000	0.46	11.684	Same as RG-165/U except armored
RG 174/U	50	1500	0.1	2.54	None
RG 177/U	50	11000	0.875	22.733	None
RG 178B/U	50	1000	0.075	1.905	None
RG 179B/U	75	1200	0.105	2.667	None
RG 180B/U	95	1500	0.145	3.663	None
RG 181/U	125	3500	0.68	16.256	None
RG 182/U	125	2300	1.055	26.927	Special dual twist
RG 183/U	50	1000	0.75	19.035	None
RG 185/U	2000	0.262	7.1628	Delay cable	
RG 186/U	1000	0.405	10.287	Delay cable	
RG 187A/U	75	1200	0.11	2.794	Same as RG 187/U except inner conductor
RG 188A/U	50	1200	0.11	2.794	Same as RG 188/U except inner conductor
RG 189/U	50	3500	0.875	22.255	7/8 in weather cable
RG 190/U	50	15000	0.7	17.78	Taped inner layers 2 wraps of type K
RG 191/U	25	15000	1.400	37.3126	& 2 wraps of type L between outer braid
RG 192/U	125	15000	2.2	55.88	Pulse cable
RG 193/U	125	30000	2.1	53.34	Pulse cable
RG 194/U	125	30000	1.945	49.633	Pulse cable
RG 195A/U	95	1500	0.155	3.937	Same as RG-195/U except inner conductor
RG 196A/U	50	1000	0.08	2.032	Same as RG 196/U except inner conductor
RG 197/U	50	0.875	22.255	None	
RG 199/U	70	1.015	25.781	None	
RG 200/U	70	1.765	44.831	None	
RG 201/U	50	3200	0.75	19.035	None
RG 210/U	93	750	0.242	6.1468	Replaces RG 62C/U
RG 211A/U	50	7000	0.73	18.542	Same as RG 211/U except braid wire size
RG 212/U	50	3000	0.332	8.4328	Formerly RG-58/U
RG 213/U	50	5000	0.465	10.287	Formerly RG-8A/U
RG 214/U	50	5000	0.425	10.795	Formerly RG-9B/U
RG 215/U	50	5000	0.475	12.065	Formerly RG-10A/U
RG 216/U	75	5000	0.425	10.795	Formerly RG-12A/U
RG 217/U	50	7000	0.545	13.843	Formerly RG-144A/U
RG 218/U	50	11000	0.87	22.090	Formerly RG-17A/U
RG 219/U	50	11000	0.945	24.033	Formerly RG-18A/U
RG 220/U	50	14000	1.12	28.446	Formerly RG-19A/U
RG 221/U	50	14000	1.195	30.353	Formerly RG-20A/U
RG 222/U	50	2700	0.332	8.4328	Formerly RG-21A/U
RG 223/U	50	1900	0.216	5.4964	Formerly RG-55A/U
RG 224/U	50	7000	0.615	15.621	Formerly RG-74A/U

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

RG 223/U	50	5000	0.43	10 922	Formerly RG-87A/U
RG 226/U	50	7000	0.5	12.7	Formerly RG 94A/U
RG-227/U	50	5000	0.40	12.446	Formerly RG-116/U
RG-228A/U	50	7000	0.795	20.193	Same as RG 228/U except wire size
RG 230/U	25		0.74	18.796	Triaxial pulse cable
RG 231/U	50		0.5	12.7	None
RG 232/U	50		1.05	26.67	None
RG 233/U	50		1.762	44.831	None
RG 234/U	50		3.295	83.693	None
RG 235 U	50	5000	0.47	11.938	None
RG 236/U	50		0.5	12.7	None
RG 237/U	50		0.41	13.24	None
RG 240 U	50		1.625	41.375	None
RG 242 U	50		3.125	79.375	None
RG 244 U	75		0.5	12.7	None
RG 245 U	75		0.4	13.24	None
RG 246/U	75		0.675	25.225	None
RG 247/U	75		1.035	25.761	None
RG 248 U	75		1.425	41.275	None
RG 249 U	75		1.765	44.831	None
RG 250 U	75		3.125	79.375	None
RG 251 U	75		3.295	83.693	None
RG 252 U	50		0.53	13.462	None
RG 253 U	50		0.635	16.129	None
RG 254 U	50		1.1	27.94	None
RG 255 U	50		0.953	24.202	None
RG 256 U	50		0.953	24.202	None
RG 257 U	50		1.786	45.304	None
RG 258 U	50		1.936	49.1744	None
RG 259 U	50		0.36	9.906	None
RG 263/U	50		0.5	12.7	None
RG 264A U	36.8		0.75	19.05	Same as RG 264/U except low temperature
RG 265 U	1530	4000	0.4	10.16	Delay cable
RG 268 U	50		0.5	12.7	None
RG 269/U	50		1.005	25.527	None
RG 270 U	50		1.83	46.482	None
RG 270 U	75		0.125	3.175	None
RG 280 U	50	3000	0.467	11.8018	For low loss and low voltage application
RG 281 U	50	4000	0.75	19.05	For low loss and low voltage application
RG 282 U	54.4	4500	0.2	5.08	For 150 degree [C] operation
RG 283 U	40	3800	0.475	12.065	For 150 degree [C] operation
RG 284 U	75		1.005	25.527	None
RG 285 U	100		1.005	25.527	None
RG 286 U	75		1.83	46.482	None
RG 287 U	100		1.83	46.482	None
RG 292 U	75		1.83	46.482	None
RG 293 U	50		0.545	13.843	None

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

RG-294/U	95		0.63	16,002	Two Axial
RG-295/U			0.895	22,733	None
RG-296/U	50	10000	1.19	30,226	None
RG-297/U	50		1.003	25,527	None
RG-298/U			0.65	16,51	unshilded buoyant cable
RG-301/U	50	3000	0.243	6,223	Similar to RG-126/U
RG-302/U	75	2300	0.205	5,224	Similar to RG-140/U
RG-303/U	50	1400	0.17	4,319	Similar to RG-141/U
RG-304/U	50	3000	0.26	7,112	Similar to RG-143A/U
RG-305-U	75		1.97	50,546	None
RG-306-U	75		1.015	25,781	None
RG-307/U	75	400	0.27	6,850	Interlaced in pairs with chiolide
RG-316/U	50	1200			High temperature similar to RG-108A/U
RG-318-U	50		1.1	27,94	None
RG-319A/U	50		2	50.8	None
RG-321/U	50		2.83	72,20	None
RG-322/U	50		3.04	77,316	None
RG-323-U	50		1.19	26,924	None
RG-324-U	50		0.96	24,892	None
RG-325-U	50		0.463	11,811	None
RG-326-U	50		0.776	19,766	None
RG-327-U	50		1.18	29,972	None
RG-331-U	50		0.625	15,875	None
RG-332-U	50		0.615	20,701	None
RG-333-U	50		1.052	26,7208	None
RG-334-U	75		0.5	12.7	None
RG-335-U	75		0.625	15,875	None
RG-336-U	75		0.875	22,228	None
RG-360-U	50		0.825	20,935	None
RG-360-U	50		0.62	15,748	None
RG-367-U	50		5.2	132,06	Very large cable
RG-369-U	50		0.47	11,938	None
RG-370-U	50		0.30	6,436	None
RG-371/U	50		0.14	3,556	None
RG-376/U	50		1.06	26,924	None
RG-377-U	50		0.53	13,462	None
RG-378-U	50		2	50.8	None
RG-382-U	50		1.62	41,146	None
RG-385-U	50		0.66	16,764	None

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Bibliografía**

- ☐ R. E. Ziemer  
"Principios de Comunicaciones"  
Ed. Trillas
- ☐ P. H. Smale  
"Introducción a los sistemas de telecomunicaciones"  
Ed. Trillas
- ☐ Montesinos Ortuño, Jesús  
"Comunicaciones analógicas y digitales"  
Ed. Paraninfo
- ☐ Mahlke, Gunther y Gossing, Peter  
"Conductores de fibras ópticas"  
Barcelona: Marcombo; Berlín: Siemens, c 1987
- ☐ M. Schwartz  
"Cableado de redes"  
Ed. Paraninfo 1996
- ☐ Huidobro Moya, José Manuel  
"Comunicaciones de voz y datos"  
Ed. Paraninfo 1996
- ☐ Raya Cabrera, José Luis y Raya Pérez, Cristina  
"Redes locales y TCP/IP"  
Ed. Alfaomega 1997
- ☐ J. Palmer, Michael  
"Redes de Computadoras: Una guía práctica"  
Thomson Learning, México, c 2001
- ☐ K. Runge, Peter y R. Trischitta, Patrick  
"Undersea lightwave communications"  
IEEE communications society, c 1986
- ☐ Ericsson Telecom  
"Understanding Telecommunications"  
Studentlitteratur 1997

**Referencias**

- ☐ ASERCOM™  
Asesoría en Redes y Telecomunicaciones S. A. De C. V.  
Abril 1999
- ☐ <http://redii.cic.ipn.mx/librospro/redes/>
- ☐ <http://www.evelius.com/fundatel/>
- ☐ [http://mx.geocities.com/Lic\\_charlie/tipos\\_de\\_cable.html](http://mx.geocities.com/Lic_charlie/tipos_de_cable.html)
- ☐ <http://www.programatica.com.mx/varios/>
- ☐ <http://www.texcall-llc.com/coaxial/wire/cabletypes.html>
- ☐ <http://www.vjakon.com.mx/>

**ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA**