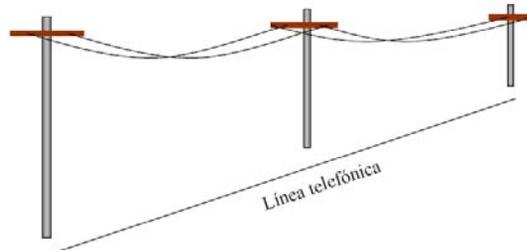


## Especificaciones de cables

### Cable de par trenzado - Etapas de su desarrollo tecnológico

#### Etapa 1.- Alambres de acero paralelos

En el Siglo IX, con la aparición del teléfono se usaron alambres paralelos de acero desnudo (figura 11). Tenían un grosor entre 1.5 y 4 mm de diámetro.



**Inconveniente presentado:** **corrosión** causada por la exposición a la intemperie y **atenuación** a distancia un poco mayor. El acero contiene hierro.

**Solución:** utilizar otro metal que soporte mejor los problemas de corrosión y que sea mejor conductor de la corriente eléctrica: el cobre.

#### Etapa 2.- Alambres de cobre paralelos

Tenían un grosor de 1.2 mm de diámetro.

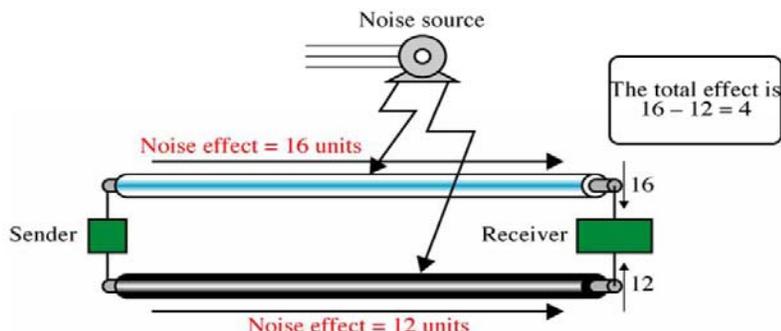
**Inconveniente presentado:** **resistencia eléctrica.** Con la expansión de las redes de telefonía y, por ende, mayor extensión de los tendidos de las líneas, se comenzó a experimentar que las condiciones climáticas afectan significativamente a la resistencia eléctrica de los alambres desnudos que están directamente expuestos. La resistencia eléctrica de los metales crece con la temperatura.

**Solución:** aislar los alambres con plástico

#### Etapa 3.- Alambres de cobre paralelos aislados con plástico

Se comenzó a hablar de cables y de conductores.

**Inconveniente presentado:** **interferencia electromagnética.** Con la expansión de las redes de telefonía hacia áreas industriales, se comenzó a agudizar el problema de la interferencia electromagnética de dispositivos tales como motores que generan ruidos en los conductores. Si los dos conductores son paralelos, el cable más cercano a la fuente de ruido tiene más interferencia y termina con un nivel de tensión más alto que el conductor que esta más lejos, lo que da como resultado cargas distintas y una señal perturbada (figura 12).



**Solución:** Trenzar los conductores

### Etapa 4.- Alambres de cobre trenzados

Si los dos conductores se trenzan entre sí, en intervalos regulares, entre 7 y 40 torsiones por metro, cada conductor está cerca de la fuente de ruido durante la mitad del tiempo y lejos durante la otra mitad (figura 13).

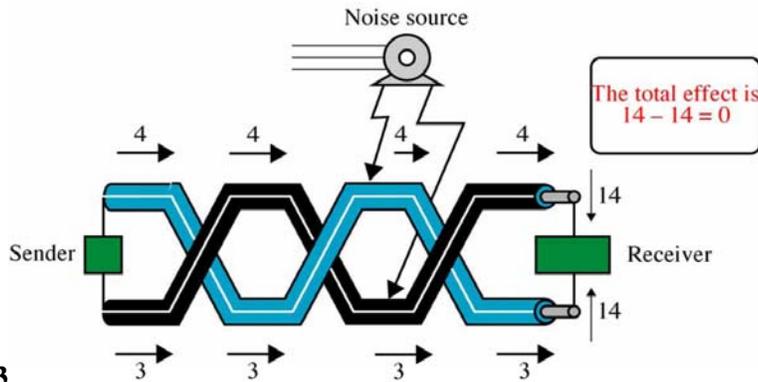


Fig.13

Cada sección de conductor tiene una “carga” de 4 y 3 en cada posición. El efecto total del ruido en el receptor es cero. El trenzado no siempre elimina el impacto del ruido, pero lo reduce significativamente.

**Inconveniente presentado:** miles de alambres trenzados tendidos en una red. La expansión de las redes de telefonía agudiza este nuevo problema

**Solución:** Agrupar los pares trenzados y protegerlos con una cubierta para darles resistencia mecánica.

### Etapa 5.- Cables de pares de cobre trenzados

Se desarrollaron los primeros cables telefónicos. Todos los pares trenzados vuelven a trenzarse en grupos y subgrupos. El trenzado de los pares reduce las interferencias y el trenzado entre diferentes pares adyacentes reduce la diafonía. En principio, la cubierta del cable era sólo de un material plástico resistente llamado polietileno; luego se le adhirió una capa de aluminio corrugado para proteger al cable de interferencias electromagnéticas. Ver la Figura 14.



Fig.14

### Calibre de los conductores

Los conductores de cables multipares tienen diversos calibres. Se identifican con el estándar AWG (American Wire Gauge).

AWG	mm
26	0.4
24	0.5
22	0.65
18	1.0

### Código de colores

El color del aislante plástico de los conductores sirve para identificar a los pares. Existe un código de colores, el cual es la combinación de 10 diferentes colores: cinco identifican a los conductores “A” y los otros cinco a los “B”. En total 25 combinaciones diferentes:

Conductor A	Conductor B
Blanco	Azul
Rojo	Naranja
Negro	Verde
Amarillo	Café
Violeta	Gris

Además de su amplia y obligada utilización en los cables multipares, los cables bifilares individuales o sencillos también se siguen empleando en una diversidad de aplicaciones en comunicaciones y electrónica.

Por lo general, la separación entre los ejes de los dos conductores es de 1.5 veces el diámetro de cualquiera de ellos. El aislante que se utiliza es el polietileno.

## Cables UTP para redes LAN

Los cables se diseñan para funcionar mejor en una aplicación específica. Por ejemplo, los cables de alimentación eléctrica están diseñados para minimizar la pérdida de potencia a frecuencias de 50 ó 60 Hz. Los cables para LAN (red de área local) están diseñados para minimizar la distorsión de la señal a altas frecuencias y existen dos tipos de ellos: el *cable de par trenzado* y el *cable coaxial*. Esta sección se ocupará del cable de par trenzado.

### Características eléctricas del cable de par trenzado

El cable de par trenzado consiste de pares de hilos trenzados. Los hilos se trenzan para minimizar la interferencia entre los pares del cable o de otras fuentes externas.

Cada par de cable forma un camino eléctrico completo para transmisiones de señales. En cada par, la corriente que fluye a través de los hilos es igual, pero fluye en sentido opuesto. Estas corrientes producen campos electromagnéticos que podrían transmitir ruido eléctrico a hilos cercanos. Sin embargo, los campos alrededor de los dos hilos tienen polaridades opuestas. Al trenzar los hilos, los campos se cancelan el uno con el otro, lo cual minimiza el ruido eléctrico, o interferencia, generado por cada par.

### Tipos de cable de par trenzado

Básicamente, existen dos tipos de cables trenzados: UTP y STP

#### Cables UTP

El cable UTP es un tipo de cable de par trenzado sin blindar (UTP - *Unshielded Twisted Pair*); consiste de 4 pares de alambres calibre 24 AWG (0,50 mm) forrados con FEP (propileno-etileno fluorado). La cubierta exterior es de PVC (figura 15).

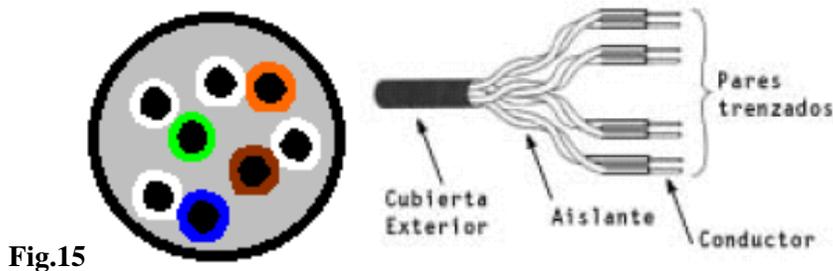


Fig.15

#### Cables STP

El cable STP es un tipo de cable de par trenzado con blindaje (STP - *Shielded Twisted Pair*); consiste de 4 pares de alambres calibre 24 AWG (0,50 mm) forrados con FEP (propileno-etileno fluorado). Cada uno de los pares contiene un blindaje conductivo que está eléctricamente puesto a tierra para proteger a los conductores del ruido eléctrico exterior. El cable STP (figura 16) es más costoso y difícil de instalar que el cable trenzado sin blindar UTP.

El cable STP tiene variantes conocidas como par trenzado con pantalla entrelazada (ScTP) o par trenzado con pantalla de hoja o funda metálica (FTP).

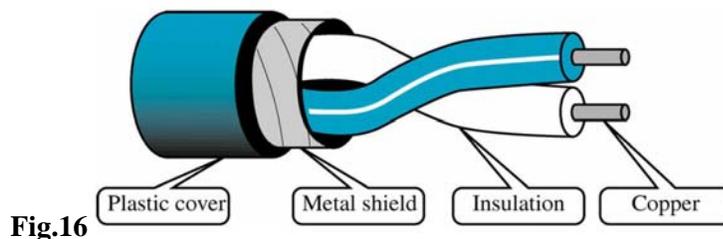


Fig.16

## Categoría de cables

De acuerdo a las especificaciones que deben cumplir los cables y conectores para las distintas aplicaciones y tecnologías en las cuales se utilizan, los entes de normalización han clasificados a los cables y conectores en diferentes categorías (Categoría 1, 2, 3, 4, 5, 5e, 6 y futura 7) según la calidad constructiva y, desde el punto de vista eléctrico, por la frecuencia máxima que puede soportar.

Cada cable en categorías superiores maximiza el traspaso de datos y minimiza las cuatro limitaciones de las comunicaciones de datos:

- La atenuación
- La diafonía o crosstalk
- La distorsión de las señales eléctricas causada por cables de pares cercanos. Esta distorsión se representa por el valor de capacitancia entre pares cercanos (medida en pF/m). A menor valor de pF/m, mejor será el cable.
- Los desajustes de impedancia. Ocurren cuando la impedancia de la señal no se ajusta a la del dispositivo de recepción. Es una medida de cómo las señales pueden pasar fácilmente a través de un circuito. Para comunicaciones más claras, la impedancia de la señal transmitida y recibida debe ser igual. La impedancia característica para los cables UTP debe ser de  $100 \Omega \pm 15$  y para los STP de  $150 \Omega \pm 15$ .

### Categorías 1 y 2

Los cables de categorías 1 y 2 se utilizan para voz y transmisión de datos de baja capacidad (hasta 4 Mbps). Este tipo de cable es el idóneo para las comunicaciones telefónicas, pero las velocidades requeridas hoy en día por las redes necesitan mejor calidad.

### Categoría 3

Admiten frecuencias de hasta 16 MHz. Deben tener obligatoriamente al menos 9 trenzas por metro (ver figura 17) y se puede usar para transmisión voz y de datos hasta 10 Mbps. Actualmente es el cable estándar en la mayoría de los sistemas de telecomunicación de telefonía en redes internas. Se usa también en redes Ethernet. Esta categoría hace uso de tres pares trenzados para transmisión en half duplex y un cuarto par para detección de colisiones.



Fig.17

### Categoría 4

Admiten frecuencias de hasta 20 MHz. Deben tener también al menos nueve trenzas por metro, así como otras condiciones para hacer que la transmisión se pueda efectuar a 16 Mbps en redes Ethernet. Al igual que la Categoría 3, usa la misma configuración de cuatro pares trenzados. En desuso.

### Categoría 5

Admiten frecuencias de hasta 100 MHz. Debe tener al menos 110 trenzas por metro (ver figura 18). Usada para la transmisión de datos hasta 100 Mbps (Fast Ethernet). Es el que actualmente más se utiliza en todas las arquitecturas de Networking. Hace uso de dos pares trenzados en transmisión de Full Dúplex, usando un par para la transmisión, y el otro para la recepción y detección de colisiones.



Fig.18

### Categoría 5e (Enhanced-Extendida)

Es una extensión de la norma que especifica la Categoría 5. La Categoría 5e especifica requerimientos de parámetros más estrictos para redes Fast Ethernet. Establece los límites mínimos de *pérdida de retorno* y de *intermodulación*, que para la Categoría 5 son sólo informativos. La categoría 5e está regida por la norma ANSI/TIA/EIA-TSB-95, estableciendo los parámetros y los métodos para las pruebas de campo de los enlaces UTI.

Los parámetros primarios para las pruebas de campo de los enlaces UTP Categoría 5e son:

- 1) Mapa de Cableado
- 2) Longitud del segmento
- 3) Atenuación
- 4) NEXT (*Near-End Crosstalk*) Intermodulación en el extremo cercano

El rango de frecuencias de trabajo es extendido a 1 – 100 MHz. Constructivamente es similar al cable de Categoría 5 pero se toma especial cuidado en el diseño y construcción.

## Categoría 6

La norma del cableado de Categoría 6 lo especifica para uso hasta 250 MHz. Esta categoría está siendo analizada por el ANSI/TIA/EIA TR-42.7.1. La Categoría 6 extiende el rango de frecuencias de trabajo a 250 MHz. Los parámetros requeridos son iguales a los especificados por la Categoría 5e.

En esta categoría, los conectores de 8 pines Jacks y Plugs RJ45 deben estar diseñados como un par sintonizado o apareado para conseguir un alto nivel de desempeño en las pruebas de NEXT. Si el usuario mezcla los conectores apareados, el enlace puede que no cumpla con los parámetros de la Categoría 6.

Constructivamente, consiste de 4 pares de conductores de cobre de 0,50 a 0,53 mm (calibre AWG 24) con cubierta FED. La cubierta exterior es igual a la usada en las Categorías 5 y 5e. Se toma extremado cuidado en el diseño y armado del mismo, manteniendo la uniformidad del trenzado.

## Categoría 7

La norma del cableado de Categoría 7 lo especifica para uso hasta 600 MHz y construido con pares trenzados blindados individualmente (cada par) con un blindaje adicional sobre el conjunto de pares. También especifica el uso de terminadores conectados al blindaje del conector, lo cual implica un nuevo conector. Esta norma todavía está en desarrollo y en estudio por parte del ISO/IEC/ISC25 (*International Standard Committee*).

La norma que determina esta categoría establece condiciones más estrictas para los conectores, lo cual hace que los actuales conectores 8 RJ45 no sean recomendados.

A los cables de esta categoría también se los llama "SSTP" (*Shielded-Screened Twisted Pair*) Cables trenzados blindados individualmente. Consisten de 4 pares de alambre de cobre de calibre AWG 22 (0.65 mm) con una cubierta de FEP. Los pares son rodeados individualmente por una lámina metálica delgada longitudinal o helicoidal seguido por un blindaje metálico trenzado. La cubierta exterior es de PVC (figura 19).



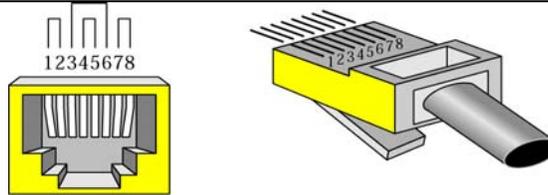
Fig.19

## Conectores

La mayor parte de las líneas de transmisión terminan en cierto tipo de conector: un dispositivo que conecta el cable a un equipo o a otro cable. Un contacto común para toma de corriente alterna AC hembra y macho son tipos básicos de conector. Con líneas en paralelo y cable coaxial se usan conectores especiales. Los conectores se encuentran en todos los equipos de comunicaciones, y se dan por admitidos; sin embargo pueden ser un punto de falla común en muchas aplicaciones. Algunos tipos de conectores más comunes son los siguientes:

### Conectores UTP

Para telefonía se utilizan los conectores RJ 11 de dos conductores. Para redes de datos se utilizan los conectores RJ 45 de 4 y 8 conductores (figura 20).



**Fig.20** RJ-45 Female RJ-45 Male

Las normas EIA-TIA 568A y B fijan la forma constructiva del conector del enlace de redes, estableciendo la codificación de los colores de los alambres conectados a cada conector según el siguiente diagrama (figura 21).

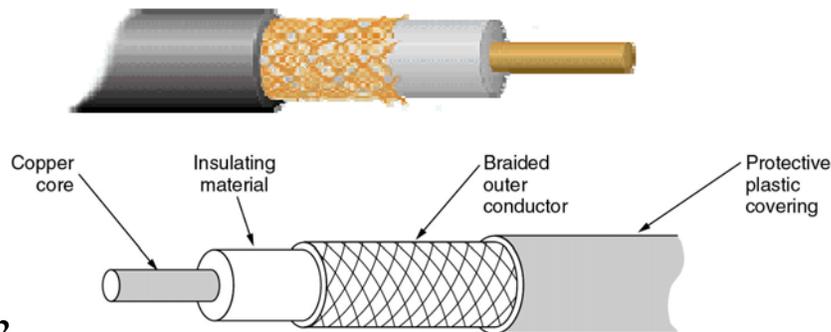
**Asignación de colores de cables y par para Cables UTP según la Norma**

Pin	Norma EIA-TIA 568A		Norma EIA-TIA 568B	
	Par	Color Sugerido	Color Sugerido	Par
5	1	Blanco-Azul (W-BI)	Blanco-Azul (W-BI)	1
4		Azul (BI)	Azul (BI)	
3	2	Blanco-Naranja(W-O)	Blanco-Verde(W-G)	3
6		Naranja (O)	Verde (G)	
1	3	Blanco-Verde (W-G)	Blanco-Naranja (W-O)	2
2		Verde (G)	Naranja (O)	
7	4	Blanco-Marrón (W-Br)	Blanco-Marrón (W-Br)	4
8		Marrón (Br)	Marrón (Br)	

**Fig.21**

## Cable coaxial

El cable coaxial, al igual que el par trenzado, tiene dos conductores, pero está construido de manera diferente: tiene un **conductor central sólido de cobre** que corre en **forma concéntrica** (coaxial) dentro de **un conductor circular externo sólido (o malla)**, de cobre o aluminio. Lo ideal sería que el espacio entre los dos conductores estuviera ocupado por aire, pero en la práctica suele estar ocupado por un material dieléctrico aislante con una estructura sólida o de panal, de polietileno (figura 22).



**Fig.22**

El conductor exterior aísla al conductor central de las interferencias electromagnéticas (EMI) externas, sirve de blindaje. Las pérdidas por radiación y por la conducción superficial son mínimas gracias a la presencia del conductor externo. El conductor externo está rodeado por otro aislante y una cubierta de plástico. Gracias a su construcción se puede usar para cubrir mayores distancias que un par trenzado.

## Especificaciones de los cables coaxiales

La tabla de la figura 23 presenta información sobre varios tipos de cables coaxiales de uso común en electrónica.

Fig.23

Tipo	Diámetro exterior	$Z_0$	$v_f/c$	Peso cada 100m	C	f(MHz) / Atenuación en dB cada 100 m									
						mm	ohm	kg	pF/m	10	14	28	50	100	144
Aircom Plus	10,8	50	0,80	15,0	84	0,9				3,3	4,5	8,2	14,5	21,5	
H2000 Flex®	10,3	50	0,83	14,0	80	1,1	1,4	2	2,7	3,9	4,8	8,5	15,7	21,8	
H 100	9,8	50	0,84	11,0	79			2	2,8		4,9	8,8	16	22,4	
H 500	9,8	50	0,81	13,5	82	1,3			2,9	4,1	5,6	9,3	16,8	24,1	
RG 213 US100	10,3	50	0,66	15,5	101			2,4	3,2		5,9	10,1	21,1		
RG 213 U	10,3	50	0,66	15,5	101	2,2		3,1	4,4	6,2	7,9	14,8	27,5	41	
Aircell 7	7,3	50	0,83	7,2	74		3,4	3,7	4,8	6,6	7,9	14,1	26,1	37,9	
H 155	5,4	50	0,79	3,9	100			4,9	6,5	9,4	11,2	19,8	34,9	50	
RG 58 CU	5,0	50	0,66	4,0	101	4,6	6,2	8	11	15,6	17,8	33,2	64,5	110	
RG 55	5,4	53	0,66	6,0	94						16	29	52		
RG 62 A/U	6,2	93	0,85	1,73	40			5,0				22,0			
RG 223	5,4	50	0,66	6,0	101		6,1	7,9	11	15,4	17,6	30	57	85	
RG 174	2,6	50	0,66	1,1	101	13		18		30	34	60	110	175	
RG 142	4,95	50	0,635								15	28	49	72	
H 43	9,8	75	0,85	9,1	52	1,2			2,5	3,7		8	14,8		
RG 11	10,3	75	0,66	13,9	67				4,6	6,9		17,5			
RG 59	6,15	75	0,66	5,7	67					11,5	15	25	49	72	

La mayor parte de los cables coaxiales se designan por un código alfanumérico que empieza con las letras RG (Radio del Gobierno) o un número asignado por el fabricante.

Las especificaciones principales son la impedancia característica y la atenuación. Otras especificaciones son el diámetro exterior, el factor de velocidad de propagación, el peso y la capacitancia.

La atenuación es la cantidad de energía perdida por cada 100 m de cable expresada en dB para distintos valores de frecuencia. Note que la atenuación es directamente proporcional a la longitud y aumenta con la frecuencia.

Es posible tomar varias medidas para minimizar las pérdidas. Una de ellas sería hacer todos los esfuerzos para encontrar la forma de acortar la distancia entre el transmisor y la carga. Si eso no es posible, se puede utilizar un cable más grueso.

Cuando se considera la relación entre la longitud del cable y atenuación, debe recordarse que una línea de transmisión es un filtro pasobajas cuya frecuencia de corte depende mucho de la inductancia y capacitancia distribuidas a lo largo de la línea. Si es mayor la línea será menor su frecuencia de corte, lo que significa que las señales de frecuencia mas allá de la frecuencia de corte son atenuadas de manera intensa por el cable, a medida que éste se hace mas largo, es decir disminuye el ancho de banda de la línea de transmisión. Debe quedar, entonces, bien claro porqué es importante usar cables gruesos de pocas pérdidas para longitudes mas largas independientemente del costo y la inconveniencia para su manejo.

A modo de comparación, consideramos ilustrativo mostrar en la figura 24 la atenuación de distintos tipos de líneas de transmisión.

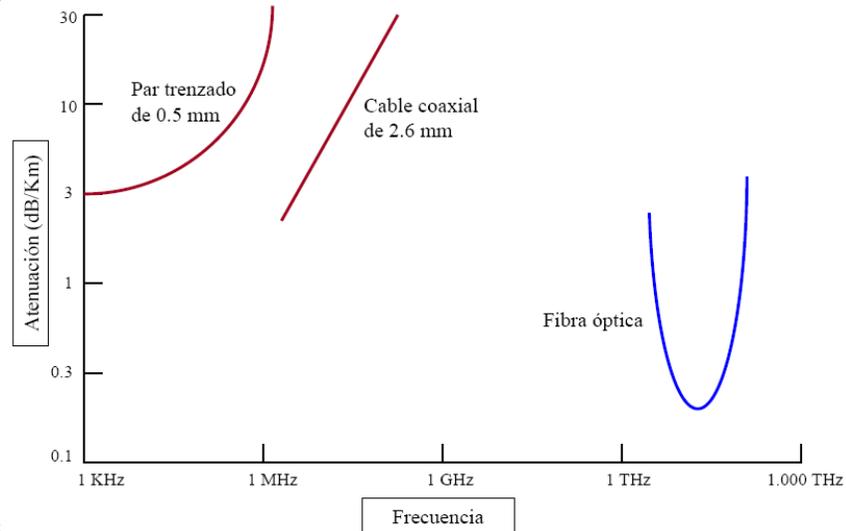


Fig.23

### Aplicaciones del cable coaxial

La tabla de la figura 24 muestra algunas aplicaciones comunes de los cables coaxiales.

Fig.24

Categoría	Impedancia característica	Aplicación
RG-59	75 Ω	TV Cable
RG-58	50 Ω	Ethernet de cable fino (Thin Ethernet) Φ = 0.7 mm.
RG-11	50 Ω	Ethernet de cable grueso (Thick Ethernet). Φ = 2.6 mm. Para la línea troncal
RG-6	75 Ω	TV Cable

### Conectores de cable coaxial:

A lo largo de muchos años se fabricaban conectores que buscaban soluciones específicas a requisitos de productos específicos. Pocos de ellos se convirtieron en estándares (figura 25).

**Conector BNC:** el conector de red a bayoneta **BNC** (*Bayonet Network Connector*) es el más popular. Generalmente, un cable termina en un conector macho. Son muy familiares debido a los cables de TV y a los enchufes de VCR.

**Conector BNC T:** se usa en redes LAN, permite derivar un cable secundario u otros cables de la línea principal. Un cable que sale de un PC se puede ramificar para conectarse a varios dispositivos.

**Terminadores BNC:** son necesarios en las topologías donde hay un cable principal que actúa como un troncal con ramales a varios dispositivos, pero que en sí mismo no termina en ningún dispositivo. Si se deja sin terminar, cualquier señal que se transmite sobre él genera una onda reflejada que interfiere con la señal original. Un terminador absorbe la onda al final del cable y elimina el reflejo.

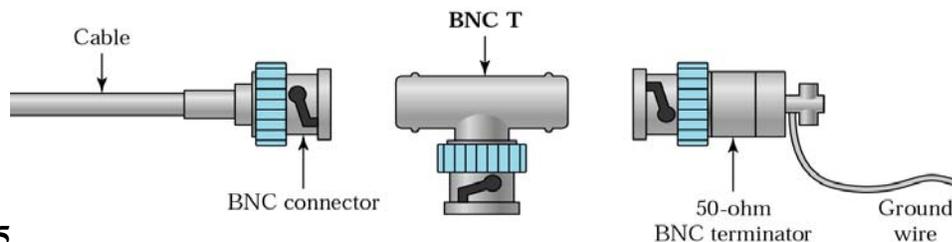


Fig.25