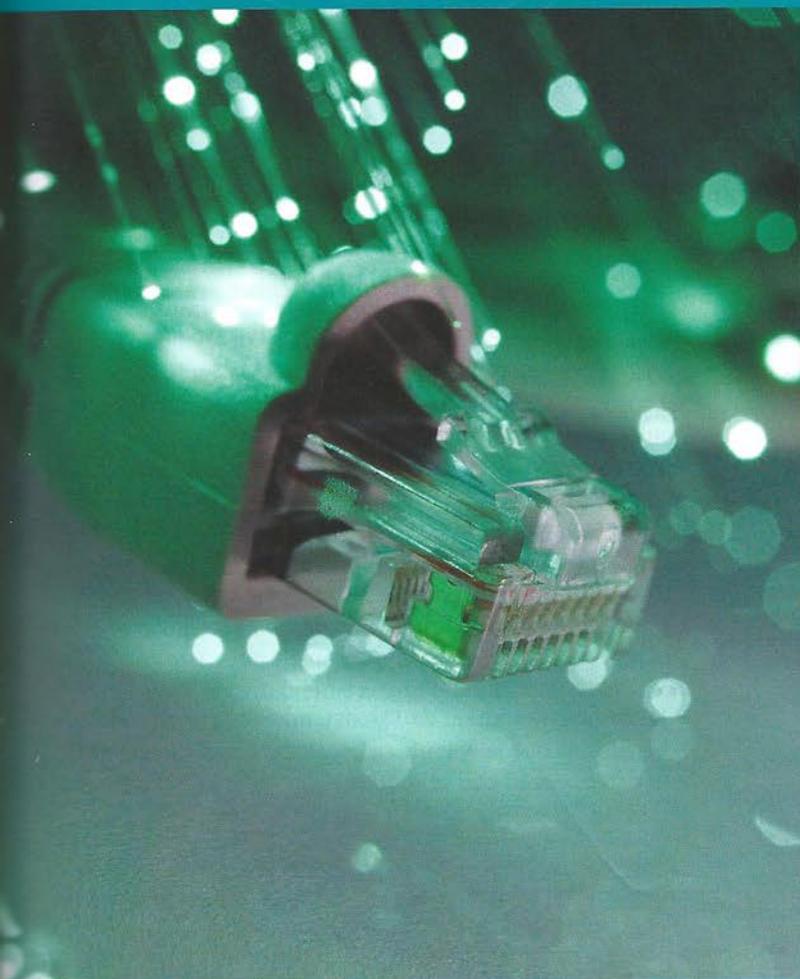


# Comunicaciones de banda ancha



Los operadores de telecomunicación proporcionan a los usuarios el acceso a los servicios de telefonía disponible al público (STDP) y a los servicios de telecomunicaciones de banda (STBA) ancha prestados a través de redes públicas de comunicaciones.

El enlace entre las redes de alimentación de los operadores de telecomunicación se realiza normalmente mediante cable, uniendo las centrales o nodos de comunicaciones con la edificación. La red de acceso del edificio a estos servicios también se realiza mediante cable, utilizando como medios de transmisión cables de pares, cables de pares trenzados, cables coaxiales o cables de fibra óptica.

# 6

## Contenidos

- 6.1. Servicios de banda ancha
- 6.2. El cable coaxial
- 6.3. Cables de pares
- 6.4. Cable de pares trenzados
- 6.5. Fibra óptica
- 6.6. Normas básicas de instalación

## Objetivos

- Identificar los elementos y las características de las redes cableadas.
- Determinar los elementos de conexión utilizados según el tipo de red.
- Seleccionar los equipos y elementos (cableados, canalizaciones y distribuidores, entre otros) de cada subsistema.
- Determinar los elementos que constituyen los sistemas de comunicaciones.
- Determinar los elementos de conexión en los puntos de distribución final.
- Identificar las especificaciones técnicas mínimas de los edificios en materia de telecomunicaciones.
- Configurar infraestructuras de redes de voz y datos con cableado estructurado, analizando las características de las redes y elaborando esquemas.

## 6.1. Servicios de banda ancha

Uno de los principales objetivos de la Infraestructura Común de Telecomunicaciones (ICT) de un edificio es proporcionar el acceso a los servicios de telecomunicación de banda ancha y el acceso a los servicios de telefonía básica que proporcionan los operadores de telecomunicaciones a través de sus redes e infraestructuras, tanto mediante tecnologías de acceso tradicionales como a través de las nuevas tecnologías de acceso ultrarrápidas.

### 6.1.1. Tecnologías de acceso

La **red de acceso**, que se muestra en la Figura 6.1, abarca el enlace que soporta los medios de transmisión utilizados (par de cobre, cable coaxial, fibra óptica, canal radioeléctrico...) y los elementos que realizan la adecuación de la señal entre el usuario final y el último nodo de la red, instalado en la central de conmutación del operador de telecomunicaciones. Este tramo se denomina normalmente **bucle de abonado**.

#### Sabías que...

Las tecnologías de acceso ultrarrápidas utilizan como medio de transmisión la fibra óptica, el cable coaxial y los cables de pares trenzados.

La enorme competencia entre los diferentes operadores de telecomunicaciones y el gran avance tecnológico actual han hecho posible un aumento de las modalidades de acceso de banda ancha que permiten a los usuarios disfrutar de la telefonía clásica, el acceso a Internet a alta velocidad, así como otros servicios más avanzados.

Las principales tecnologías que permiten a los usuarios el acceso a Internet y a los servicios de banda ancha son:

- Accesos basados en ADSL.
- Accesos basados en cable coaxial y fibra óptica.
- Accesos basados en tecnologías inalámbricas.

La principal tecnología de acceso utilizada hasta hace poco tiempo era la red de pares de cobre de la **red de telefonía básica**, que conecta al usuario con la central de telefonía para ofrecer servicios de telefonía. Con la mejora de las líneas de transmisión y la digitalización de las redes se añadieron servicios de banda ancha, como por ejemplo el ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*).

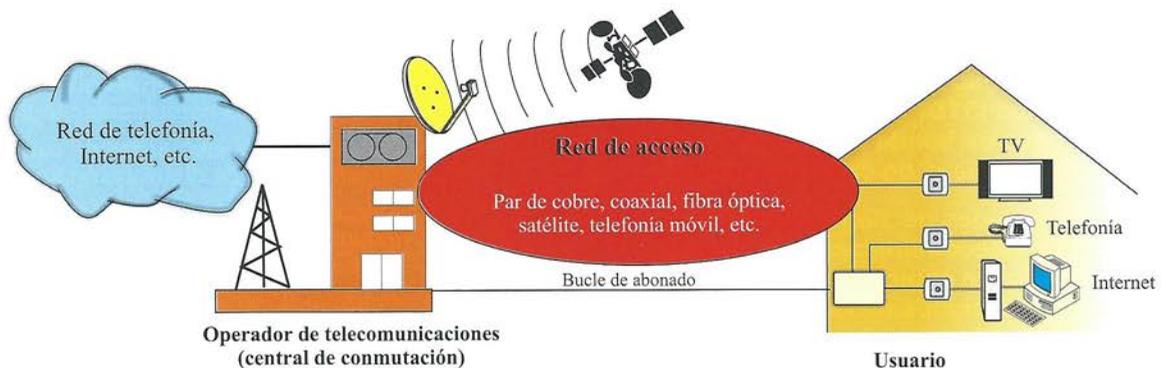
Además de los servicios de comunicaciones ofrecidos por los operadores de telefonía, los **operadores de cable** a través de sus redes de telecomunicaciones que combinan la fibra óptica y el cable coaxial (red HFC) como soporte de la transmisión de señales ofrecen servicios análogos.

Otras tecnologías utilizan medios de transmisión radioeléctricos para llegar al edificio. Por ejemplo, el **servicio de acceso fijo inalámbrico** (SAI) incluye aquellas tecnologías que utilizan las comunicaciones radioeléctricas como medio para establecer la conexión entre la red de telecomunicaciones y el domicilio del cliente. Mediante estas técnicas se puede proporcionar conexiones de banda ancha en zonas donde el acceso por medios cableados es difícil, como por ejemplo las zonas rurales.

#### Sabías que...

La principal ventaja de los sistemas de transmisión cableados es que la energía radioeléctrica está confinada en el cable, por lo que se reduce el problema de las interferencias.

Además, permite la transmisión de dos señales diferentes que ocupen el mismo espectro de frecuencias por el mismo recorrido utilizando cables diferentes.



**Sabías que...**

ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*): línea de abonado digital asimétrica.

HFC (*Hybrid Fiber Coaxial*): red híbrida fibra óptica-coaxial.

**Recuerda:**

El servicio SAI es fijo y, por tanto, se diferencia de los sistemas de comunicaciones móviles que también utilizan el espectro radioeléctrico.

**6.1.2. Redes de acceso fijo**

Las redes ultrarrápidas pueden llegar a ofrecer anchos de banda superiores a los 100 Mbps. Estas velocidades de acceso se consiguen básicamente mediante las siguientes tecnologías:

- **Cables de cobre.** Las redes telefónicas convencionales fueron diseñadas inicialmente para transmitir solo voz. El estándar DSL (*Digital Subscriber Line*) define una serie de tecnologías que permiten la utilización de una línea de telefonía convencional para la transmisión de datos a alta velocidad y, al mismo tiempo, la utilización normal de la línea telefónica.

Hay diferentes tecnologías DSL que se basan en el mismo principio de funcionamiento pero con diferentes prestaciones. La más adecuada en el ámbito doméstico es la denominada ADSL.

- **Redes HFC (híbrido de fibra y coaxial).** Estas redes utilizan tanto la fibra óptica como el cable coaxial para crear una red de banda ancha. Tradicionalmente estas redes las utilizan los operadores de TV por cable (CATV), pero esta tecnología también permite el acceso a los servicios de telecomunicaciones de banda ancha. Tal y como se observa en la Figura 6.2 el usuario final se conecta por medio de cable coaxial a un nodo zonal y posteriormente se interconectan los nodos zonales con fibra óptica.

- **Fibra óptica.** A diferencia de las redes HFC (Figura 6.3.a), las redes de fibra óptica proporcionan el máximo ancho de banda mediante fibra óptica hasta el abonado. Las dos tecnologías principales son las siguientes:

- **FTTB (fibra hasta el edificio).** En esta tecnología (Figura 6.3.b) la fibra normalmente termina en un punto de distribución intermedio en el interior o en las inmediaciones del edificio de los abonados. Desde este punto de distribución intermedio, se accede a las viviendas de los abonados finales del edificio mediante par de cobre o cables de pares trenzados.
- **FTTH (fibra hasta el hogar).** Esta tecnología, tal y como se muestra en la Figura 6.3.c, se basa

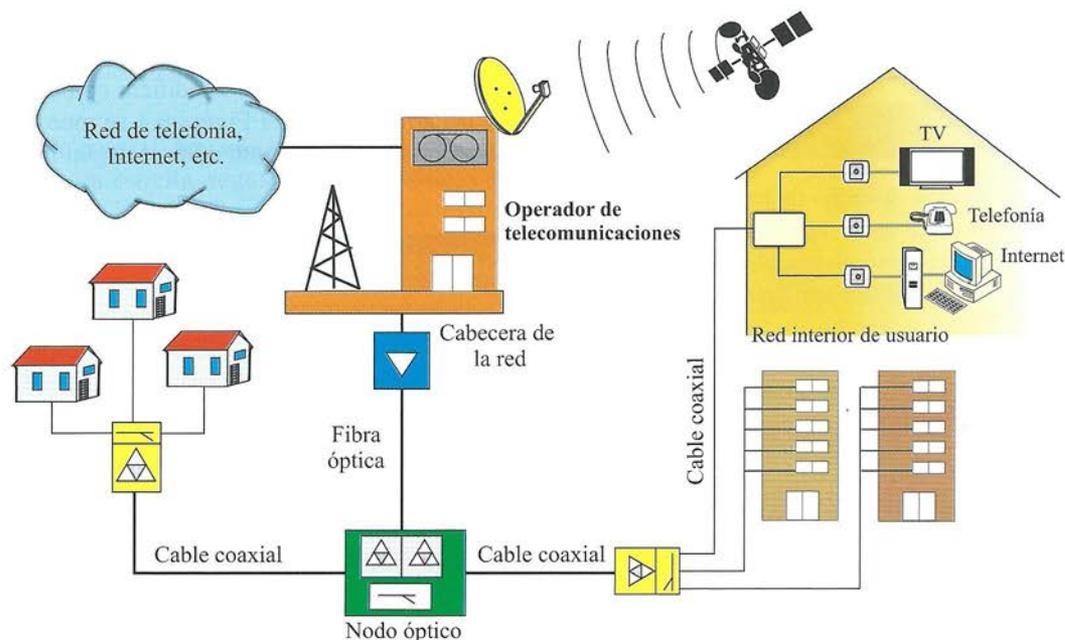


Figura 6.2. Estructura simplificada de una red HFC.

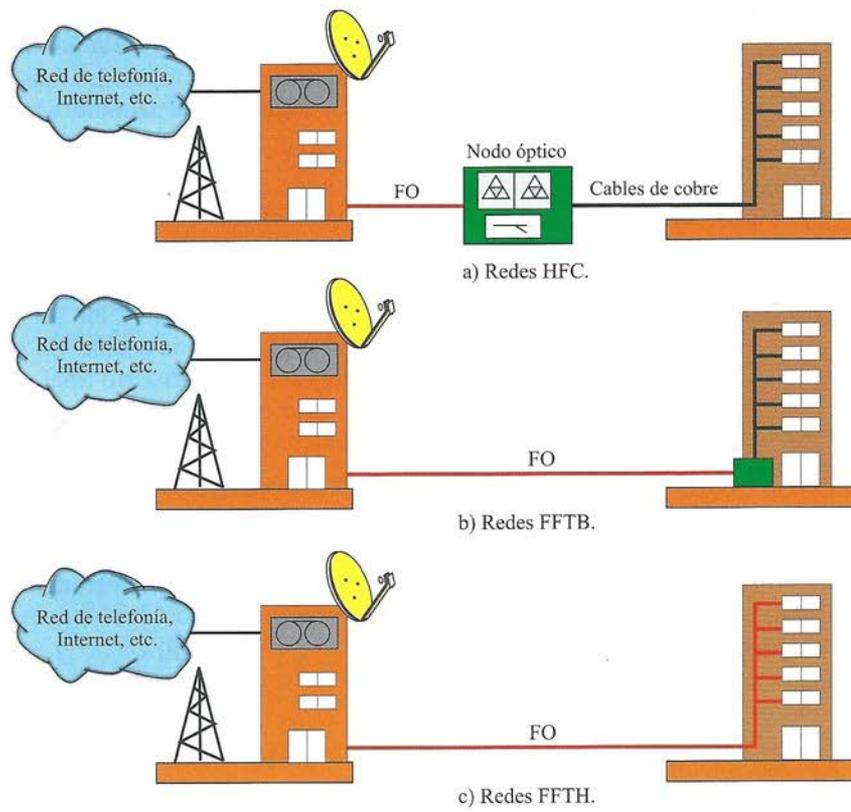


Figura 6.3. Estructura simplificada de las redes de acceso de fibra óptica.

en la utilización de cables de fibra óptica y sistemas de distribución ópticos para la distribución de servicios de banda ancha hasta el hogar.

### ► Recuerda:

Las redes HFC comparten el ancho de banda proporcionado por una línea coaxial entre varios usuarios, por lo que el ancho de banda efectivo disponible dependerá del número de abonados que utilizan simultáneamente el canal de transmisión.

### Sabías que...

FFTx es un término genérico para designar cualquier acceso de banda ancha sobre fibra óptica que sustituya total o parcialmente el cable de cobre del bucle de acceso del abonado:

FFTH: *Fiber From The Home.*

FFTB: *Fiber From The Building.*

### 6.1.3. Redes interiores de los edificios

Para el acceso a los servicios de banda ancha es necesario utilizar los medios de transmisión y los elementos de conexión adecuados, tanto en el edificio como en la instalación del usuario final. En la Figura 6.4 se muestran los diferentes tramos de la red de un edificio según la normativa ICT.

### Sabías que...

La ICT incorpora como medio de transmisión de las redes de acceso a los servicios de telefonía disponible al público y a los servicios de banda ancha tanto los cables coaxiales, como la fibra óptica y las redes de cables de pares y de cables de pares trenzados.

El nuevo reglamento de la ICT especifica diferentes tecnologías de acceso en el edificio, que dependerán del despliegue de las redes de acceso de los operadores en una determinada ubicación, ya que no tiene sentido instalar en un edificio fibra óptica si los operadores no tienen la capacidad ni la infraestructura para proporcionar la fibra óptica hasta la entrada del edificio.

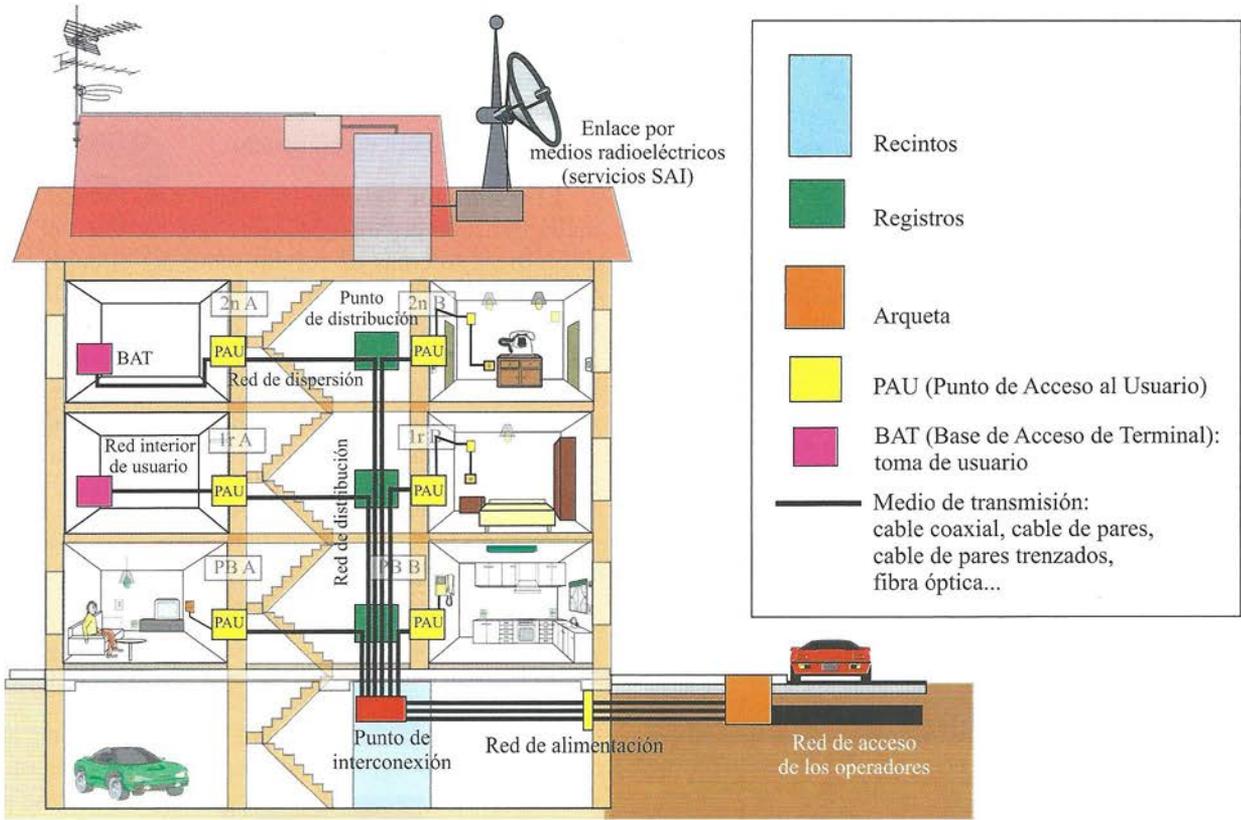


Figura 6.4. Tramos de la red de un edificio según la normativa ICT.

Las soluciones propuestas para la red de distribución y dispersión del edificio de las nuevas instalaciones de ICT incluyen:

- Red de cable de pares o red de cables de pares trenzados, utilizando una topología en estrella (Figura 6.5.a).
- Red de cable coaxial, con una topología en árbol (Figura 6.5.b) o en estrella, según las características del edificio.
- Red de fibra óptica, distribuida en estrella.

Para la red interior de usuario la normativa prevé un cableado de cable de pares trenzados UTP y una red de cable coaxial si fuera necesario.

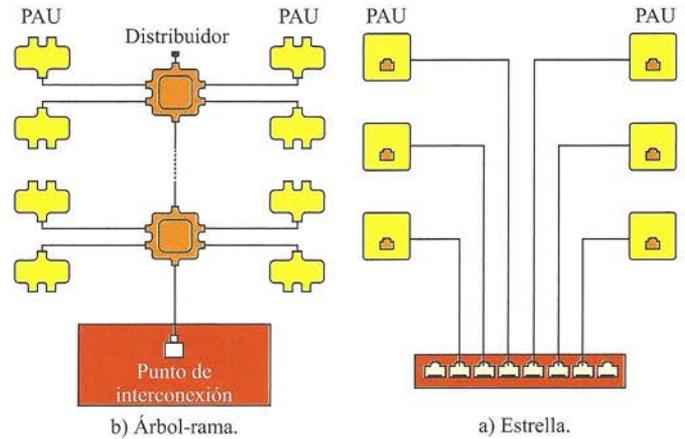


Figura 6.5. Topologías de instalación.

► Recuerda:

El acceso a los servicios de banda ancha requiere que el cableado de la instalación interior del edificio esté acorde a las características de la señal que se transmite por él.

6.1.4. Medios de transmisión

Una de las principales características que definen las señales de vídeo, TV y de datos es que transmiten señales eléctricas de baja potencia pero de alta frecuencia. Esto condiciona las características del medio de transmisión necesario para el transporte de estas señales.

Los principales tipos de cables que cumplen estas características son el cable coaxial, el cable de pares, el cable de pares trenzados y la fibra óptica.

## 6.2. El cable coaxial

El cable coaxial (Figura 6.6) se utiliza en aquellas aplicaciones que requieren la transmisión de señales eléctricas a alta velocidad y, a la vez, que esta transmisión sea inmune a las interferencias de otras señales externas.

Aplicaciones típicas de la utilización del cable coaxial son la distribución de la señal de TV en un edificio, las redes de televisión por cable, etc.



Figura 6.6. Cable coaxial.

### 6.2.1. Características constructivas

La Figura 6.7 muestra la composición y estructura típica de un cable coaxial.

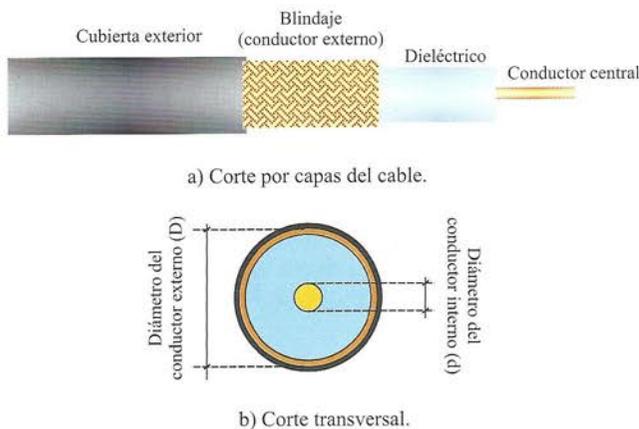


Figura 6.7. Estructura del cable coaxial.

El **conductor interior** o central es el conductor activo que distribuye la señal eléctrica. Está constituido por un único hilo de cobre, tratado según las características conductivas deseadas, como por ejemplo cobre estañado o acero cobreado. Cuanto mayor sea su diámetro, menor será la atenuación que presente el cable.

El **dieléctrico** es un material aislante que se coloca alrededor del conductor interno, con el fin de mantener el conductor exterior (pantalla) centrado con el anillo interior. El material más utilizado como aislante en los cables coaxiales es el polietileno compacto.

El **conductor externo** (blindaje) está formado por una malla trenzada de hilos de cobre que recubren el material dieléctrico. Además de formar parte del circuito eléctrico que transmite la señal, realiza funciones de blindaje del cable coaxial. La estructura de este conductor externo varía de un cable coaxial a otro, tal y como se muestra en la Figura 6.8 ya que en ocasiones, el dieléctrico se envuelve mediante una cinta, que constituye parte de la pantalla del cable coaxial, para asegurar una mayor cobertura y aumentar la protección frente a interferencias externas.

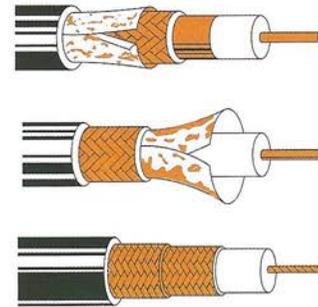


Figura 6.8. Diferentes estructuras de los cables coaxiales.

La **cubierta protectora**, formada de cloruro de polivinilo (PVC) o polietileno (PE), tiene una doble función: proteger el cable y mantener las características eléctricas a lo largo del mismo.

La principal ventaja de este tipo de línea es el carácter cerrado que presenta, que evita los problemas de interferencias y radiación presentes en otros tipos de cables.

### Sabías que...

En instalaciones que requieren mayor protección, el cable coaxial incorpora otros elementos como las armaduras o los elementos portantes.

### 6.2.2. Designación de los cables coaxiales

Existen diferentes normas nacionales e internacionales para la designación de los cables coaxiales, aunque la norma más utilizada comercialmente es aquella utilizada por las fuerzas armadas de Estados Unidos (norma MIL C-17).

Esta norma define siglas para identificar cada tipo de cable: las siglas empiezan con las letras RG seguidas por un número progresivo para cada tipo de cable (RG-48, RG-49...).

**Sabías que...**

Los cables coaxiales que se utilizan en las redes de distribución y dispersión de una ICT son de los tipos RG-6, RG-11 y RG-59. En la red interior de usuario el cable más utilizado es el tipo RG-59.

**Tipos de cables más comunes**

El cable coaxial RG-59 es un cable específico para aplicaciones de vídeo a baja potencia y transmisión de señales de RF. Se utiliza sobre todo en aplicaciones de radiofrecuencia, la transmisión de señales de CCTV y CATV y la transmisión de señales de radio y televisión.

El coste del cable RG-59 es menor que otros cables de características similares.

Las pérdidas en alta frecuencia del cable RG-59 son demasiado altas para transmisiones a larga distancia, por lo que en estos casos se utilizan cables coaxiales RG-6 o RG-11. Para instalaciones de gran longitud se utiliza el RG-11 de mayor diámetro y, por tanto, menos pérdidas.

**Sabías que...**

Las redes CCTV (*Closed Circuit TV*) distribuyen la señal de vídeo en un circuito cerrado de TV en un edificio con fines de seguridad, mientras que las redes CATV (cable TV) las utilizan los operadores para transmitir señales de TV.

**6.2.3. Parámetros característicos de los cables coaxiales**

Los principales parámetros que definen las características de un cable coaxial son los siguientes:

- Impedancia característica ( $\Omega$ ).
- Atenuación (dB/m).
- Margen de frecuencias de funcionamiento.
- Velocidad de propagación (%).
- Pérdidas de retorno.

La Tabla 6.1 muestra las características técnicas de un cable coaxial genérico.

**Impedancia característica ( $\Omega$ )**

La impedancia característica es un valor intrínseco del cable que no depende de la longitud del cable ni de la frecuencia.

Los cables coaxiales típicos utilizados en aplicaciones de telecomunicaciones tienen unos valores nominales de impedancia característica de 75  $\Omega$ .

Para conseguir la mayor transmisión de potencia en una línea de transmisión y reducir las pérdidas, la impedancia característica del cable debe coincidir con la impedancia de salida y de entrada de los equipos que comunica.

Si la impedancia de carga no es la misma que la impedancia característica de la línea se produce la reflexión de parte de la señal.

**Tabla 6.1.** Ejemplo de características de un cable coaxial genérico.

Diámetro			Recubrimiento malla (%)	Resistencia CC ( $\Omega$ /km)	Impedancia ( $\Omega$ )	Pérdidas de retorno (dB)	Velocidad de propagación (%)	Capacidad nominal (pF/m)	Atenuación	
Conductor central	Aislamiento	Exterior							f (MHz)	dB/100m
1,02 mm	4,50 mm	6,7 mm	75	102	75 $\pm$ 3	> 20	82	52	5	2,7
									55	5,3
									211	10,0
									300	11,7
									450	14,5
									550	16,1
									750	18,5
1.000	21,5									

### Ejemplo 6.1. Adaptación de impedancia

En la Figura 6.9.a se muestra la conexión de dos equipos mediante un cable coaxial. En este caso existe adaptación de impedancia: toda la potencia que se transmite se entrega al receptor. En el caso de que las impedancias no coincidan, tal y como se muestra en la Figura 6.9.b, la desadaptación de impedancia producida provoca que haya una pérdida de señal debido a la reflexión de parte de la señal (pérdidas de retorno).

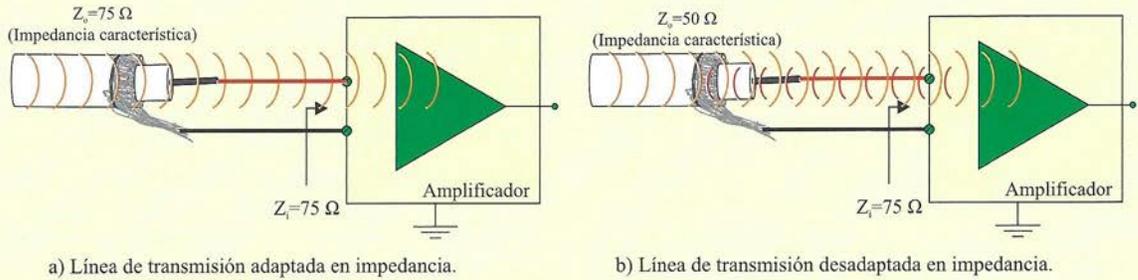


Figura 6.9. Comunicación entre dos equipos con cable coaxial.

#### ► Recuerda:

La impedancia característica de un cable coaxial es la relación entre la tensión aplicada y la corriente absorbida por un cable coaxial de longitud infinita. Esta impedancia depende de la relación entre el diámetro del conductor externo y el diámetro del conductor interno. El tamaño del cable coaxial no modifica su impedancia si se mantiene la relación entre el diámetro de sus conductores.

### Atenuación (dB/m)

La **atenuación** es la pérdida de potencia que sufre la señal al atravesar el medio de transmisión, expresada generalmente en dB cada 100 m (dB/100 m) o en dB/m.

### Ejemplo 6.2. Atenuación de un cable coaxial

En la Tabla 6.1 se comprueba cómo la atenuación se incrementa siempre al aumentar la frecuencia. A frecuencias bajas, por ejemplo 5 MHz, la atenuación es pequeña, de aproximadamente 2,7 dB cada 100 m de longitud. La atenuación de un metro de este cable es de 0,027 dB/m.

A medida que la frecuencia aumenta, la atenuación también crece. A la frecuencia de 1.000 MHz (1 GHz) la atenuación es de 0,215 dB/m, es decir, un tramo de 100 m de longitud tiene una atenuación de 21,5 dB.

### Margen de frecuencias

Las propiedades del medio de transmisión se cumplen para un determinado **margen de frecuencias** de manera que fuera de este margen su comportamiento no es adecuado para la aplicación utilizada.

Por ejemplo, el cable coaxial de la red de TV de la ICT debe estar preparado para trabajar en el margen de frecuencias de 5 a 2.150 MHz. En cambio, las redes de cable coaxial para el acceso a los servicios de telecomunicación de banda ancha requieren un margen de funcionamiento entre 5 y 1.000 MHz.

### Velocidad de propagación (%)

La **velocidad de propagación (NVP)** es la relación, normalmente expresada porcentualmente, entre la velocidad de propagación de la señal en el cable ( $v$ ) y la velocidad de propagación de la luz en el vacío ( $c_0$ ):

$$NVP(\%) = \frac{v}{c_0} \times 100$$

La velocidad de propagación de un cable coaxial varía entre 65 % y 85 % según la constante dieléctrica del material aislante que lo forma.

#### ► Recuerda:

NVP (*Nominal Velocity of Propagation*): velocidad nominal de propagación.

### Pérdidas de retorno

Las **pérdidas de retorno** (RL, *Return Loss*) se definen como la relación, en dB, entre la potencia entregada y la potencia reflejada en la terminación del cable.

Las pérdidas de retorno son las pérdidas ocasionadas debido a variaciones en la impedancia a lo largo del cable, ya sea por la falta de uniformidad o por discontinuidades en la geometría del cable durante la construcción del mismo.

Esta variación en la impedancia produce la reflexión de la señal, que se traduce en pérdida de señal.

### Sabías que...

Los cables coaxiales de la ICT deben cumplir con las especificaciones de las Normas UNE-EN 50117-2-1 (Cables coaxiales. Parte 2-1: Especificación intermedia para cables utilizados en redes de distribución por cable. Cables de interior para la conexión de sistemas funcionando entre 5 y 1.000 MHz) y de la Norma UNE-EN 50117-2-2 (Cables coaxiales. Parte 2-2: Especificación intermedia para cables utilizados en redes de distribución cableadas. Cables de acometida exterior para sistemas operando entre 5 y 1.000 MHz).

### Ejemplo 6.3. Cables coaxiales de la red de ICT para el acceso a los servicios de banda ancha

En las instalaciones de ICT, con carácter general, los cables coaxiales a utilizar en las **redes de distribución y dispersión** son de los tipos RG-6, RG-11 y RG-59.

Las características que deben cumplir estos cables son:

- Impedancia característica de 75 Ω.
- Conductor central de acero recubierto de cobre de acuerdo a la Norma UNE-EN-50117-1.
- Dieléctrico de polietileno celular físico, expandido mediante inyección de gas de acuerdo a la norma UNE-EN 50290-2-23, estando adherido al conductor central.
- Pantalla formada por una cinta laminada de aluminio-poliéster-aluminio solapada y pegada sobre el dieléctrico.
- Malla formada por una trenza de alambres de aluminio, cuyo porcentaje de recubrimiento será superior al 75 %.
- Cubierta externa de PVC, resistente a rayos ultravioleta para el exterior, y no propagador de la llama debiendo cumplir la normativa UNE-EN 50265-2 de resistencia de propagación de la llama.
- Cuando sea necesario, el cable deberá estar dotado con un compuesto antihumedad contra la corrosión, asegurando su estanqueidad longitudinal.

Los diámetros exteriores y atenuación máxima de los cables deben cumplir las especificaciones indicadas en la Tabla 6.2.

**Tabla 6.2.** Características de los cables coaxiales utilizados en la ICT de un edificio.

Tipo de cable	RG-11	RG-6	RG-59
<b>Diámetro exterior (mm)</b>	10,3 ± 0,2	7,1 ± 0,2	6,2 ± 0,2
<b>Atenuación</b>	<b>dB/100 m</b>	<b>dB/100 m</b>	<b>dB/100 m</b>
<b>5 MHz</b>	1,3	1,9	2,8
<b>862 MHz</b>	13,5	20,0	24,5
<b>Atenuación de apantallamiento</b>	Clase A según apartado 5.1.2.7 de las normas UNE-EN 50117-2-1 y UNE-EN 50117-2-2		

En la **red interior de usuario**, con carácter general, los cables utilizados son del tipo RG-59.

## 6.2.4. Elementos y herramientas de conexión para la red de cable coaxial

Para la conexión, terminación y distribución de la señal de un cable coaxial se utilizan diferentes equipos y herramientas.

### Conectores

Existen diferentes formas de conexión del cable coaxial con los elementos que forman una instalación, pero el principal conector utilizado en las redes de telecomunicaciones de banda ancha es el **conector F**.

Los conectores F facilitan la conexión a los elementos mediante rosca. Los equipos de la red disponen de un conector F hembra (Figura 6.10) mientras que el cable coaxial siempre utiliza un conector F macho (Figura 6.11).



Figura 6.10. Conector F hembra.



Figura 6.11. Conector F macho.

Existen diferentes tipos de conectores F, pero los dos principales son:

- **Conectores F para “crimpar”.** Una vez preparado el cable coaxial es necesario utilizar una herramienta “crimpadora” para que el conjunto conector-cable coaxial quede perfectamente unido.
- **Conectores F de montaje rápido.** Una vez preparado el cable coaxial se puede roscar directamente.

### Equipos y herramientas de conexión

Para preparar y manipular el cable coaxial se necesitan básicamente dos herramientas: la peladora de cable y una herramienta de terminación.

La peladora de cable (Figura 6.12) permite eliminar de manera fácil la cubierta del cable para después poder prepararlo para su conexión.



Figura 6.12. Peladora de cable.

La herramienta de terminación de conectores (crimpadora) fija el conector al cable coaxial (Figura 6.13).



Figura 6.13. Herramienta de terminación de conectores F.

**Ejemplo 6.4. Cable coaxial con conector F**

En la Figura 6.14 se resume el procedimiento básico para conectar un cable coaxial a un conector F:

- a) Se preparan los extremos de un tramo de cable coaxial de la de longitud deseada, utilizando una peladora de cable coaxial.
- b) Se acomoda la malla exterior sobrante sobre la cubierta del cable.
- c) Se inserta el conector F en cada extremo del cable. La malla debe realizar buen contacto con el conector y el conductor central debe sobresalir ligeramente por la parte delantera del mismo.
- d) Dependiendo del tipo de conector utilizado, la finalización del mismo puede ser diferente: mediante roscado, mediante presión, etcétera.

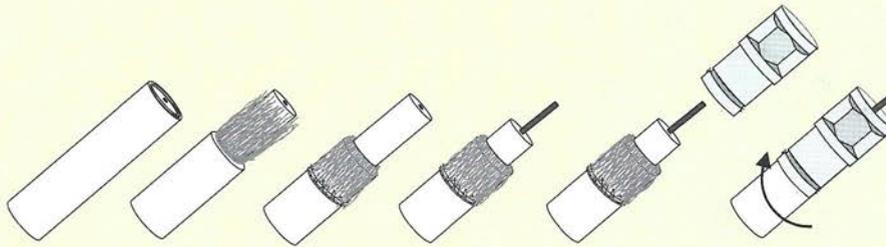


Figura 6.14. Realización de una conexión de cable coaxial con un conector tipo F.

**Sabías que...**

Un latiguillo que incluya este conector puede ayudarte a la conexión del equipo de medida con la parte de cableado a comprobar de la instalación.

**Elementos de distribución y reparto**

La distribución de la señal que se transmite por un cable coaxial, a diferencia de otros medios de transmisión, donde se utilizan regletas o paneles de distribución, se realiza mediante derivadores y repartidores dotados con conectores tipo F hembra.

La estructura típica de una **red de distribución de cable coaxial** se muestra en la Figura 6.15:

- En la entrada de la instalación, junto a los equipos activos del operador, se utiliza un distribuidor, como por ejemplo el de la Figura 6.16, el cual distribuye la señal de entrada entre diferentes ramales, necesarios para alimentar la red de distribución de la edificación. Las diferentes derivaciones están formadas por los propios cables de la red de distribución de la edificación terminados con conectores tipo F macho.
- En cada ramal, un derivador con el número más reducido posible de salidas distribuye la señal a diferentes usuarios (distribución en árbol-rama). Las salidas no utilizadas se deben terminar con una carga tipo F. La Figura 6.17 muestra un ejemplo de derivador.
- En la instalación de usuario, un distribuidor inductivo de dos salidas simétrico (Figura 6.18) terminadas

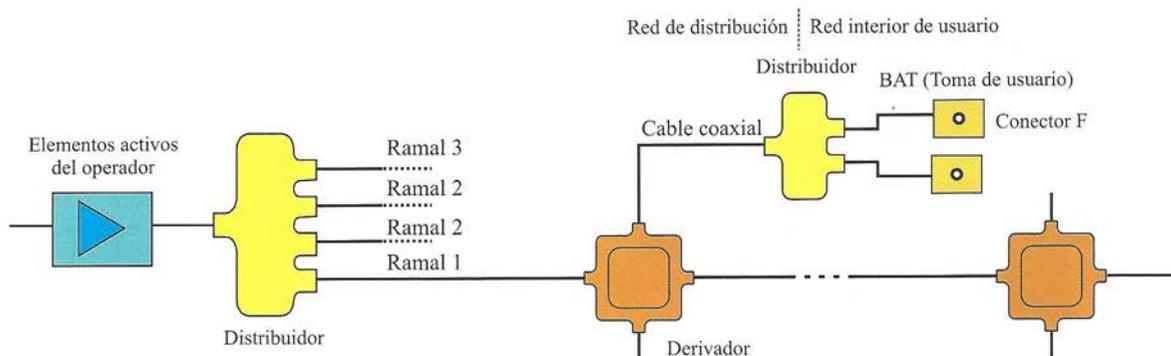


Figura 6.15. Ejemplo de red de distribución de la señal de cable coaxial.

en un conector tipo F hembra, conecta el cable coaxial de la red para su posterior conexión a las correspondientes ramas de la red interior de usuario.

- Las tomas de los usuarios están formadas por conectores F donde el usuario puede conectar sus equipos.



Figura 6.16. Distribuidor de cable coaxial.

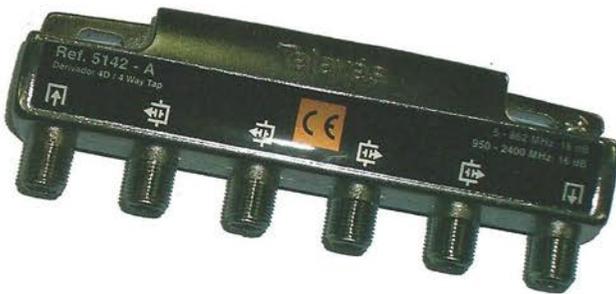


Figura 6.17. Derivador de cuatro salidas.



Figura 6.18. Distribuidor de dos salidas.

## 6.3. Cables de pares

Los **cables de pares** están formados por grupos de dos hilos (pares) de material conductor, recubiertos de un plástico protector, tal y como se muestra en la Figura 6.19.



Figura 6.19. Cable de un par.

En este tipo de cables, debido a la cercanía entre los hilos de cada par y al aislamiento imperfecto que hay entre ellos se produce un acoplamiento entre líneas que provoca interferencias que reducen la calidad de transmisión. Este fenómeno se denomina **diafonía** y sus efectos se reducen añadiendo a cada par un ligero tranzado que mejora sus características.

### Sabías que...

La diafonía es la perturbación electromagnética producida en un canal de comunicación por el acoplamiento de este con otro u otros vecinos.

### 6.3.1. Tipos de cables de pares

Los conductores de los cables de pares simétricos son de cobre electrolítico recocido de sección circular uniforme. Cada conductor se recubre de un aislante para evitar el contacto entre conductores. El aislante es de material plástico, normalmente polietileno (PE) o policloruro de vinilo (PVC). Una vez aislados todos los conductores se agrupan un determinado número de pares y se protege el conjunto mediante una cubierta.

En función del número de conductores que se agrupan, se puede clasificar dos tipos de cables diferentes:

- Cables de acometida de uno o dos pares.
- Cable multipar.

**Sabías que...**

Los cables de acometida de uno o dos pares de la red de distribución pueden ser de interior o de exterior. Si son de exterior deben llevar como protección metálica una malla de alambre de acero galvanizado.

**Cables de acometida de uno o dos pares**

Los **cables de acometida** de uno o dos pares (Figura 6.20) se utilizan habitualmente para las acometidas de telefonía y de otros servicios en las instalaciones de telecomunicación.

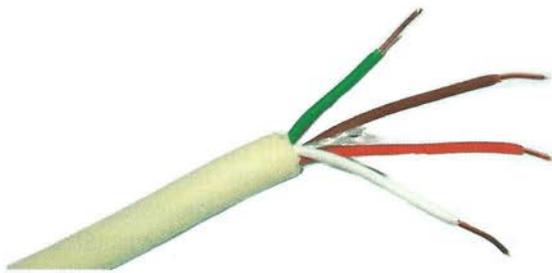


Figura 6.20. Cable de acometida de dos pares.

En el caso de los cables de acometida de uno o dos pares utilizados en las instalaciones de ICT, los cables deben cumplir con las especificaciones del tipo ICT+100 de la norma UNE 212001, garantizando las características de los cables hasta la frecuencia de 40 MHz.

**Cables multipar**

Cuando es necesario distribuir un conjunto de señales de manera simultánea a un gran número de usuarios donde es necesario un par de cables para cada uno de ellos, se recurre a los cables multipares, como el mostrado en la Figura 6.21, para facilitar el tendido y la instalación de los cables.



Figura 6.21. Cable multipar.

El **cable multipar** es aquel formado por un elevado número de pares de cobre, generalmente múltiplo de 25. Existen cables multipares normalizados con diferentes capacidades, pero en las instalaciones de la ICT en edificios la capacidad de estos cables es de 50, 75 y 100 pares en un único cable físico. Para otras aplicaciones existen cables con un número de pares superior: 150, 200 hasta incluso 3.600 pares en un único cable físico.

Los cables multipares utilizados en las infraestructuras comunes de telecomunicación deben cumplir con las especificaciones del tipo ICT+100 de la norma UNE 212001, con cubierta no propagadora de la llama, libre de halógenos y con baja emisión de humos, excepto los parámetros incluidos en la Tabla 6.3.

**Sabías que...**

Norma UNE 212001 (Especificación particular para cables metálicos de pares utilizados para el acceso al servicio de telefonía disponible al público. Redes de distribución, dispersión e interior de usuario).

Tabla 6.3. Características de los cables de pares de una ICT.

Atenuación máxima hasta 40 MHz	f (MHz)	0,1	0,3	0,5	0,6	1	2	4	10	16	20	31,25	40
	Atenuación (dB/100)		0,81	1,15	1,45	1,85	2,1	2,95	4,3	6,6	8,2	9,2	11,8
Impedancia característica	100 Ω ± 15 % de 1 a 40 MHz												
Suma de potencias de paradiafonía (dB/100 m)	-59 + 15 × log(f); 1 MHz < f < 40 MHz												
Suma de potencias de relación de telediafonía (dB/100 m)	-55 + 20 × log(f); 1 MHz < f < 40 MHz												

**Sabías que...**

En el caso de viviendas unifamiliares, con carácter general, se deberá tener en cuenta que la red de distribución se considerará exterior y los cables deberán tener aislamiento de polietileno, y una cubierta formada por una cinta de aluminio-copolímero de etileno y una capa continua de polietileno colocada por extrusión para formar un conjunto totalmente estanco.

### 6.3.2. Identificación de pares. Código de colores

Para facilitar las conexiones en las tareas de instalación o mantenimiento se utilizan códigos de colores para identificar los cables.

El código de colores normalizado para un cable de 25 pares se muestra en la Figura 6.22. Cuando es necesario mayor número de pares se agrupan en mazos de 25 pares con una cinta de atado de un color que identifica el orden.

Algunos cables de pares incluyen un par piloto. Los **pares piloto** no se utilizan para dar servicio, sino que se utilizan para realizar pruebas y ensayos durante la instalación y mantenimiento de la red.

Si hay un par piloto, este siempre estará en el último mazo de 25 pares de los cables de 50, 75 o 100 pares. El par piloto se identifica por su color blanco-negro.

Código de colores cable de 25 pares

Par 1		Blanco-azul	Par 16		Amarillo-azul
Par 2		Blanco-naranja	Par 17		Amarillo-naranja
Par 3		Blanco-verde	Par 18		Amarillo-verde
Par 4		Blanco-marrón	Par 19		Amarillo-marrón
Par 5		Blanco-gris	Par 20		Amarillo-gris
Par 6		Rojo-azul	Par 21		Violeta-azul
Par 7		Rojo-naranja	Par 22		Violeta-naranja
Par 8		Rojo-verde	Par 23		Violeta-verde
Par 9		Rojo-marrón	Par 24		Violeta-marrón
Par 10		Rojo-gris	Par 25		Violeta-gris
Par 11		Negro-azul	<b>Color cinta atado</b> Unidad 1  Par 1-25 Unidad 2  Par 26-50 Unidad 3  Par 51-75 Unidad 4  Par 76-100		
Par 12		Negro-naranja			
Par 13		Negro-verde			
Par 14		Negro-marrón			
Par 15		Negro-gris			

### Ejemplo 6.5. Codificación de colores de un cable de 100 pares

Un cable de 100 pares tiene en su interior 4 grupos de 25 pares, enrollados en bandas de colores para identificarlos:

- Unidad 1: azul-blanco. Envuelve a los pares 1 a 25.
- Unidad 2: naranja-blanco. Envuelve a los pares 26 a 50.
- Unidad 3: verde-blanco. Envuelve a los pares 51 a 75.
- Unidad 4: marrón-blanco. Envuelve a los pares 76 a 100.

El par 35 de este cable es el par 10 de la unidad 2, por lo que la codificación de colores de este par será rojo-gris envuelto en la unidad 2 por los colores naranja-blanco.

### 6.3.3. Elementos y herramientas de conexión para la red de cables de pares

El principal elemento de conexión de los cables multipar son las regletas de conexión, que pueden visualizarse en la Figura 6.23.

Las **regletas de conexión** para cables de pares están constituidas por un bloque de material aislante provisto de un número variable de terminales. Cada uno de estos terminales tiene un lado preparado para conectar los conductores de cable, y el otro lado está dispuesto de tal forma que permite el conexionado de los cables de acometida o de los hilos puente.



Figura 6.23. Regletas de conexión.

El sistema de conexión se realiza por desplazamiento de aislante mediante una **herramienta de inserción**. Este útil (Figura 6.24) se utiliza para la inserción de los pares a la regleta mediante presión. En ocasiones esta herramienta pela, inserta y corta el hilo en la regleta en una sola operación.



Figura 6.24. Herramienta de inserción.

Las regletas de interconexión y de distribución estarán dotadas de la posibilidad de medir hacia ambos lados sin levantar las conexiones.

Existen multitud de accesorios que facilitan la instalación y prueba de una red de cable de pares, destacando las cajas de distribución y los soportes para regletas, los cables y puntas de prueba, las clavijas de corte y las carátulas indicadoras.

Los **soportes para regletas** (Figura 6.25) y las **cajas de distribución** (Figura 6.26) facilitan la instalación de las regletas. Las regletas se alojan en el interior de cajas de distribución y se fijan mediante soportes individuales o múltiples.

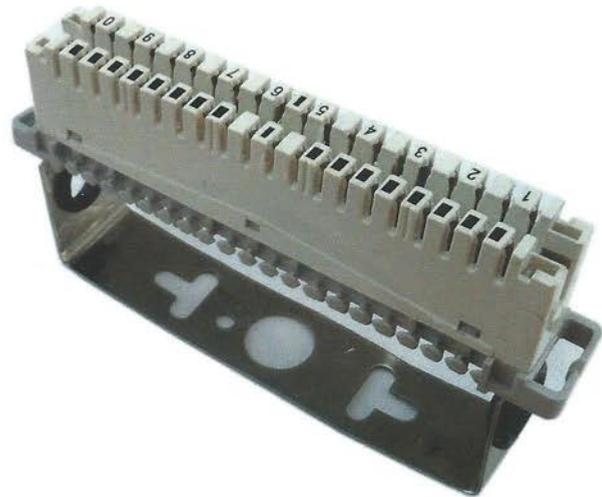


Figura 6.25. Soporte para regletas o portaregletas.

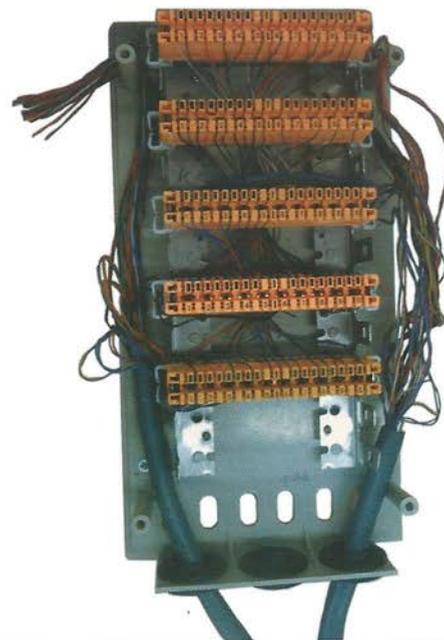


Figura 6.26. Caja de distribución.

**Sabías que...**

Los hilos puente permiten realizar conexiones entre diferentes regletas: regletas de entrada y regletas de salida.

### Ejemplo 6.6. Conexión de los cables de pares en una regleta de conexión

Las regletas se utilizan para conectar los cables de pares de una instalación de distribución y dispersión de una ICT, siendo su tamaño típico de 10 regletas en el punto de interconexión y de 5 o 10 regletas en el punto de distribución. El proceso para realizar la conexión se resume en la Figura 6.27:

- Se prepara el cable de pares eliminando la cubierta que lo protege, no siendo necesario pelar los cables individuales.
- La conexión de los pares se realiza adecuándolos manualmente en las ranuras de las regletas.
- Los cables se insertan y hacen contacto con la regleta mediante una herramienta de inserción. Si es necesario se corta el cable que sobresale de la regleta.

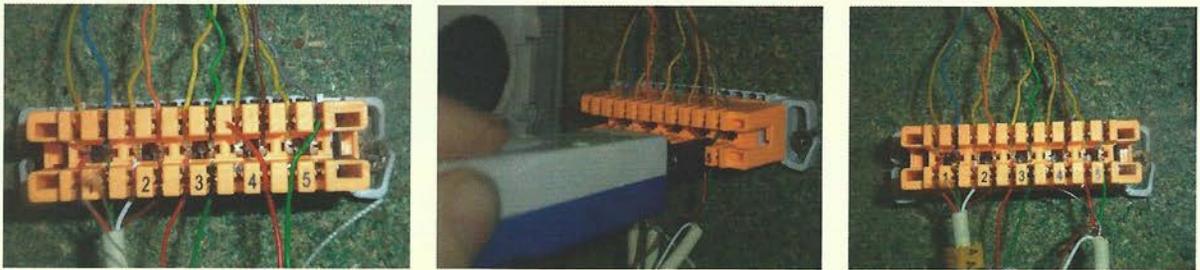


Figura 6.27. Conexión del cable de pares en una regleta.

## 6.4. Cable de pares trenzados

El **cable de par trenzado** consta de un haz de uno o más pares trenzados rodeados por una cubierta aislante, tal y como se muestra en la Figura 6.28. Aunque hay cables con un número de hilos diferente, el más habitual es el de 4 pares de hilos.

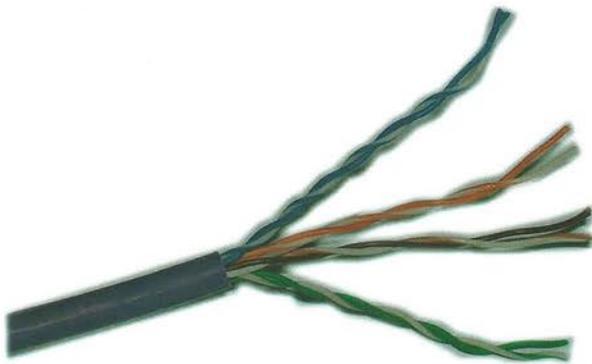


Figura 6.28. Cable de par trenzado.

### Sabías que...

El cable de par trenzado es el más utilizado en el tendido de redes de datos, siendo el medio de transmisión por excelencia de las redes Ethernet.

### 6.4.1. Tipos de cables de par trenzado

En función de la disposición de los pares existen diferentes tipos de cables trenzados, cuya estructura se muestra en la Figura 6.29, de los cuales los más utilizados son:

- Cable de par trenzado no apantallado (UTP).
- Cable de par trenzado con pantalla global (FTP).
- Cable de par trenzado apantallado (STP).

#### Cable de par trenzado no apantallado (UTP)

El **cable UTP** (*Unshielded Twisted Pair*) es un cable de pares trenzados sin apantallar, formado normalmente por 4 pares (Figura 6.28). Cada hilo está cubierto por un aislante y los hilos de cada par van trenzados con un paso constante, mientras que una cubierta plástica rodea al conjunto de los pares como medio de protección.

El trenzado del cable mantiene estable las propiedades eléctricas del mismo a lo largo de toda la longitud del cable y, en los cables compuestos por varios pares, disminuye las interferencias provocadas por los hilos adyacentes, permitiendo velocidades de transmisión elevadas. Para mantener las propiedades, el trenzado debe mantenerse durante todo el recorrido del cable entre los puntos extremos de la conexión. Para aumentar su inmunidad el paso del trenzado de cada par es diferente.

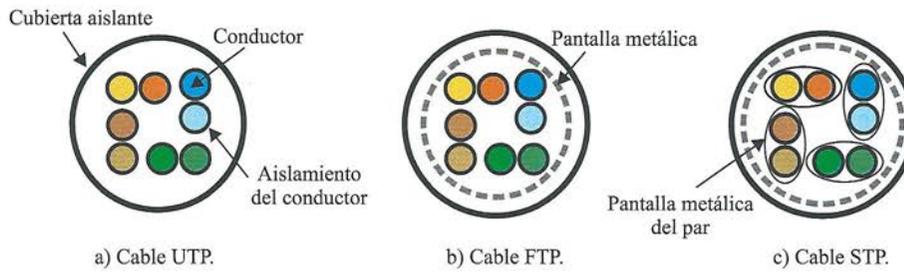


Figura 6.29. Tipos de cable de par trenzado.

Como los cables no están apantallados, son sensibles a interferencias electromagnéticas externas.

La impedancia característica de este tipo de cable es de 100 Ω.

**► Recuerda:**

Todos los cables están trenzados entre sí con el objetivo de mejorar su inmunidad frente a la diafonía y a otros tipos de interferencia electromagnética externa.

**■ ■ ■ Cable de par trenzado con pantalla global (FTP)**

En el **cable FTP** (*Foiled Twisted Pair*) sus pares no están apantallados pero dispone de una pantalla metálica global para mejorar el nivel de protección ante interferencias electromagnéticas externas y el ruido eléctrico (Figura 6.30).

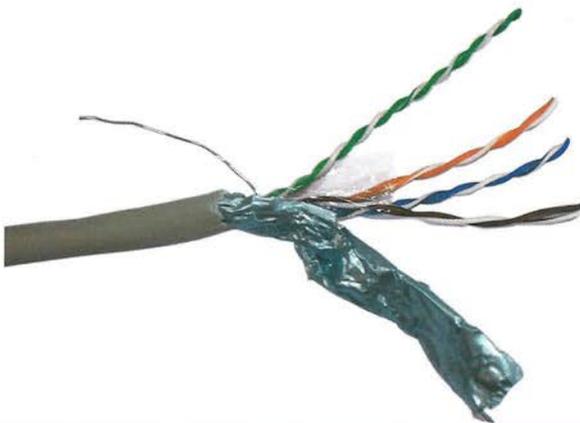


Figura 6.30. Cable FTP.

Para que esta pantalla sea eficaz, se requiere la conexión de la malla conductora con tierra. Para ello este cable se

utiliza junto con conectores RJ-49, los cuales incluyen una estructura metálica externa que proporciona continuidad eléctrica hasta el terminal final del usuario.

**Sabías que...**

Los cables STP y FTP ofrecen un nivel de protección ante perturbaciones externas mayor que el ofrecido por el cable UTP, sin embargo su coste económico es superior y su instalación es más compleja

**■ ■ ■ Cable de par trenzado apantallado (STP)**

El **cable STP** (*Shielded Twisted Pair*) incorpora apantallamiento individual para cada par y un apantallamiento global para todo el cable (Figura 6.29.c).

**► Recuerda:**

- UTP (*Unshielded Twisted Pair*): cable de par trenzado sin apantallar.
- STP (*Shielded Twisted Pair*): cable de par trenzado apantallado.
- FTP (*Foiled Twisted Pair*): cable de par trenzado con pantalla global.

**6.4.2. Identificación de pares**

Para identificar cada uno de los pares que forman un cable de par trenzado se utilizan colores normalizados:

- Par 1: Blanco/Azul-Azul.
- Par 2: Naranja/Blanco-Naranja.
- Par 3: Verde/Blanco-Verde.
- Par 4: Blanco/Marrón-Marrón.

### 6.4.3. Conectores y elementos de conexión

De la misma manera que los cables de pares, los cables de pares trenzados utilizan elementos de conexión para administrar el sistema de cableado.

#### Conectores

Los conectores utilizados para cable UTP son los de tipo RJ-45 (Figura 6.31.a). Las siglas RJ significan Registro de Jack y el número 45 especifica el esquema de numeración de pines.

Si el cable forma parte del cableado fijo de la instalación su conexión se realiza a paneles de conexión o a tomas de telecomunicaciones con conectores RJ-45 hembra. En el caso de conexiones no fijas, como por ejemplo los latiguillos de conexión, los cables se conectan a conectores RJ-45 macho.

La terminación de un cable apantallado se realiza mediante un conector tipo RJ-49, el cual es un conector RJ-45 que incluye un apantallamiento metálico que proporciona contacto eléctrico con la pantalla metálica exterior del cable (Figura 6.31.b).

La Figura 6.32 muestra el cableado típico de un conector RJ-45 donde se especifica la numeración de pines y la Figura 6.33 muestra la conexión de un cable de par trenzado en un conector RJ-45 hembra.

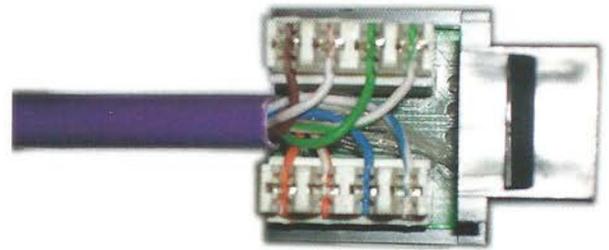


Figura 6.33. Conexión del cableado de par trenzado.

#### Sabías que...

Los conectores de los cables de pares trenzados deben cumplir las normas UNE-EN 50173-1 (Tecnología de la información. Sistemas de cableado genérico. Parte 1: Requisitos generales y áreas de oficina).

#### Paneles de conexión

Los **paneles de conexión** facilitan la distribución de los cables de pares trenzados en una red. Se caracterizan por el número de conectores que pueden alojar, siendo los valores normalizados de 12, 24, 36 y 48 conexiones.

La función de los paneles es administrar de manera sencilla y rápida el suministro y distribución de los servicios previstos (telefonía, datos, etc.) a cada toma de usuario de



Figura 6.31. Conectores RJ para cable de par trenzado.

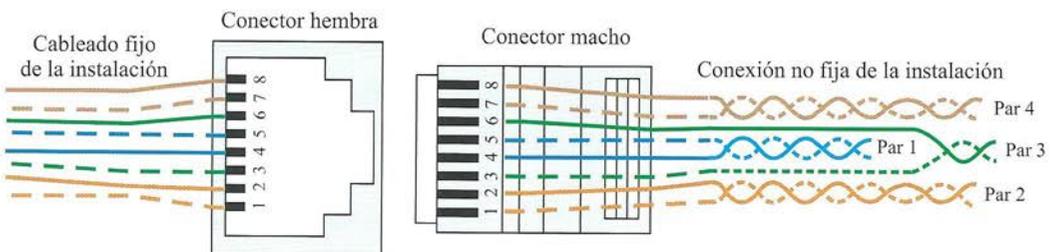


Figura 6.32. Cableado típico de un conector RJ-45.

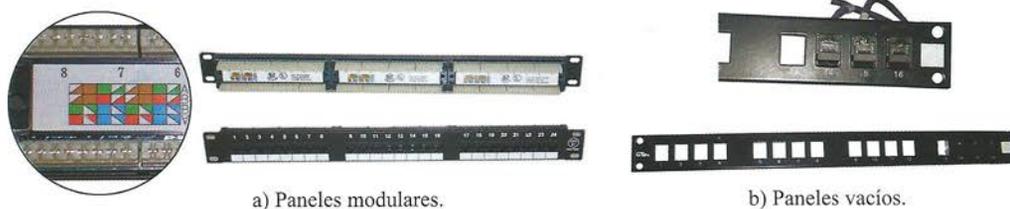


Figura 6.34. Paneles de conexión.

manera flexible, para poder reconfigurar la instalación simplemente cambiando la conexión realizada por los cables de interconexión entre los puertos que reciben las señales de entrada (paneles de entrada) y los puertos que distribuyen las señales de salida (paneles de salida) hacia los usuarios.

Los paneles utilizan normalmente en la parte trasera de conexión terminaciones por desplazamiento de aislamiento (IDC) y terminaciones de extremos de cable conectorizados en la parte delantera (conectores hembra RJ-45), tal y como muestra la Figura 6.34.a.

También se pueden utilizar paneles de conexión vacíos (Figura 6.34.b) y a medida que es necesario se añaden los conectores RJ-45 hembra a los paneles. Este tipo de panel utiliza el mismo tipo de conector que el utilizado en la toma de usuario (Figura 6.35).

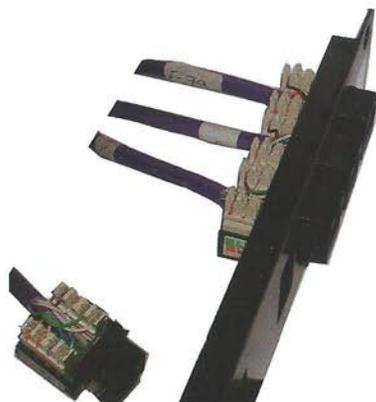


Figura 6.35. Paneles de conexión.

### ■ ■ ■ Roseta para cables de pares trenzados

Cuando el usuario necesita acceder a los servicios de la red debe conectar el equipo (ordenador, teléfono, etc.) a una toma de telecomunicaciones (roseta). El conector de esta toma de telecomunicaciones es un conector hembra miniatura de 8 vías (RJ-45) con todos los contactos conectorizados al cable de par trenzado (Figura 6.36).

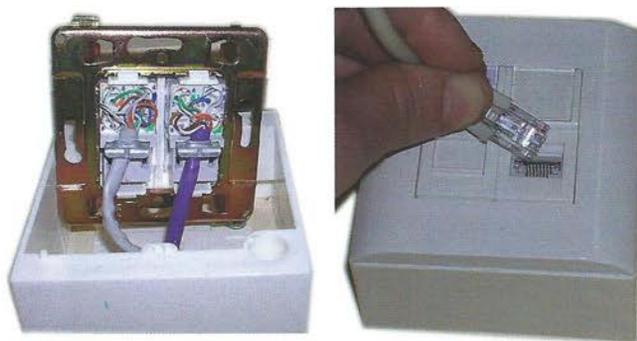


Figura 6.36. Roseta para cable de pares trenzados.

### ■ ■ 6.4.4. Cableado de red

El cable de par trenzado es el cableado más utilizado como medio de transmisión en las **redes de datos**, como por ejemplo la red de área local Ethernet de la Figura 6.37.

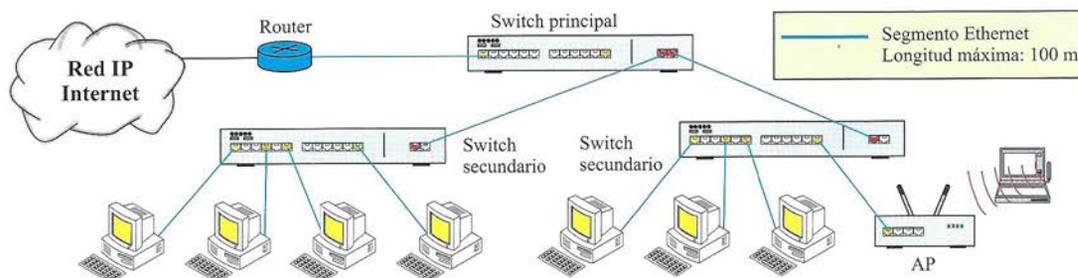


Figura 6.37. Red de datos de tecnología Ethernet.

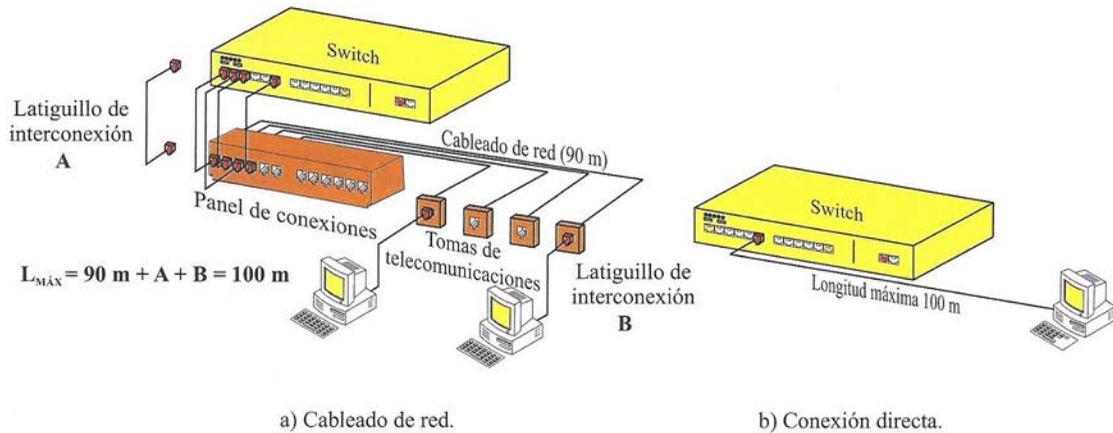


Figura 6.38. Estructura del cableado de una red de datos.

Los dispositivos de red se conectan directamente a la red de área local, a través de una toma de telecomunicaciones dotada de conectores RJ-45. La toma se conecta directamente mediante cable de par trenzado con la ubicación de la red donde se encuentra el *switch*, normalmente a través de un panel de conexiones intermedio que facilita la administración del cableado (Figura 6.38), el cual se instala en un armario de telecomunicaciones como el de la Figura 6.39.



Figura 6.39. Armario de telecomunicaciones de una red de cableado estructurado.

La conexión de los equipos de red se realiza con un cable de interconexión (latiguillo) terminado en cada extremo

con un conector RJ-45 macho (Figura 6.40), el mismo cable que se utiliza también en los paneles de interconexión.

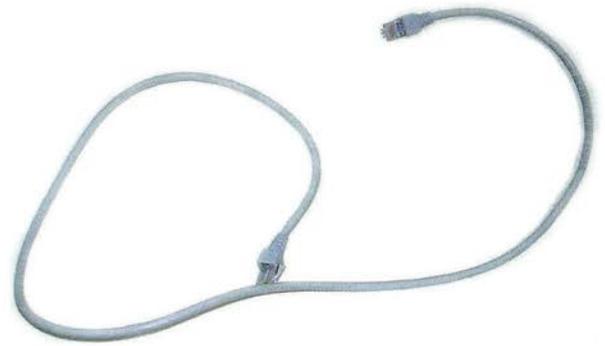


Figura 6.40. Cable de red.

La distancia entre dispositivos en una red está limitada. La distancia máxima de un enlace Ethernet basado en cable de par trenzado, FTP o UTP, desde un equipo hasta el concentrador de la red, por ejemplo un *switch*, es de 100 m. Para aumentar las distancias será necesario recurrir a otro *switch*, el cual realizando las funciones de repetidor de la señal, ampliará la distancia de transmisión otros 100 m. En el caso de utilizar paneles de conexión intermedios, el cableado fijo de la instalación no debe superar los 90 m, dejando un margen de 10 m para tener en cuenta la longitud de los cables de interconexión (A+B).

### Sabías que...

Como alternativa en las redes de datos es posible la utilización de conexiones de fibra óptica, las cuales permiten mayores velocidades de transmisión y mayores distancias de transmisión.

### 6.4.5. Esquemas de conexionado de red

Existen dos esquemas de conexionado diferentes, según la norma EIA 568A o EIA 568B (Figura 6.41.a).

La utilización de uno u otro esquema no es importante, aunque normalmente se utiliza el esquema EIA 568B en toda la instalación. Si utilizamos el mismo esquema en toda la instalación, todos los pares del cable se conectan pin a pin, tal y como se muestra en la Figura 6.41.b. Este tipo de conexión se denomina **conexión directa**.

La conexión de los equipos a la toma de telecomunicaciones se realiza mediante un cable de conexión directa, que mantiene la continuidad de los pines, con conectores RJ-45.

En ocasiones será necesario acceder a un dispositivo directamente, sin estar conectado a la red, por ejemplo a través de un ordenador, normalmente para su configuración. En este caso es necesario utilizar un cable especial denominado **cable de conexión cruzada**. En este tipo de cable los pares de transmisión y de recepción se cruzan para que la comunicación sea posible sin utilizar un equipo de red como por ejemplo un *switch*. Si se desea un cable de conexión cruzada es necesario utilizar esquemas de conexión diferentes en cada extremo del cable, tal y como se muestra en la Figura 6.41.c.

La Figura 6.41.d muestra ejemplos de utilización de los cables de conexión cruzada y de los cables de conexión directa.

#### Sabías que...

Para evitar el mal conexionado del cableado de la red en todos los puntos de conexión (paneles, tomas de telecomunicación, cables de interconexión) se debe utilizar un esquema de conexionado definido previamente.

#### Sabías que...

En el cableado fijo de una red también se utilizan cables de conexión directa conectados entre el panel de conexiones y las tomas de telecomunicaciones.

### 6.4.6. Red de cableado estructurado

Un **sistema de cableado estructurado** (SCE) es una infraestructura de cableado genérico destinada a distribuir la señal de diferentes servicios por un edificio: voz, datos, vídeo, alarmas, etc. Tradicionalmente este tipo de cableado se utiliza en la redes de datos, como por ejemplo las redes de área local que conectan entre sí los diferentes ordenadores de una empresa, pero su uso no es exclusivo para este servicio.

#### Sabías que...

Un sistema de cableado estructurado físicamente es una red de cable única, la cual puede combinar diferentes medios de transmisión, como por ejemplo el cable de par trenzado y los cables de fibra óptica.

Para dimensionar un sistema de cableado estructurado es necesario realizarlo según una norma de referencia, la cual define los criterios fundamentales de diseño. En el caso de Europa, el organismo CENELEC recoge los sistemas de cableado estructurado en la normativa de referencia siguiente:

- UNE EN 50173 (*Generic Cabling System for Customer Premises*). Documento de referencia para los mercados europeos que CENELEC ha emitido acogiendo la normativa TIA/EIA 568 sobre cableado estructurado.

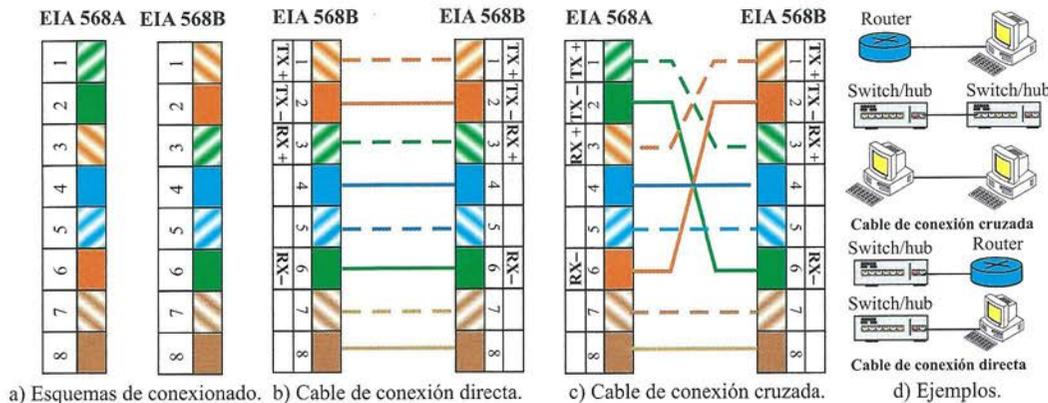


Figura 6.41. Esquemas de conexionado.

- UNE EN 50174-1,2,3. Normativa de CENELEC de referencia para la planificación e instalación de sistemas de cableado de cobre y fibra. Esta norma indica las directrices para la definición de las especificaciones de una instalación, su documentación y los procedimientos para asegurar la calidad, pero también para las operaciones prácticas de instalación.

La Figura 6.42 muestra el esquema básico de este sistema de cableado para un único edificio.

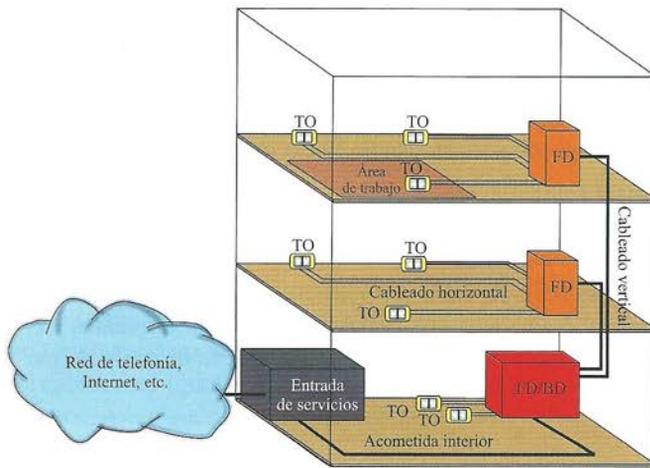


Figura 6.42. Ejemplo de cableado estructurado en varios edificios.

Un sistema de cableado estructurado está formado por un conjunto de elementos funcionales que se agrupan en una serie de subsistemas de cableado. Estos elementos se pueden clasificar en dos conjuntos diferentes:

- **Distribuidores y elementos de conexión.** Son los elementos que permiten la conexión del medio de transmisión con el resto de elementos del sistema. Los elementos funcionales que forman parte de este conjunto son los siguientes:
  - **BD (Building Distributor): distribuidor de edificio.** Conecta el cableado troncal de campus con el cableado vertical de edificio.
  - **FD (Floor Distributor): distribuidor de planta.** Realiza la interconexión entre el cableado vertical y el cableado horizontal. Por ejemplo, el armario de telecomunicaciones de una red de cableado estructurado de la Figura 6.39 podría realizar las funciones de distribuidor de planta.
  - **TO (Telecommunications Outlet): toma de telecomunicaciones.** Permite la conexión de los dispositivos de usuario (ordenadores, teléfonos, etc.) a la instalación.

- **Medios de transmisión.** Conjunto de cables (par trenzado o fibra óptica) utilizados para conectar todos los distribuidores de la instalación. Los elementos funcionales definidos en este conjunto son los siguientes:

- **Cableado vertical.** Medio de transmisión utilizado para conectar los distribuidores de diferentes plantas de un mismo edificio.
- **Cableado horizontal.** Medio de transmisión utilizado para conectar las tomas de telecomunicaciones con el distribuidor de planta.

Los sistemas de cableado estructurado basados en cables de pares trenzados tienen la limitación de la distancia máxima que puede tener el cableado, que es de 100 m.

### Sabías que...

El seguimiento de la normativa y la correspondiente certificación garantiza que la instalación cumple unos requisitos de calidad predeterminados.

### Recuerda:

Si se desea aumentar el alcance del cableado será necesario utilizar elementos que regeneren la señal: los equipos que realizan esta función son los *switch*.

### Ejemplo 6.7. La red de cableado estructurado en la ICT

La red de cable de pares trenzados de una ICT adopta algunas de las prescripciones dictadas por los sistemas de cableado estructurado, escogiendo los materiales, limitando las distancias y haciendo referencia en algunos apartados a las normas de SCE para especificar las características finales que debe tener la red de cableado.

Por ejemplo, en los casos que la distancia desde el punto de interconexión instalado en el registro principal del cuarto de telecomunicaciones (RITI) hasta el PAU de la vivienda más alejada sea menor a 100 metros, se instalará la red de cableado estructurado desde dicho cuarto hasta cada vivienda.

En cualquier caso, la red en el interior de las viviendas, se realizará con cableado estructurado y las tomas que se instalarán serán tomas de datos RJ-45 en lugar de tomas de telefonía clásica.

### 6.4.7. Prestaciones de un sistema

Las **prestaciones** de un sistema de cableado estructurado evalúan las características que cumple una instalación. Para evaluar estas prestaciones se utilizan dos conceptos: la categoría y la clase.

#### ► Recuerda:

La categoría y la clase son dos conceptos que se complementan, aunque en dos ámbitos diferentes, de manera que uno no tiene sentido sin el otro.

### Categoría

La **categoría** es un parámetro que identifica las características de un componente del sistema de cableado.

La categoría de un componente depende de la calidad establecida por el fabricante durante el proceso de fabricación. Las principales categorías definidas en la normativa se resumen en la Tabla 6.4.

**Tabla 6.4.** Principales categorías definidas por la normativa.

Categoría	Aplicaciones	Ancho de banda
3	Aplicaciones de voz y transmisión de datos a baja velocidad. Se utiliza en redes Ethernet 10 Base-T.	16 MHz
5E	Transmisión de datos de alta velocidad. Puede soportar aplicaciones de redes LAN Ethernet 100 Base-T y 1.000 Base-T.	100 MHz
6	Transmisión de datos de muy alta velocidad. Recomendada para 1.000 Base-T (Gigabit Ethernet).	250 MHz
6A	Transmisión de datos de muy alta velocidad. Soporta aplicaciones basadas en 10 GBase-T.	500 MHz
7/7A	Aplicaciones de banda ancha	600 MHz/1.000 MHz

Un único componente en la instalación con prestaciones ligeramente inferiores al resto de componentes de una instalación degrada las prestaciones de todo el sistema. Por

este motivo, los estándares han introducido el concepto de clase.

#### ► Recuerda:

La categoría es un concepto que inicialmente solo se utilizaba para clasificar los cables, pero debido a que todos los elementos de una red deben mantener las mismas prestaciones, el concepto se ha extendido al resto de componentes de la instalación: tomas de telecomunicaciones, paneles de conexión, etc.

#### Sabías que...

Las categorías 1 a 5 son categorías consideradas obsoletas, las cuales no se recomiendan en las instalaciones nuevas. Aun así, en ocasiones se utiliza la categoría 3 para aplicaciones que requieren un ancho de banda reducido.

### Clase

La **clase** identifica las prestaciones que una instalación cumple después de instalar todos los componentes que forman el sistema. La clase de una instalación se verifica mediante las pruebas y medidas realizadas durante la certificación de la instalación.

Las prestaciones de una red se resumen en el ancho de banda de la señal que puede transmitirse, de manera que en cada caso las aplicaciones finales que puede soportar una red o un sistema de cableado estructurado serán diferentes. Las principales clases que existen para las redes de cables de pares trenzados se resumen en la Tabla 6.5, relacionadas con la categoría definida por la normativa EIA/TIA.

**Tabla 6.5.** Principales categorías definidas por la normativa.

Categoría/Clase ISO	Categoría EIA/TIA	Frecuencia
Clase C	Categoría 3	16 MHz
Clase D	Categoría 5E	100 MHz
Clase E	Categoría 6	250 MHz
Clase EA	Categoría 6A	500 MHz
Clase F	Categoría 7	600 MHz
Clase FA	Categoría 7A	1.000 MHz

### Sabías que...

El ancho de banda y la velocidad de transmisión son dos conceptos diferentes que están relacionados. Las redes utilizan codificaciones de línea en la transmisión que permiten que, por ejemplo, en una instalación de clase D, con un ancho de banda de 100 MHz, se puedan utilizar aplicaciones de hasta 1.000 Mbps, como por ejemplo Gigabit Ethernet.

## 6.4.8. Elementos y herramientas de conexión para la red de cables de pares trenzados

Durante la instalación, prueba y configuración de una red de pares de cables trenzados es necesario utilizar herramientas y equipos específicos para trabajar con los componentes y cables.

### Herramientas de corte y pelacables

Las **herramientas de corte** sirven para eliminar el revestimiento de los cables y el aislamiento de los hilos, para prepararlos para su conexión. Es recomendable utilizar herramientas de corte específicas (Figura 6.43), ya que lo hacen sin morder los conductores interiores que podrían provocar problemas posteriores en la conexión.



Figura 6.43. Herramientas específicas para pelar cables.

### Herramienta de presión

La **herramienta de presión** está destinada al montaje rápido de conectores estándar que, además, corta y pela el cable.

Esta herramienta (Figura 6.44), se utiliza para terminar los cables de pares trenzados en los conectores RJ-45 macho, presionando los contactos del conector para fijarlos a los hilos del cable UTP.



Figura 6.44. Herramientas de presión (crimpadoras).

### Ejemplo 6.8. Montaje de un cable de par trenzado

Para montar un cable de par trenzado en su conector son necesarios los siguientes elementos: dos conectores RJ-45, un cable de par trenzado, una crimpadora y un comprobador básico de cableado.

El proceso de montaje y conexión de un conector RJ-45 macho con un cable de par trenzado se resume en la Figura 6.45.

Para empezar debe cortarse el cable a la medida exacta con la crimpadora, dejando los cables a una distancia que no sobresalga del conector.

Se ordenan los cables según el tipo de cable deseado (directo o cruzado) y se elimina mediante una herramienta de corte la parte final de los hilos para que queden alineados. Una vez ordenados, los cables se insertan en el conector RJ-45.

Utilizando la crimpadora, se fijan los cables al conector.

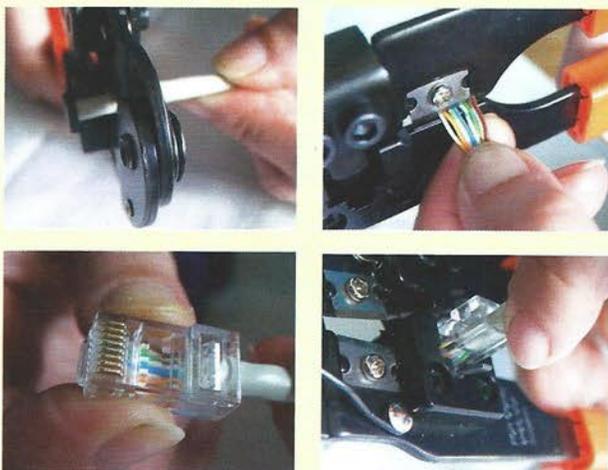


Figura 6.45. Preparación de un conector RJ-45 macho.

**Sabías que...**

La conexión del cable de par tranzado se realiza por desplazamiento del aislante como método de terminación de los cables. Por tanto, no es necesario pelar los cables interiores, sino que lo único que se debe realizar es quitar la cubierta exterior del cable UTP.

**Sabías que...**

Para comprobar el conexionado correcto de un cable se utiliza un comprobador básico de redes.

**Herramientas de terminación de cables**

Las herramientas de terminación de cables se utilizan para fijar los cables a las conexiones fijas del sistema, es decir, en el panel de conexiones o en las tomas de telecomunicaciones. Como ejemplo, la **herramienta de impacto** de la Figura 6.46, que es una herramienta que permite el corte y la conexión simultánea del cable sobre conectores, paneles de conexión y tomas de tipo IDC-110.



Figura 6.46. Herramientas de impacto.

**Recuerda:**

La conexión de todos los elementos fijos de un sistema de cableado se realiza por desplazamiento del aislante. Esto significa que no es necesario pelar previamente el revestimiento de los cables interiores sino que se realiza durante la terminación de los cables de manera automática.

**Ejemplo 6.9. Terminación de un cable en un panel de conexiones**

En la Figura 6.47 se muestra el procedimiento de terminación de un conector RJ-45 hembra de un panel de conexiones.

Tanto los paneles de conexión como los conectores RJ-45 hembra utilizan terminales de conexión de tipo IDC-110. Después de eliminar la cubierta del cable y preparar manualmente el cable en las ranuras de las conexiones, utilizando el esquema de conexión deseado, se utiliza la herramienta de impacto para la terminación del cable.

Para facilitar el montaje, los colores vienen indicados en la etiqueta o gráfico impreso en el conector.

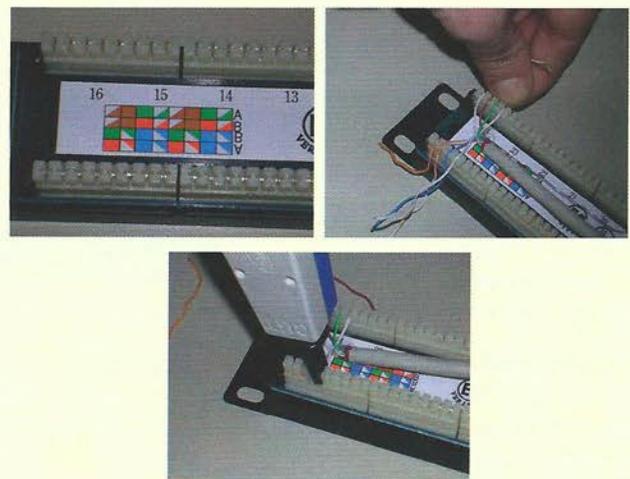


Figura 6.47. Proceso de terminación del cable en un panel de conexiones.

**Sabías que...**

Un conector IDC (*Insulation-Displacement Connector*) es un conector para ser conectado al conductor de un cable aislado mediante un proceso de conexión que evita la necesidad de pelar la cubierta del cable antes de la conexión: el aislamiento se retira mediante una cuchilla afilada cuando el conductor se inserta con la ayuda de una herramienta de impacto, logrando una conexión hermética fiable.

**6.4.9. Mapeado de cables**

La conexión física pin a pin de un cable no es suficiente para asegurar que la terminación del cable sea la correcta, ya que además de la continuidad eléctrica entre terminales,

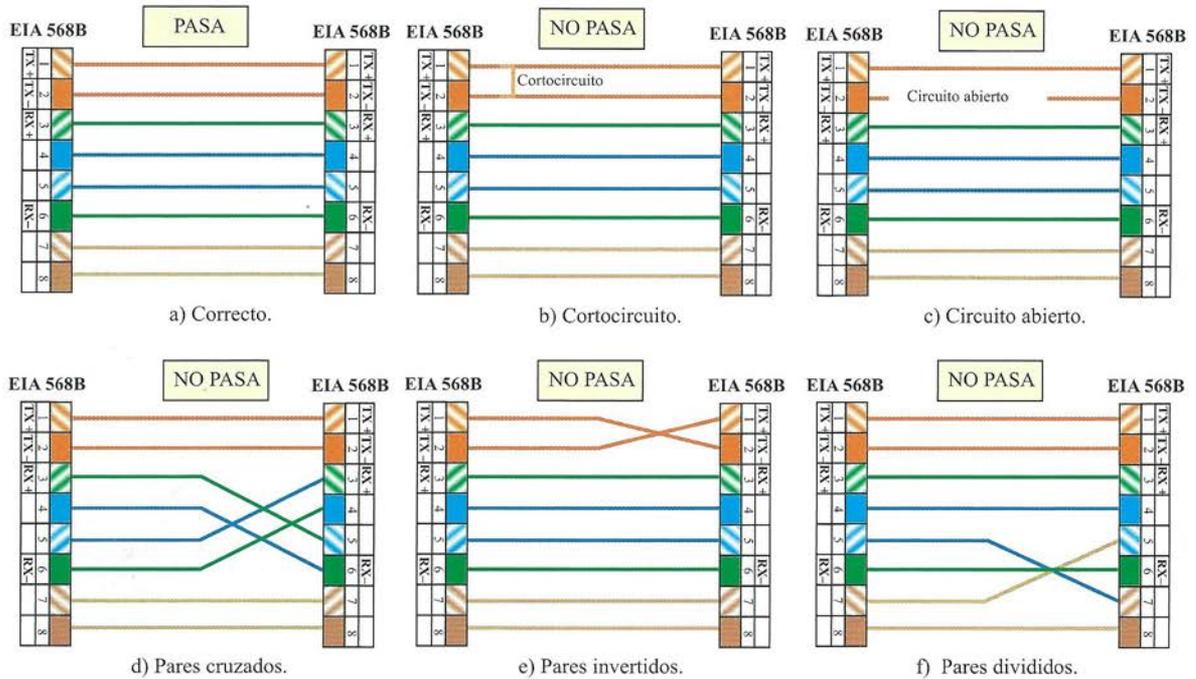


Figura 6.48. Errores típicos en el mapeado de un cable de pares trenzados.

es necesario asegurarse que las dos terminaciones utilicen la norma de conexión adecuada (Figura 6.48.a).

El **mapeado de cables** verifica la asignación correcta de la conexión de cada hilo de un cable en su conector. Los principales problemas de conexión se clasifican de la manera siguiente:

- **Cortocircuito:** dos hilos conductores están conectados entre sí (Figura 6.48.b).
- **Circuito abierto:** un hilo no tiene un contacto eléctrico correcto con el conector (Figura 6.48.c).
- **Pares cruzados:** un par de hilos se conecta a pines completamente diferentes en los dos extremos (Figura 6.48.d).
- **Pares invertidos:** un par de hilos están correctamente instalados en un conector, pero invertidos en el otro conector (Figura 6.48.e).
- **Pares divididos:** un hilo de un par se cruza con un hilo de un par diferente (Figura 6.48.f).

### Sabías que...

La prueba básica que permite comprobar la correcta instalación de un cableado es el mapeado de cables.

Las pruebas de comprobación y certificación de una red emiten un resultado de PASA/NO PASA.

### Comprobador básico de redes

El **comprobador básico de redes** es un equipo portátil que permite comprobar tramos de cableado de cables de conexión. La Figura 6.49 muestra su aspecto externo.



Figura 6.49. Verificador básico de red.

Este equipo verifica que la asignación de los pines, después de la terminación de los cables, sea la correcta. Está formado por dos componentes:

- La **unidad principal**. Es el equipo que contiene las capacidades de procesamiento. Se puede utilizar solo para comprobar cables de conexión.
- La **unidad remota**, que junto con la unidad principal puede comprobar un tramo completo de cableado de red, aunque los dos extremos estén físicamente alejados.

### 6.4.10. Características de los cables de par trenzado

La Tabla 6.6 muestra las características técnicas típicas de un cable de pares trenzados genérico. Además de los parámetros primarios y secundarios del cable (resistencia, capacidad, impedancia característica, etc.) aparecen nuevos parámetros que normalmente dependen de la frecuencia de funcionamiento.

### 6.4.11. Certificación de una instalación

La **certificación de una instalación** viene determinada por los parámetros que se deben medir, el procedimiento de certificación especificado por la normativa y los resultados de las medidas realizadas. La normativa establece la certificación de dos partes de una instalación (Figura 6.50.a):

- **Enlace**. El enlace es la parte fija de una instalación, que comprende desde la toma de telecomunicaciones de usuario hasta la toma del panel de conexiones. Los

equipos de red y los cables de interconexión se pueden cambiar a lo largo de la vida útil de la instalación, pero en cambio, el cableado del enlace es fijo. La Figura 6.50.b indica la configuración de la medida del enlace de una instalación.

- **Canal**. El canal comprende, además del enlace de la instalación, todo el sistema de conexión. En las medidas del enlace, se garantiza el cumplimiento de los requisitos de la red, ya que muestra el funcionamiento real del cableado que se utilizará en el servicio final, ya que se incluyen los cables de interconexión, que son los puntos más débiles de la infraestructura. La Figura 6.50.c indica la configuración de la medida del canal de una instalación.

#### Recuerda:

En las medidas del enlace se certifica el cableado que es permanente y forma parte de la infraestructura del edificio

#### Sabías que...

Los certificadores de red incluyen cables de prueba de prestaciones muy elevadas para que el equipo no afecte a las medidas realizadas. Estos cables forman parte del propio equipo de medida.

Tabla 6.6. Ejemplo de características de un cable de par trenzado genérico de categoría 6.

Impedancia característica (Ω)	Resistencia CC (Ω/km)	Retardo diferencial (ns/100 m)	Pérdidas de retorno (dB)	Velocidad de propagación (%)	Capacidad nominal (pF/m)	Características de transmisión en 100 m			
						f (MHz)	Atenuación (dB)	Paradiafonía (PSNEXT)	Telediafonía (PSELFEXT)
100 ± 12	70	45,8	1 MHz < f < 10 MHz 28 + 5 log(f) 10 MHz < f < 20 MHz 28 20 MHz < f < 250 MHz 21 + log(f/20)	66	45	1	1,8	78	76
						4	3,6	69	64
						8	5,3	65	58
						16	7,5	60	52
						31,25	10,5	56	46
						62,5	15,2	51	40
						100	19,6	48	36
						250	32,2	42	24

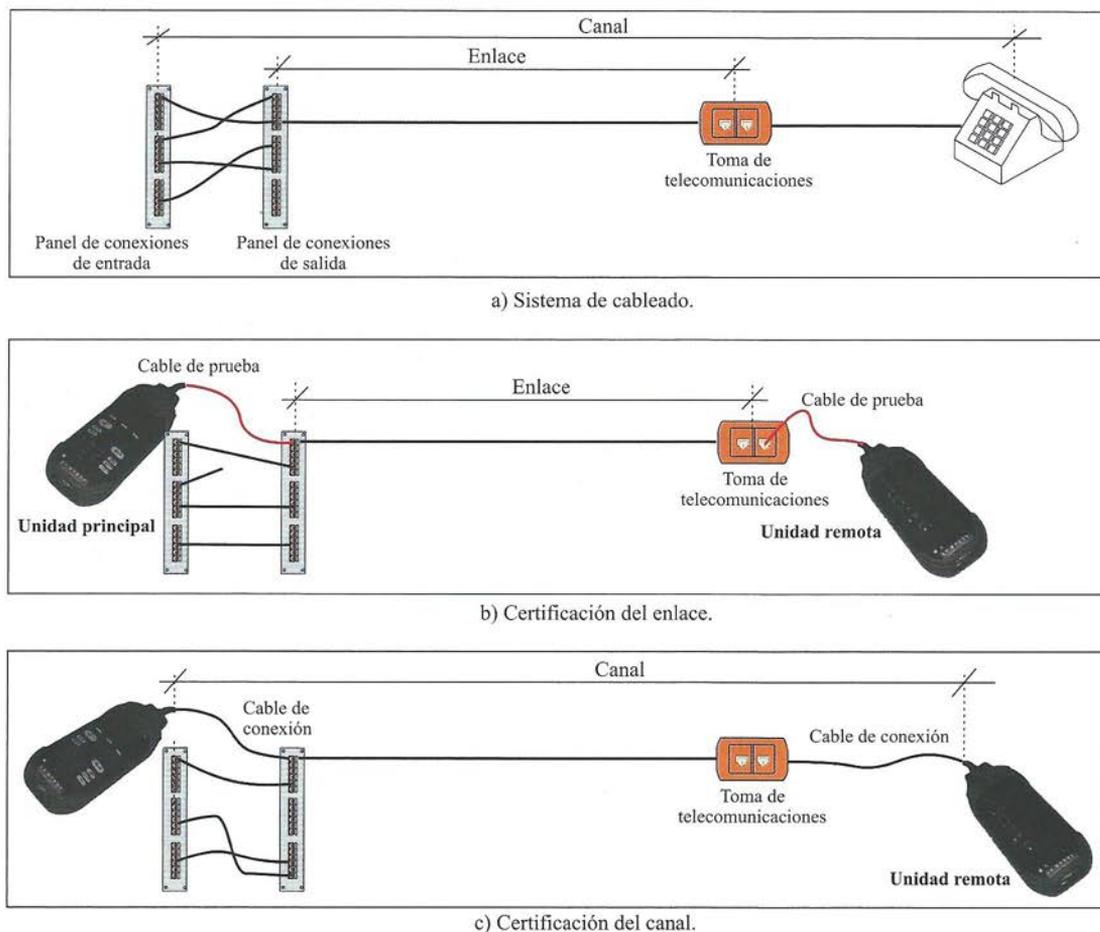


Figura 6.50. Certificación de una instalación.

Tabla 6.7. Requisitos para cables de categoría 6A.

Frecuencia (MHz)	Atenuación (dB/100 m)	PSNEXT (dB)	ELFEXT (dB)	PS-ELF EXT (dB)	ACR (dB/100 m)	PS-ACR (dB/100 m)	Pérdidas retorno (dB)
0,772	< 1,6	> 93,6	> 90,0	> 90,3	> 94,8	> 92,0	---
1	< 1,8	> 91,9	> 87,9	> 88,0	> 92,4	> 90,1	> 37,4
4	< 3,5	> 82,5	> 76,9	> 76,1	> 82,0	> 79,0	> 35,6
8	< 5,0	> 77,8	> 71,4	> 70,1	> 75,9	> 72,8	> 34,7
10	< 5,5	> 76,3	> 69,6	> 68,2	> 73,9	> 70,8	> 34,4
25	< 8,8	> 70,1	> 62,3	> 60,3	> 64,5	> 66,2	> 33,6
31,25	< 9,9	> 68,6	> 60,5	> 58,3	> 61,9	> 58,7	> 33,3
62,5	< 14,1	> 64	> 55,0	> 52,4	> 53,1	> 49,9	> 33,0
100	< 18,0	> 60,8	> 51,3	> 48,3	> 46,1	> 42,8	> 32,1
250	< 29,2	> 54,6	> 44,0	> 40,0	> 28,8	> 25,4	> 30,4
350	< 35,1	> 52,3	> 41,3	> 37,5	> 20,7	> 17,2	---
500	< 43	> 49,9	> 38,5	> 34,4	> 10,5	> 6,9	—

Los parámetros más importantes que deben cumplir los sistemas de cableado para asegurar una transmisión satisfactoria son los siguientes:

- Parámetros primarios y secundarios: resistencia, capacidad, impedancia característica, etc.
- Longitud.
- Retardo y retardo diferencial.
- Parámetros relacionados con la diafonía: NEXT, PowerSum NEXT (PSNEXT) y Far End Crosstalk (FEXT), ELFEXT, PSELFEXT...
- Atenuación.
- Relación atenuación-diafonía (ACR: *Attenuation to Crosstalk Ratio*).
- Ancho de banda.
- Pérdidas de retorno y pérdidas de inserción.
- Ruido.

La Tabla 6.7 muestra la tabla resumen de los límites permitidos de los principales parámetros para el cableado de una instalación de categoría 6A.

### Certificación de red

En las redes de cables de pares trenzados tienen especial importancia las características siguientes y sus correspondientes pruebas de medida:

- **Resistencia.** Resistencia en CC de cada par de cables.
- **Impedancia característica.** Valor intrínseco que depende del cable utilizado, pero puede variar por diferentes causas, como por ejemplo una mala manipulación del cable.
- **Longitud.** Longitud física de cada uno de los pares del cable, con el objetivo de garantizar que no se superen los límites establecidos.
- **Retardo de propagación (Propagation Delay).** Tiempo que la señal tarda en propagarse de un extremo al otro del cable. En el caso de que se supere el retardo máximo permitido, puede perderse el control en las comunicaciones.
- **Retardo diferencial (Delay Skew).** Diferencia de retardo entre dos pares de cables trenzados (Figura 6.51). Existen aplicaciones que utilizan todos los pares para la transmisión de datos, por lo que es importante que los datos que viajan por diferentes pares lo hagan al mismo ritmo.

Si la diferencia en el retardo es grande, será imposible recombinar y recuperar la señal transmitida original.

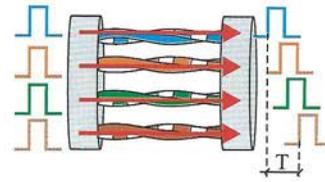


Figura 6.51. Retardo diferencial.

- **Atenuación.** Pérdida de potencia de la señal debido a la propagación por el medio de transmisión. La atenuación viene determinada fundamentalmente por la sección del cable y la conductividad del cobre. La atenuación (Figura 6.52) depende de la frecuencia y de la distancia y se expresa en dB.

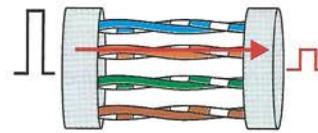


Figura 6.52. Atenuación.

- **Pérdidas de inserción (Insert Loss).** Las pérdidas de inserción incluyen todas las pérdidas producidas en el recorrido del cable: atenuación, radiación, desadaptación de impedancias, etc. Estas pérdidas dependen básicamente de las características del cable y de la calidad de las conexiones entre otros factores.
- **Pérdida de retorno (Return Loss).** Relación entre la potencia emitida por un par y la que retorna el mismo par, debido fundamentalmente a la reflexión de la señal en las conexiones por una falta de adaptación de impedancias (Figura 6.53). Se mide en dB.

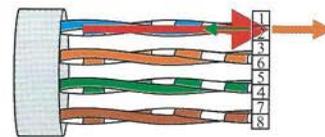


Figura 6.53. Pérdidas de retorno.

- **Diafonía (CrossTalk).** La diafonía representa la señal que se induce en un cable por influencia electromagnética del resto de cables que lo rodean. En las medidas relacionadas con la diafonía (Figura 6.54), cada par de cables se mide en relación a la influencia del resto de pares. Los parámetros más importantes relacionados con la diafonía son los siguientes:

- **FEXT (Far End CrossTalk).** Efecto de la diafonía que genera un par en otro en el extremo más alejado.

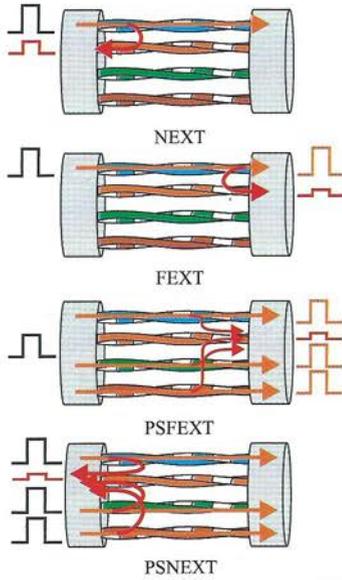


Figura 6.54. Parámetros relacionados con la diafonía.

- **NEXT** (*Near End Crosstalk*). Efecto de la diafonía que genera un par en los primeros metros del enlace, es decir, en el extremo más cercano.
- **PSFEXT** (*Power Sum FEXT*). Suma de las potencias FEXT producidas sobre un par por los otros tres pares.
- **PSNEXT** (*Power Sum NEXT*). Suma de potencias NEXT producidas sobre un par por los otros tres pares.
- **ELFEXT** (*Equal Level FEXT*). Diferencia entre la pérdida FEXT medida y la pérdida de inser-

ción del par de hilos la señal del cual está perturbada por el FEXT.

- **PSELFEXT** (*Power Sum ELFEXT*). Evalúa el efecto combinado del ELFEXT de todos los pares de hilos.

- **ACR** (*Attenuation to Crosstalk Ratio*). Evalúa la relación entre la señal de entrada y la señal inducida por la diafonía. Este parámetro se parece a una medida de la relación señal/ruido, pero en este caso el ruido es el producido por la señal inducida por diafonía, tal y como se muestra en la Figura 6.55.

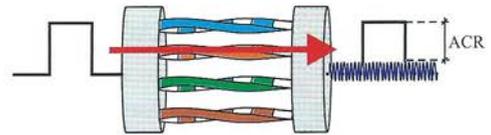


Figura 6.55. ACR.

La mayoría de parámetros, como por ejemplo las pérdidas de inserción y la diafonía dependen de la frecuencia, por lo que hay que medirlas en todo el rango de frecuencias del canal. En la Figura 6.56 se muestra un ejemplo de cuatro de las medidas obtenidas por un certificador de red, comparadas con los límites especificados con la normativa, en todo el margen de frecuencias.

**Recuerda:**

Normalmente la mayoría de parámetros se miden en dB.

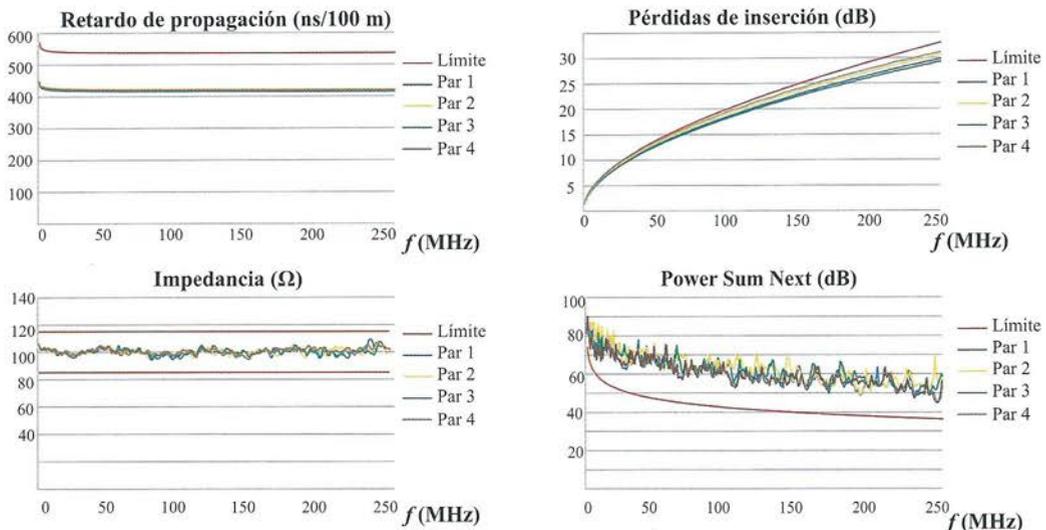


Figura 6.56. Ejemplo de resultados de medida de una instalación.

### ■ ■ ■ Certificador de red

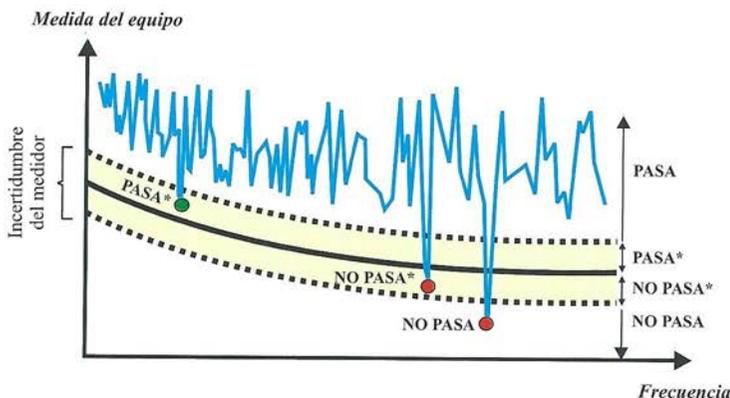
La normativa establece las medidas que es necesario realizar y los límites que debe obtenerse en los valores medidos cuando se comprueban las prestaciones de una red. Por eso, existen dispositivos específicos que facilitan la comprobación de todo el cableado de una red. Estos dispositivos se denominan **certificadores de red** (Figura 6.57).



Figura 6.57. Certificador de red.

Durante el proceso de certificación de una red no es importante el valor exacto de la medida realizada, ya que solo interesa que esta medida esté dentro de los márgenes establecidos en la normativa (pasa) o no (no pasa).

Un resultado marcado con un asterisco (\*) significa que las mediciones están dentro del rango de incertidumbre de la exactitud del certificador de red (Figura 6.58). Un resultado de **PASA\*** puede ser considerado un resultado de aprobación, pero un resultado de **NO PASA\*** debe considerarse una falla.



#### ► Recuerda:

El **certificador de red** es el equipo de medida que permite la comprobación de las prestaciones de una red.

#### ► Recuerda:

Los valores que se obtienen de los diferentes parámetros medidos con el certificador de red utilizado son características del cable y de la instalación en concreto, pero la definición **PASA/NO PASA** depende de la normativa seleccionada en el equipo de medida utilizado.

#### Sabías que...

Muchos certificadores de red incluyen referencias de cable que pueden ser escogidas para la certificación de la red. En esta elección realmente se escoge la NVP del cable, ya que es primordial para la correcta medida de muchos parámetros. También es posible configurar directamente este valor en el equipo.

Una vez establecidas en el certificador de red las condiciones de la prueba (tipo de cable, norma de referencia, etc.), el equipo realiza las medidas y comprobaciones necesarias para comprobar si la instalación cumple con todos los requisitos exigidos.

En el caso de que el cable o la instalación pase todos los requisitos, el resultado de la certificación será correcto.



Figura 6.58. Certificación de una red: resultado pasa/no pasa.

### Ejemplo 6.10. Certificación de cableado

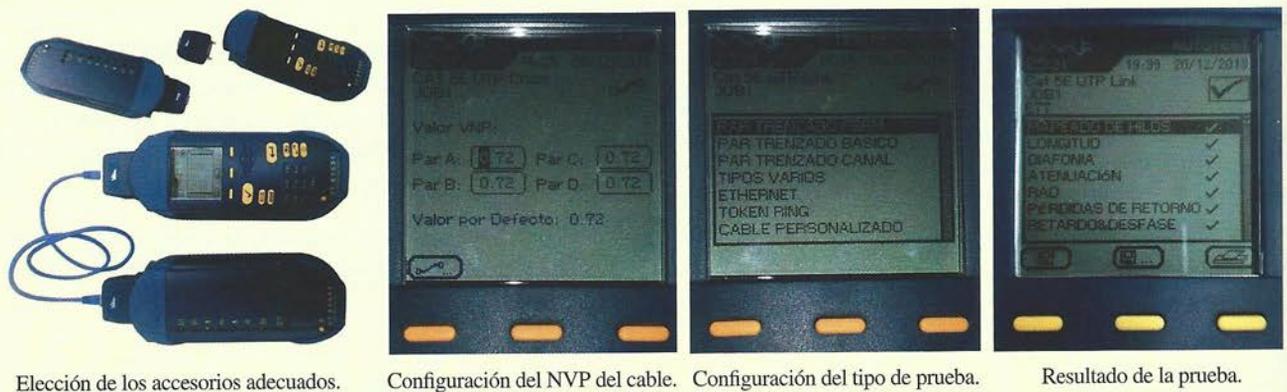
La siguiente prueba certifica un latiguillo comercial UTP de categoría 5E. El proceso de realización de la certificación es común a la mayoría de equipos:

- a) Normalmente, antes de proceder a la certificación es necesario calibrar el equipo conectando directamente la unidad principal y la unidad remota (Figura 6.59). Para ello es necesario seguir el procedimiento indicado por el equipo.



Figura 6.59. Calibración del equipo de medida.

- b) Se deben establecer las condiciones de la prueba (Figura 6.60) en la unidad principal (tipo de cable —UTP o FTP—, NVP del cable, límite de la prueba —canal o enlace—, etc.).
- c) Se selecciona la prueba de “AUTO TEST”. Al cabo de poco tiempo, la unidad principal indicará el resultado de la prueba.



Elección de los accesorios adecuados.

Configuración del NVP del cable.

Configuración del tipo de prueba.

Resultado de la prueba.

Figura 6.60. Certificación de un latiguillo de conexión.

## 6.5. Fibra óptica

Actualmente, la fibra óptica se utiliza ampliamente en telecomunicaciones, ya que permite transmitir grandes cantidades de datos a larga distancia y a velocidades muy altas. Además, al utilizar la luz como mecanismo de transmisión la fibra óptica es completamente inmune a las interferencias electromagnéticas.

### 6.5.1. Introducción a la fibra óptica

Los sistemas de transmisión por fibra óptica, tal y como se muestra en la Figura 6.61, se componen básicamente de un transmisor, basado en un diodo LED emisor de luz láser en un extremo, el cual se encarga de convertir los impulsos eléctricos de información en impulsos de luz. En el otro extremo, en el receptor los impulsos de luz recibidos se transforman de nuevo en señales eléctricas. El modelo de



Figura 6.61. Principio de transmisión por fibra óptica.

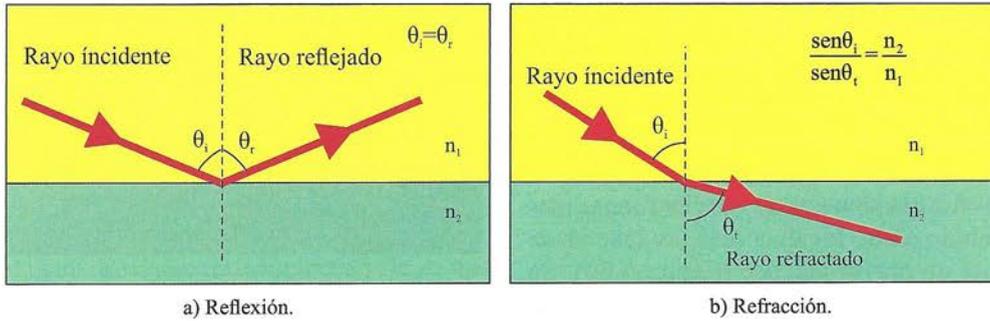


Figura 6.62. Fenómenos ópticos producidos en la fibra óptica.

transmisión incluye un codificador y un decodificador que adaptan las señales al medio de transmisión utilizado.

La **fibra óptica** es un medio de transmisión utilizado para propagar en su interior un haz de luz, el cual se queda completamente confinado y se propaga por el interior de la fibra. Está constituido básicamente por un núcleo de vidrio o plástico y un revestimiento que mantiene la luz en su interior.

El fenómeno óptico en el que se basa la transmisión de la luz en el conducto de fibra de vidrio se denomina **TIR** (Total Internal Reflection): cuando un rayo de luz pasa de un medio hacia otro con menor índice de refracción, si incide sobre la frontera de los materiales con un ángulo determinado, no pasa ninguna luz a través de la frontera del material (Figura 6.62).

El ángulo a partir del cual el rayo de luz queda totalmente atrapado se denomina ángulo crítico de incidencia.

**Sabías que...**

El motivo físico por el cual la luz queda atrapada dentro de la fibra óptica se basa en las leyes de reflexión y refracción de la luz, según las cuales, cuando un rayo atraviesa la frontera desde un medio físico transparente a otro también transparente, pero donde la velocidad de propagación es menor, la trayectoria del mismo varía, siguiendo una ley física conocida como Ley de Snell.

**Sabías que...**

La velocidad de propagación de la luz depende del tipo de material utilizado, ya que la velocidad máxima de la luz de 300.000 km/s solo se alcanza en el vacío. En el resto de medios la propagación se produce a menor velocidad, la relación entre la velocidad de la luz en el vacío y en otro medio se conoce como índice de refracción del medio y es característico de cada material.

**6.5.2. Enlace de fibra óptica**

Un enlace de fibra óptica consta de dos fibras de vidrio separadas: una para la transmisión de datos (*Tx*) y otra para la recepción (*Rx*). En la Figura 6.63 se muestra un equipo de red con dos enlaces de fibra óptica.

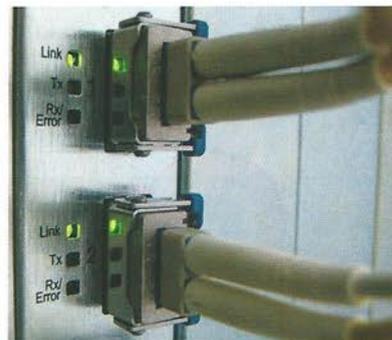


Figura 6.63. Enlaces de fibra óptica.

### 6.5.3. Fuentes de luz

Las fuentes de luz utilizados en la transmisión de señales a través de fibra óptica son de dos tipos diferentes:

- **Fuentes de luz LED** (*Light Emitting Diode*). Fuente de luz utilizada solamente en la fibra óptica multimodo, debido a la baja focalización y relativamente baja intensidad de la luz. Tradicionalmente se han utilizado por su bajo coste y facilidad de uso.
- **Fuentes de luz LASER** (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*). Fuente de luz utilizada tanto en la fibra óptica multimodo como monomodo. Actualmente es el tipo de fuente más utilizado debido a que focaliza más las señales de luz y permite un mayor alcance (Figura 6.64). Su principal inconveniente es su elevado coste y dificultad de uso.



Figura 6.64. Diodo Láser.

### 6.5.4. Cables de fibra óptica

El **cable de fibra óptica** (Figura 6.65) es la estructura que protege a las fibras ópticas de las influencias medioambientales externas de daños mecánicos y facilita su manipulación.

La composición básica del cable de fibra óptica se muestra en la Figura 6.66:

- **Núcleo óptico** (*core*). Es la parte interna de la fibra donde se propagan las señales ópticas, es decir, el núcleo es el conductor de la señal luminosa. Posee un alto índice de refracción ( $n_1$ ). La señal es conducida por el interior de este núcleo sin poder escapar de él debido a las reflexiones internas que se produ-

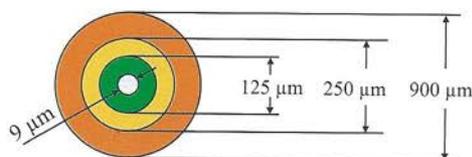


Figura 6.66. Estructura típica de un cable de fibra óptica.

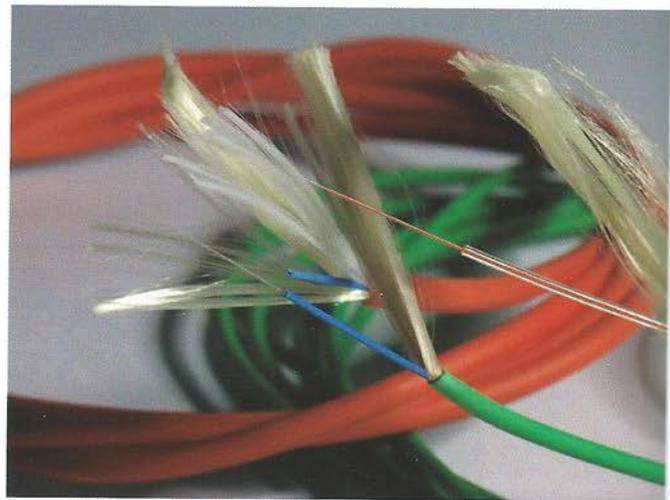


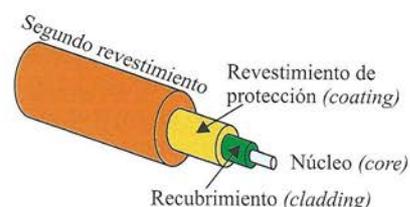
Figura 6.65. Vista de algunas fibras ópticas.

cen, impidiendo tanto la salida de energía hacia el exterior como la interferencia de señales externas. Su diámetro típico es de 9  $\mu\text{m}$  para la fibra monomodo y 50  $\mu\text{m}$  o 62,5  $\mu\text{m}$  para la fibra multimodo.

- **Funda óptica** (*cladding*), recubrimiento o capa intermedia. Sirve para confinar las ondas ópticas en el núcleo. Generalmente, de los mismos materiales que el núcleo pero con aditivos que le otorgan un índice de refracción ligeramente mayor ( $n_2$ ).
- **Revestimiento de protección** (*coating*), primera protección o revestimiento. Es una envoltura generalmente de plástico que aísla las fibras y evita que se produzcan interferencias entre fibras adyacentes, a la vez que le proporciona protección mecánica. Algunas fibras tienen un revestimiento adicional (segundo revestimiento).

#### Sabías que...

Existen multitud de tipos de cables, diseñados en función del entorno en el que van a ser utilizados. Además, el diseño de un cable condiciona su sensibilidad a la curvatura, su resistencia mecánica y la fatiga estática y el envejecimiento.



► **Recuerda:**

El diámetro del núcleo de una fibra óptica multimodo es mucho mayor que la longitud de onda de la señal a transmitir, por lo que la luz entra por un extremo de la fibra por diferentes ángulos, viéndose reflejada la luz de manera diferente según su incidencia. Cada ángulo de entrada da lugar a un modo de propagación.

### 6.5.5. Tipos de fibra óptica

Existen dos tipos básicos de fibras ópticas, las cuales se identifican por el diámetro de su revestimiento y de su núcleo: la fibra óptica multimodo y la fibra óptica monomodo.

Además, de la fibra óptica multimodo existen dos tipos diferentes, en función del índice de reflexión de su núcleo. El principio de funcionamiento de estos tipos de fibra óptica se resume en la Figura 6.67.

**Sabías que...**

Un modo es un camino de propagación de los rayos de luz por el núcleo de la fibra óptica.

### Fibra monomodo

La **fibra monomodo** ofrece la mayor capacidad de transporte de información, aunque debido a sus dimensiones su instalación es más complicada. El diámetro del núcleo de estas fibras es muy pequeño, del mismo orden que la longitud de onda de las señales ópticas que transmiten (1 a 10  $\mu\text{m}$ ), facilitando la propagación de la señal por una trayectoria que sigue longitudinalmente el eje de la fibra, por lo que recibe el nombre de fibra monomodo, ya que el camino de propagación del haz luminoso es único (Figura 6.67.a).

Normalmente, el núcleo está formado por un material cuyo índice de refracción es muy diferente al de la cubierta, por lo que reciben el nombre de fibras monomodo de índice escalonado.

Las fibras ópticas monomodo tienen un diámetro del núcleo mucho menor que las multimodo, siendo la relación típica entre los diámetros del núcleo y la cubierta para este tipo de fibra 9/125  $\mu\text{m}$ .

**Sabías que...**

Las fibras monomodo se suelen utilizar en las ventanas de 1.310 y 1.550  $\mu\text{m}$  en las que las atenuaciones son menores, razón por la cual este tipo de fibras se emplea en transmisiones a largas distancias.

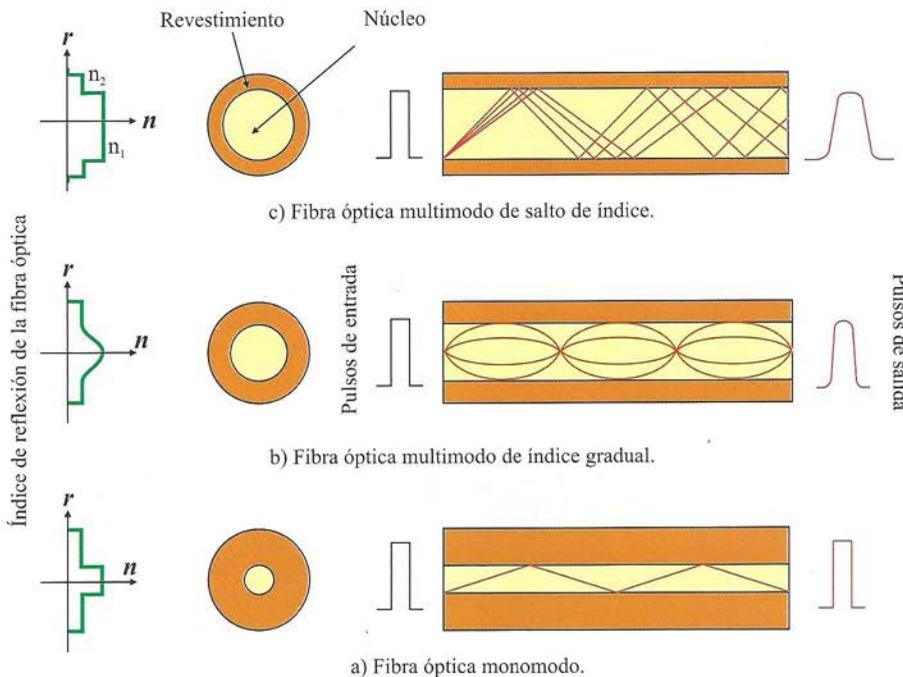


Figura 6.67. Tipos de fibra óptica y principio de funcionamiento

## ■ ■ ■ Fibra multimodo

La **fibra óptica multimodo** tiene un diámetro del núcleo mucho mayor que las fibras ópticas monomodo, por lo que los haces de luz pueden transmitirse por más de un camino, (modo). Los diámetros típicos del núcleo y de la cubierta para este tipo de fibras son 62,5/125 y 50/125  $\mu\text{m}$ .

Las fibras multimodo, al utilizar diferentes caminos de propagación, los haces de luz no llegan todos al mismo tiempo, provocando fenómenos de dispersión que limitan el ancho de banda de las señales que se pueden transmitir, así como la distancia máxima de transmisión.

Estas fibras, debido a que son más fáciles de fabricar resultan más económicas y, debido al gran tamaño del núcleo, su conexión es más sencilla ya que se simplifica el acoplamiento de la fibra con el resto de componentes del sistema. Este tipo de fibra se utiliza cuando las aplicaciones exigen una distancia corta de transmisión.

Existen dos tipos de fibra óptica multimodo:

- **Índice gradual:** la variación entre los índices de refracción del núcleo y el revestimiento o cubierta de la fibra no es discontinua, sino que varía de manera gradual (Figura 6.67.b). Esto permite que los rayos de luz viajen a diferente velocidad.
- **Salto de índice:** existe una discontinuidad entre los índices de refracción del núcleo y el revestimiento o cubierta de la fibra (Figura 6.67.c). El núcleo está constituido por un material uniforme cuyo índice de refracción es claramente superior al de la cubierta que lo rodea.

### ► Recuerda:

La fibra multimodo de índice gradual permite reducir la dispersión entre los diferentes modos de propagación del núcleo de la fibra.

## ■ ■ 6.5.6. Especificaciones de la fibra óptica (clases)

Las prestaciones de un sistema de cableado de fibra óptica se clasifican por **clases**. La fibra óptica multimodo está disponible en cuatro clases: OM1, OM2, OM3 y OM4; mientras que la fibra óptica monomodo solo tiene dos clases: OS1 y OS2.

La Figura 6.68 compara las prestaciones de la fibra óptica según su tipo.

## ■ ■ 6.5.7. Tipos de conectores más utilizados

Los **conectores** de fibra óptica, como los que se muestran en la Figura 6.69, se utilizan para terminar una fibra óptica y poder conectarla a un equipo óptico, ya sea el transmisor o el receptor. En los tramos intermedios del enlace también permite su conexión a paneles de distribución ópticos.



Figura 6.69. Conectores de fibra óptica.

La fibra óptica finaliza con el conector adecuado al equipo de comunicaciones o la aplicación utilizada. Los conectores más utilizados se pueden clasificar en función de:



Figura 6.68. Prestaciones de la fibra óptica en relación a su clasificación.

- **Estructura física:** conectores ST, SC, FC, LC...
- **Tipo de pulido de la fibra:** conectores PC, UPC, APC...

Según su **estructura física**, podemos clasificar los conectores de la manera siguiente:

- **Conector FC (Fiber Connector).** Son conectores que realizan la conexión por enrosque. Su constitución se muestra en la Figura 6.70.



Figura 6.70. Conector FC.

- **Conector ST de punta recta (Straigh Tip).** Este tipo de conector (Figura 6.71) es una marca registrada de AT&T, y durante mucho tiempo ha sido uno de los conectores más utilizados para finalizar fibras ópticas multimodo, aunque actualmente se utiliza menos. Su diseño está inspirado en los conectores BNC para cable coaxial, que se caracterizan por su montaje en bayoneta con un casquillo largo que aloja la fibra. Este conector óptico se considera de segunda generación.

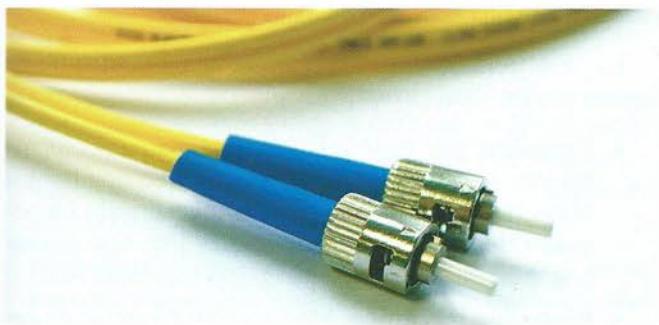


Figura 6.71. Conector ST.

- **Conector SC de conexión recta (Straight Connection).** Este tipo de conector (Figura 6.72) ha ido sustituyendo a los de tipo ST sobre todo en los sistemas de cableado estructurado, debido a que son fáciles de instalar y, al ser muy pequeños, aumenta su densidad de integración. Este conector encaja con un movimiento de presión y se desconecta tirando de él. Además, permite una variedad dúplex en la que los dos canales de transmisión/recepción (Tx/Rx) se pueden tener en el mismo módulo.

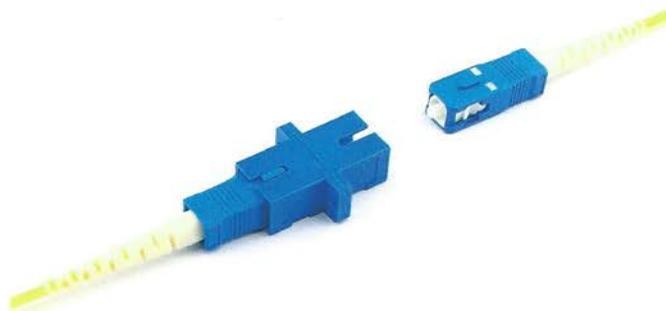


Figura 6.72. Conector SC.

- **Conector LC (Lucent Technologies Connector).** Es un nuevo tipo de conector óptico (Figura 6.73) de reducido tamaño, que facilita su integración en los dispositivos electrónicos como los switch. El sistema de anclaje es muy parecido al de los conectores RJ-45, ya que utiliza una pestaña superior que hay que presionar para introducirlos o liberarlos.

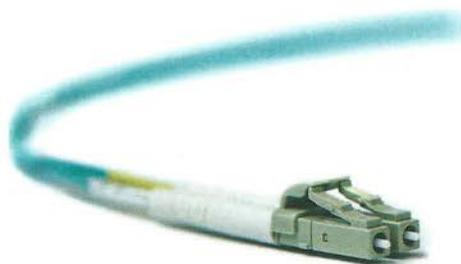


Figura 6.73. Conector LC.

La Tabla 6.8 muestra las prestaciones físicas de cada conector aunque en gran medida dependen del tipo de pulido utilizado.

Tabla 6.8. Principales características de los conectores de fibra óptica.

Conector	Tipo de fibra	Pérdidas de inserción	Pérdidas de retorno
FC	Monomodo	< 0,2 dB	> 40 dB
	Multimodo	< 0,5 dB	> 30 dB
ST	Monomodo	< 0,2 dB	> 55 dB
	Multimodo	< 0,3 dB	> 25 dB
SC	Monomodo	< 0,1 dB	> 55 dB
	Multimodo	< 0,1 dB	> 30 dB
LC	Monomodo	< 0,1 dB	> 55 dB
	Multimodo	< 0,1 dB	> 30 dB

### ► Recuerda:

Las pérdidas de retorno igual que en otros medios de transmisión indican la cantidad de señal reflejada debido a discontinuidades presentes en el medio de transmisión.

## ■ ■ ■ Tipo de pulido de los conectores

La aparente compatibilidad mecánica entre algunos conectores puede provocar el no funcionamiento de la red, ya que además del tipo de conector es necesario conocer el tipo de acabado de la fibra, es decir, su tipo de pulido: chaflán (APC), recto (PC), etc.

Los tipos de pulido utilizados en los conectores de fibra óptica son los que se muestran en la Figura 6.74:

- **Pulido plano.** Se utiliza solo en la fibra óptica multimodo, aunque actualmente está en desuso. Las pérdidas de retorno típicas están por debajo de 30 dB.
- **Pulido PC (Physical Contact).** El acabado de este pulido es artesanal y su ángulo de corte es de aproximadamente 30°, siendo sus pérdidas de retorno ópticas mayores de 30 dB.
- **Pulidos SPC (Super Physical Contact) y UPC (Ultra Physical Contact).** Se obtienen estos acabados cuando el corte es pulido con una máquina. Utilizado en fibras ópticas monomodo, supone un paso adicional de pulido sobre el pulido PC, aumentando por

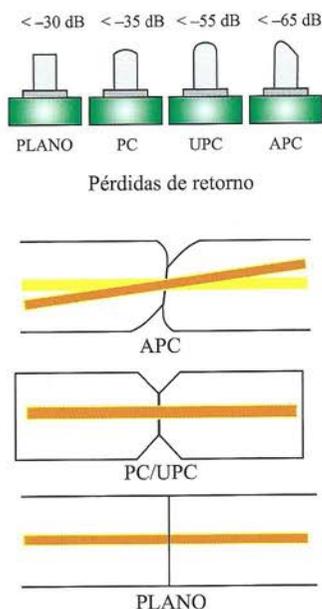


Figura 6.74. Tipo de pulido de las fibras ópticas.

encima de 40 dB sus pérdidas de retorno en el caso del pulido SPC y superiores a 50 dB en el caso del pulido UPC.

- **Pulido APC (Angled Physical Contact).** Cuando se requieren pérdidas de retorno ópticas mayores se recurre a este pulido con un ángulo de 8°, que garantiza unas pérdidas de retorno superiores a 60 dB.

### ► Recuerda:

La compatibilidad entre conectores debe ser tanto a nivel de fijación como a nivel de pulido.

### Ejemplo 6.11. Conectores para cables de fibra óptica de una ICT

Los conectores para cables de fibra óptica de la ICT deben ser de tipo SC/APC con su correspondiente adaptador, para ser instalados en los paneles de conexión preinstalados en el punto de interconexión del registro principal óptico y en la roseta óptica del PAU.

## ■ ■ ■ 6.5.8. Empalmes de fibra óptica

Un **empalme** es la conexión permanente de dos fibras ópticas mediante una conexión de bajas pérdidas.

Las dos técnicas utilizadas para la unión de dos fibras ópticas son las siguientes:

- **Empalme por fusión.** Utiliza una máquina empalmadora de fusión, la cual alinea con precisión las dos fibras ópticas. La unión se realiza generando un pequeño arco eléctrico que las suelda. Este tipo de empalme produce unas pérdidas por debajo de 0,1 dB.
- **Empalme mecánico.** Mediante un conector de reducidas dimensiones se alinean dos fibras desnudas que quedan aseguradas mecánicamente. Las pérdidas típicas debidas a este tipo de empalme varían entre 0,1 y 0,8 dB.

### Sabías que...

Los empalmes son necesarios fundamentalmente por dos motivos: la longitud de las bobinas de cables son menores a la longitud de las infraestructuras y en la distribución de la infraestructura se utilizan varios tipos de cables con diferente número de fibras.

**► Recuerda:**

Los empalmes mecánicos requieren una inversión inicial menor que la necesaria para los empalmes por fusión, pero el coste del material fungible para la realización de cada empalme mecánico es más elevado que para los empalmes por fusión.

**Ejemplo 6.12. Realización de empalmes por fusión**

Las fusionadoras más utilizadas en las instalaciones de los cables de fibras ópticas son las fusionadoras de campo (Figura 6.75).

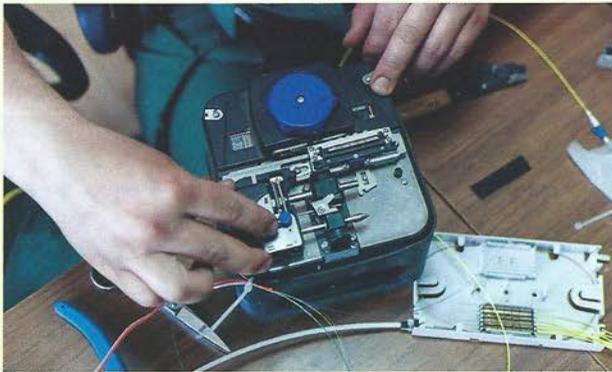


Figura 6.75. Fusión en campo.

Para realizar un empalme, se retira la protección primaria de las fibras, se limpian con gasas impregnadas en etanol o alcohol isopropílico y por último se cortan, utilizando una cortadora de precisión, asegurándose que el ángulo de corte con respecto a la perpendicular sea menor a 1°.

Finalmente, las fibras se colocan en la fusionadora, la cual realiza el empalme de manera automática. Una vez acabada la fusión, la máquina evalúa las pérdidas del empalme y se procede a la colocación del protector del empalme.

La precisión y calidad de estos sistemas influyen de manera notable en los resultados de los empalmes y la rapidez en la ejecución de los trabajos.

**Sabías que...**

Los alineamientos de las fibras son los factores que más influyen en las pérdidas de señal óptica de los empalmes de fibras ópticas.

**Empalmes por fusión**

El **empalme por fusión** consiste en unir las dos fibras ópticas fundiendo el material de sus puntas mediante la aplicación de una fuente de calor. Los empalmes por fusión se realizan utilizando una máquina denominada **fusionadora** (Figura 6.76). Las funciones principales que realiza esta máquina son la aproximación de las fibras, su alineamiento, la fusión y el cálculo de pérdidas estimadas. También disponen de un calefactor integrado que permite colocar un protector al empalme. La fusión se realiza al aplicar una corriente eléctrica controlada entre dos electrodos que producen un arco eléctrico.

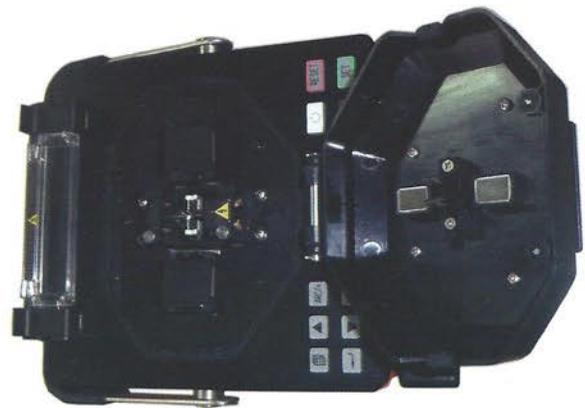


Figura 6.76. Fusionadora de fibra óptica.

**Empalme mecánico**

El **empalme mecánico** utiliza un pequeño conector con forma de cilindro que alinea dos fibras desnudas y las asegura mecánicamente (Figura 6.77.a). El interior del conector está impregnado de un gel igualador del índice de refracción con el objetivo de reducir las pérdidas.

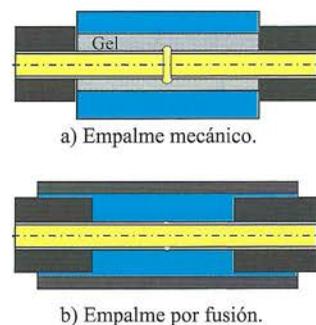


Figura 6.77. Comparación de los dos tipos de empalme.

A pesar de que el coste de un empalme mecánico es pequeño, los empalmes por fusión (Figura 6.77.b) son me-

jores que los empalmes mecánicos ya que ofrecen menores pérdidas de inserción y altas pérdidas de retorno (menores reflexiones). Por contra, la inversión inicial es alta, ya que el coste de la fusionadora es elevada, pero se debe tener en cuenta que después el coste de cada empalme es relativamente barato.

### ► Recuerda:

El empalme de fibra es la técnica utilizada para unir de manera permanente dos fibras ópticas, en una conexión de bajas pérdidas.

## 6.5.9. Elementos de conexión para la red de cables de fibra óptica

Los principales elementos de conexión para una red de cables de fibra óptica se muestran en la Figura 6.78:

- Caja de interconexión de cables de fibra óptica.
- Cajas de segregación.
- Roseta de fibra óptica.

### Caja de interconexión de cables de fibra óptica

La **caja de interconexión** de cables de fibra óptica se sitúa a la entrada de la instalación y desarrollará las funciones de registro principal óptico. En la caja de interconexión se distinguen dos tipos de módulos:

- **Módulo de salida** para terminar la red de fibra óptica del edificio.
- **Módulo de entrada** para terminar las redes de alimentación de los operadores.

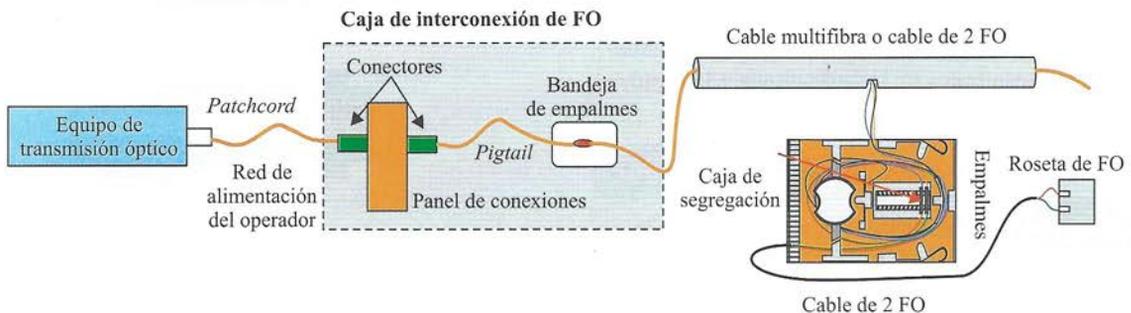


Figura 6.78. Red de distribución de FO.

Normalmente, se utilizan **paneles de conexión**, como los de la Figura 6.79 y cajas o bandejas de empalme como las de la Figura 6.80. De esta manera, en la caja de interconexión encontraremos tanto terminaciones basadas en conectores como otras basadas en empalmes.

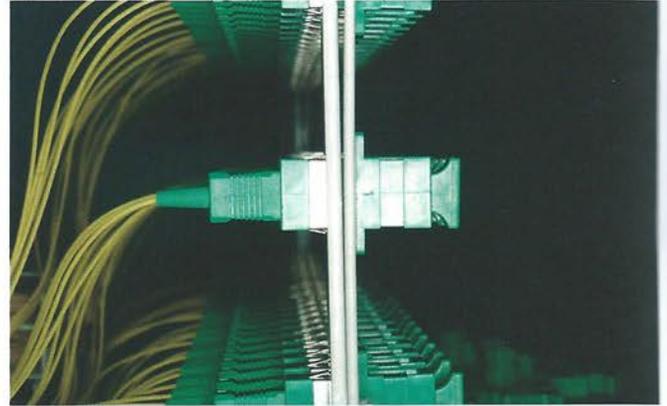


Figura 6.79. Paneles de conexión de fibra óptica.



Figura 6.80. Panel de distribución que incluye bandejas de empalme.

La **bandeja de empalme** se utiliza para proteger y mantener los empalmes de terminación. Normalmente, estas

bandejas mantienen un número determinado de empalmes, siendo típicos los de 12 empalmes.

El *pigtail* es un cable de fibra óptica de longitud corta que se utiliza para terminar una fibra óptica. Un extremo incorpora un conector terminado de fábrica y el otro extremo (fibra desnuda) se empalma con la fibra óptica distribuida por la instalación.

El *patchcord* es un latiguillo de conexión óptico que incorpora en los dos extremos sus respectivos conectores, normalmente conectados de fábrica para mantener sus propiedades.

### ■ ■ ■ Caja de segregación de cables de fibra óptica

La **caja de segregación de fibras ópticas**, al igual que las bandejas, protegen y mantienen los empalmes cuando las fibras ópticas de la red de distribución sean distintas de los cables de acometida de fibra óptica de la red de dispersión. Todos los elementos de la caja de segregación estarán diseñados de forma que se garantice un radio de curvatura mínimo de 15 mm en el recorrido de la fibra óptica dentro de la caja (Figura 6.81).

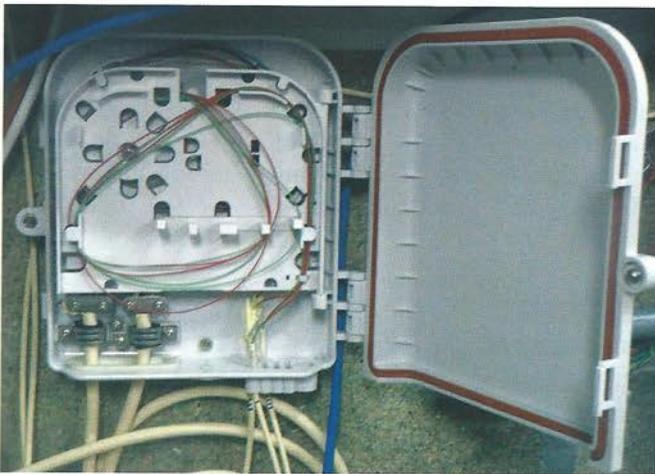


Figura 6.81. Caja de segregación.

### ■ ■ ■ Roseta de fibra óptica

La roseta para cables de fibra óptica es una caja que aloja los conectores ópticos SC/APC de terminación de la red de fibra óptica (Figura 6.82). También aloja cuando es necesario el empalme y los bucles de las fibras ópticas.

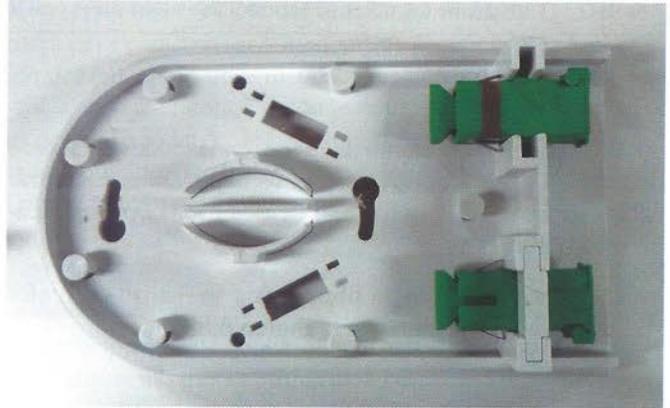


Figura 6.82. Roseta óptica.

La caja de la roseta óptica estará diseñada para alojar dos conectores ópticos, como mínimo, con sus correspondientes adaptadores.

Todos los elementos de la caja estarán diseñados de forma que se garantice un radio de curvatura mínimo de 20 mm en el recorrido de la fibra óptica dentro de la caja.

### ■ ■ 6.5.10. Tipos de fibra óptica de una ICT

Existen en el mercado varios tipos diferentes de fibras ópticas monomodo para aplicaciones de acceso FTTx. Las fibras ópticas que se utilizan en este tipo de cables son monomodo del tipo G.657, categoría A2 o B3, con baja sensibilidad a curvaturas y definidas en la recomendación UIT-T G.657. La Tabla 6.9 indica las características mínimas que se exigen a estos tipos de fibra óptica.

Tabla 6.9. Características mínimas de las fibras ópticas definidas para la ICT.

Tipo de fibra		G.657 A2			G.657 B3		
Radio (mm)		15	10	7,5	10	7,5	5
Número de vueltas		10	1	1	1	1	1
Atenuación máxima (dB)	1.550 nm	0,03	0,1	0,5	0,03	0,08	0,15
	1.625 nm	0,1	0,2	1,0	0,1	0,25	0,45

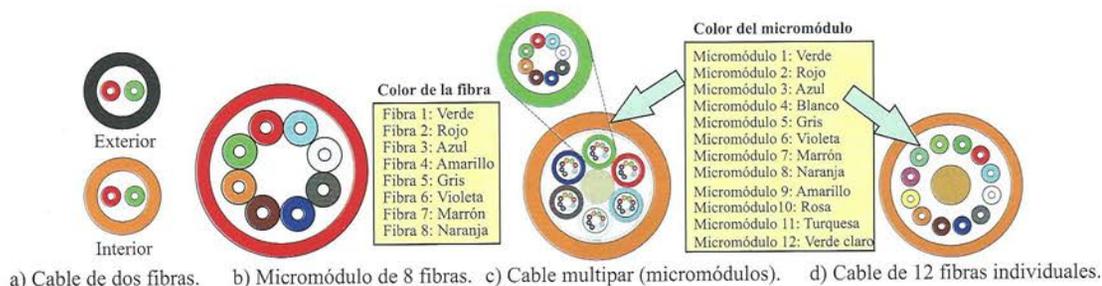


Figura 6.83. Identificación de fibras ópticas.

Dependiendo del tramo de la red, en las redes de acceso de cables de fibra óptica de una ICT, podemos encontrar cables de acometida individual de dos fibras ópticas o cables multifibra.

La identificación de la fibra óptica se realiza por colores, tal y como se resume en la Figura 6.83.

### Sabías que...

Recomendación UIT-T G.657, "Características de las fibras y cables ópticos monomodo insensibles a la pérdida por flexión para la red de acceso".

### Recuerda:

Las tecnologías básicas de fibra óptica FFTx llevan mediante fibra óptica hasta la entrada del edificio (FFTB) o incluso hasta la vivienda o la oficina del usuario final (FFTH).

### Cables de acometida individual

El cable de acometida óptica individual (Figura 6.83.a) tanto para instalación en interior como en exterior es de dos fibras ópticas con el siguiente código de colores:

- Fibra 1: verde.
- Fibra 2: roja.

### Cables multifibra

El **cable multifibra** de fibra óptica para distribución vertical será preferentemente de hasta 48 fibras ópticas.

Los cables de fibra óptica se distribuyen en **micromódulos** con 1, 2, 4, 6 u 8 fibras. La primera protección de las fibras ópticas debe estar coloreada de forma intensa, opaca

y fácilmente distinguible e identificable a lo largo de la vida útil del cable, de acuerdo con el código de colores que se muestra en la Figura 6.83.b.

Para instalaciones de ICT puede utilizarse tanto fibras ópticas distribuidas en micromódulos como fibras ópticas de 900 micras individuales, en lugar de micromódulos de varias fibras.

Los micromódulos serán de material termoplástico elastómero de poliéster o similar impregnados con compuesto bloqueante del agua, de fácil pelado sin usar herramientas especiales, y estar coloreados según el código de la Figura 6.83.c.

Si se considera un diseño del cable realizado con fibras ópticas de 900 micras individuales, en lugar de micromódulos de varias fibras (Figura 6.63.d), cuando los cables tengan más de 12 fibras, se repetirán los colores añadiendo anillos de color negro cada 50 mm, 1 anillo entre las fibras 13 y 24, 2 anillos entre las fibras 25 y 36 y 3 anillos entre las fibras 37 y 48.

### Sabías que...

El cable deberá ser completamente dieléctrico, no poseerá ningún elemento metálico y el material de la cubierta de los cables debe ser termoplástico, libre de halógenos, retardante a la llama y de baja emisión de humos.

## 6.5.11. Certificación de redes de fibra óptica

La manera más completa de comprobación del rendimiento de una instalación es la certificación en campo de la red de fibra óptica. De esta manera se asegura que el cableado instalado cumple las características definidas en la normativa de referencia.

Para la certificación de las redes de fibra óptica existen dos **tipos de pruebas**: la prueba de nivel 1 y la prueba de nivel 2.

### ► Recuerda:

La nueva normativa de ICT incluye la instalación de cables de fibras ópticas, por tanto es necesario utilizar herramientas e instrumentos para realizar los empalmes de fibra óptica así como la certificación de la red. El instalador de telecomunicaciones de tipo F debe disponer entre el equipamiento mínimo de una fusionadora y otras herramientas para conectorización y empalme en campo de fibra óptica.

El procedimiento de prueba mínimo (nivel 1) definido por las normas es el siguiente:

- Medición y evaluación de la **pérdida de enlace** mediante un equipo de prueba de pérdidas ópticas. El equipo de prueba (Figura 6.84) está formado por una fuente de luz y un medidor de potencia óptica.



Figura 6.84. Fuente de luz y medidor de potencia.

- Medición de la **longitud de enlace**. La longitud debe ser conocida para calcular el límite de prueba de pérdida de muchas de las normas de instalación.
- Verificación de **polaridad del enlace**.

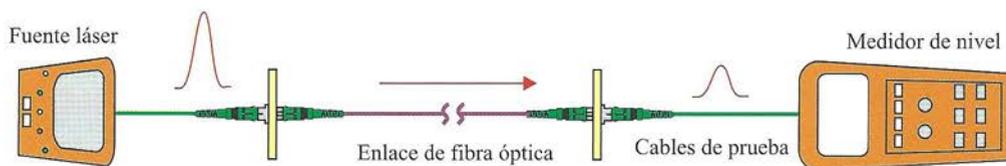


Figura 6.85. Prueba de fibra óptica de nivel 1.

La Figura 6.85 muestra la configuración para realizar las pruebas de nivel 1.

Cuando falla la prueba de nivel 1, por ejemplo debido a que las pérdidas del enlace óptico son excesivas, puede realizarse la prueba de nivel 2 basada en un análisis OTDR.

La certificación extendida o prueba de nivel 2 es una prueba opcional que además de las pruebas de nivel 1 incluye un análisis OTDR del enlace. El **análisis OTDR** se utiliza para caracterizar y evaluar los componentes y el estado del enlace de fibra instalado. A partir de la prueba de nivel 2, se puede conocer dónde ocurren las discontinuidades ópticas a lo largo de la longitud del enlace de cable, de manera que localizado el punto de falla puede solucionarse el problema.

### Sabías que...

El reflectómetro de dominio de tiempo óptico (OTDR) es un instrumento que se utiliza para certificar el rendimiento de los enlaces de fibra óptica y detectar problemas con los enlaces de fibra existentes.

## 6.6. Normas básicas de instalación

La calidad de una instalación se consigue utilizando las prácticas de instalación adecuadas que mantengan la calidad del cable utilizado y de los componentes instalados.

A pesar de que cada tipo de cable tiene sus características particulares existen una serie de normas que son comunes a todos ellos (Figura 6.86). Durante la instalación de los cables es necesario tener en cuenta las precauciones siguientes:

- No apretar demasiado los cables con las ligaduras.
- No estirar el cable.
- Respetar el radio máximo de curvatura del cable que indica el fabricante.
- No utilizar grapas para sujetar los cables.
- Utilizar siempre herramientas específicas para la terminación de los cables.

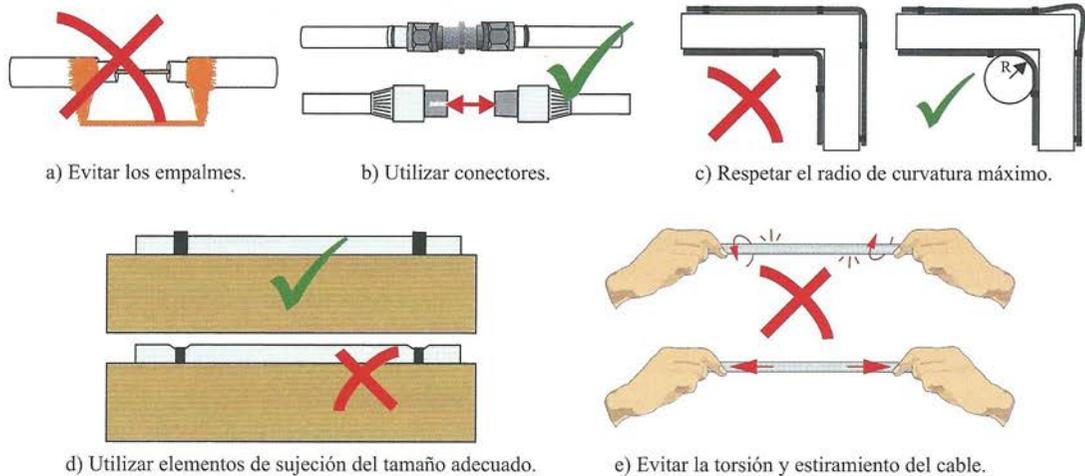


Figura 6.86. Normas básicas de instalación.

- Evitar tracciones bruscas en la tirada del cable y tirones que provoquen tensiones longitudinales excesivas que deformen el aislamiento, modificando la impedancia del cable.
- No realizar empalmes en los cables de cobre (utilizar componentes de conexión como los paneles o conectores adecuados).
- Mantener la longitud de los cables dentro de los límites establecidos por la normativa.

Es necesario también tener en cuenta el recorrido del cable, con el objetivo de evitar que la señal que se transmite por el cable no se vea interferida por fuentes de interferencias externas, evitando el paso de los cables cerca de fuentes de interferencias electromagnéticas, líneas de CA, fluorescentes, motores eléctricos o transformadores, aires acondicionados, etc.

### Sabías que...

Las prácticas de instalación recomendadas para la instalación de cables de pares trenzados son comunes al resto de cableado, teniendo en cuenta las particularidades de trenzado de este tipo de cable, siendo necesario pelar el cable solo lo necesario y mantener el trenzado del cable lo más cerca posible de la terminación mecánica. No destrenzar los cables más de lo necesario.

### Sabías que...

Todos los cables de fibra óptica son sensibles de sufrir daños durante la manipulación e instalación. Algunas de las precauciones más importantes a las que debe prestarse especial atención al instalar los cables de fibra óptica son mantener el radio de curvatura máximo permitido y no exceder el valor de tensión de tracción especificado por el fabricante del cable para no alterar sus características.

## Resumen

Las redes ultrarrápidas utilizan diferentes tecnologías para el acceso a las redes interiores de un edificio: cables de cobre, redes HFC (híbrido de fibra y coaxial) y las redes de fibra óptica FTTB (fibra hasta el edificio) y FTTH (fibra hasta el hogar). En el interior del edificio encontraremos redes de acceso con diferentes medios de transmisión.

El **cable coaxial** está formado básicamente por un conductor interior y un conductor externo (blindaje) separados por un dieléctrico y cubiertos por una cubierta protectora. Como elemento de conexión se utilizan los conectores F macho en el cable. La distribución de la señal se realiza mediante derivadores y repartidores dotados con conectores tipo F hembra.

En las instalaciones de ICT se utilizan los cables coaxiales de tipo RG-6, RG-11 y RG-59, cuya impedancia característica es de  $75 \Omega$ .

Los **cables de pares** están formados por grupos de dos hilos (pares) de material conductor, recubiertos de un plástico protector. En función del número de conductores que se agrupan hay cables de acometida de uno o dos pares y cables multipares formados por mazos de 25 pares. En la ICT se utilizan cables multipares de 50, 75 y 100 pares. Para facilitar las conexiones en las tareas de instalación o mantenimiento se utilizan códigos de colores para identificar los cables.

Como elementos de conexión de la red de cables de pares se utilizan las regletas de conexión.

El **cable de par trenzado** consta de un haz de uno o más pares trenzados, generalmente cuatro, rodeados por una cubierta aislante. Su impedancia característica es de  $100 \Omega$ . Existen diferentes tipos de cables de pares trenzados: UTP, FTP y STP.

El cable UTP utiliza conectores RJ-45, mientras que la terminación de un cable apantallado (FTP o STP) utiliza RJ-49. Para facilitar la administración del cableado se utilizan paneles de conexión con conectores RJ-45.

Existen dos **esquemas de conexionado** del cable de par trenzado diferentes: norma EIA 568A o EIA 568B. Cuando en las conexiones se utiliza el mismo esquema de conexión se obtiene un cable de conexión directa, mientras que si se utilizan sistemas de conexionado diferentes en cada extremo del cable se obtiene un cable de conexión cruzada.

El cable de par trenzado se utiliza en las redes de datos y en los sistemas de cableado estructurado (SCE).

La **clase** de una red de cables de pares trenzados depende de la **categoría** de los componentes utilizados. Las ICT utilizan un cableado estructurado con componentes de categoría 6 y prestaciones de clase E.

El **mapeado de cables** es la prueba básica que permite comprobar la correcta instalación de un cableado, pero la **certificación de la red** garantiza que se cumplen los estándares de referencia.

La **fibra óptica** utiliza luz para la transmisión. Un **enlace de fibra óptica** consta de dos fibras separadas: transmisión ( $T_x$ ) y recepción ( $R_x$ ). Existen dos tipos de fibras ópticas: fibra óptica multimodo y fibra óptica monomodo. Los **conectores** utilizados se pueden clasificar en función de su estructura física (ST, SC, FC y LC) y del tipo de pulido de la fibra (PC, UPC, APC...).

La conexión permanente de dos fibras ópticas se realiza mediante **empalmes por fusión** o **empalmes mecánicos**. Los principales elementos de conexión para una red de cables de fibra óptica son las cajas de interconexión, las cajas de segregación y las rosetas de fibra óptica.

En las redes de acceso de cables de fibra óptica de una ICT, podemos encontrar cables de acometida individual de dos fibras ópticas o cables multifibra.

Para la certificación de las redes de fibra óptica existen dos tipos de prueba: la prueba de nivel 1 y la prueba de nivel 2.

## Actividades de comprobación

- 6.1.** ¿Cuáles son las principales tecnologías de acceso utilizadas en la actualidad para acceder a los servicios de telecomunicaciones de banda ancha?
- ADSL.
  - Cable.
  - FO.
  - Todas las respuestas anteriores son correctas.
- 6.2.** La instalación de fibra óptica hasta la entrada de las viviendas de un edificio en la ICT, ¿qué tipo de red representa?
- FFTB.
  - FTTH.
  - HFC.
  - Todas las respuestas anteriores son ciertas.
- 6.3.** ¿Qué tipo de cable se utiliza tradicionalmente en las instalaciones de telefonía?
- Cable de pares trenzados.
  - Cable coaxial.
  - Cable de uno o dos pares.
  - Fibra óptica.
- 6.4.** ¿Qué impedancia característica tiene un cable coaxial de tipo RG-59?
- 50  $\Omega$ .
  - 75  $\Omega$ .
  - 100  $\Omega$ .
  - 150  $\Omega$ .
- 6.5.** ¿Cuál de las siguientes conexiones se utiliza en las redes de cable coaxial?
- Conexión directa.
  - Conector CEI.
  - Conector F.
  - Conector BNC.
- 6.6.** ¿Qué tipo de cable de par trenzado no incluye apantallamiento?
- FTP.
  - STP.
  - UTP.
  - Todos los cables anteriores incluyen algún tipo de apantallamiento.
- 6.7.** ¿Cuál es la impedancia característica típica de un cable de pares trenzados UTP?
- 50  $\Omega$ .
  - 75  $\Omega$ .
  - 100  $\Omega$ .
  - 150  $\Omega$ .
- 6.8.** ¿Qué conectores se utilizan para la conexión de cables de pares?
- RJ-45.
  - Conector F.
  - Conector SC/APC.
  - Los cables de pares no utilizan conectores.
- 6.9.** ¿Qué elementos de conexión se utilizan en las redes de cables de pares trenzados?
- Regletas.
  - Distribuidores.
  - Paneles de conexión.
  - Cajas de segregación.
- 6.10.** ¿De qué color es el par piloto de un cable de pares?
- Blanco/negro.
  - Rojo.
  - Amarillo/verde.
  - Depende del número de cables del par.
- 6.11.** ¿Qué tipo de conexión de la fibra óptica ofrece menores pérdidas de inserción y mayores pérdidas de retorno?
- Empalme mecánico.
  - Empalme por fusión.
  - Conectorización SC/APC.
  - Todas las conexiones anteriores ofrecen prestaciones similares.

- 6.12.** ¿Qué tipo de red permite la utilización de empalmes además de conectores para fijar los medios de transmisión?
- Cable de pares.
  - Cables de pares trenzados.
  - Cable coaxial.
  - Fibra óptica.
- 6.13.** ¿En qué norma se basa la instalación de cables de pares trenzados en el interior de un edificio?
- Cableado estructurado.
  - REBT.
  - Cableado de red.
  - SCSI.
- 6.14.** ¿Cuál de las siguientes características de un cable de par trenzado está relacionada con la diafonía?
- NEXT.
  - Pérdidas de retorno.
  - Pérdidas de inserción.
  - Retardo diferencial.
- 6.15.** ¿Qué medio de transmisión es inmune a las interferencias electromagnéticas?
- Cable coaxial.
  - Cable de pares.
  - Cable de pares trenzados.
  - Fibra óptica.

## Actividades de aplicación

- 6.1. Latiguillo de cable coaxial con conectores F.** Utilizando la peladora de cable coaxial prepara los extremos de un trozo de cable coaxial, de manera que el conductor central sobresalga unos 6 mm, dejando también descubierta unos 6 mm la malla. Desplaza la malla sobre la cubierta del cable e inserta el conector F en el extremo del cable, dejando sobresalir el conductor central 1 mm aproximadamente por la parte delantera del conector (Figura 6.87). Comprueba la correcta continuidad del tramo de cable coaxial.



Figura 6.87. Cable coaxial de conexión.

- 6.2. Conexión de cables de pares en regletas de conexión.** Las regletas se utilizan para conectar los cables de pares de una instalación de distribución y dispersión de una ICT. Según la disponibilidad de materiales, tal y como se muestra en la Figura 6.88, utiliza regletas de 5 o de 10 pares para la conexión de un cable de 25 o de 50 pares. Para ello completa el siguiente procedimiento operativo:
- Instala en las regletas los soportes adecuados para la conexión de las mismas en su caja de distribución.
  - A partir de la tabla de colores normalizada de la Figura 6.22, identifica cada uno de los pares del cable utilizado.
  - Numera, según la posición de cada terminación de las regletas, las conexiones de las regletas.
  - Ordena y conecta con la ayuda de la herramienta adecuada cada uno de los pares del cable.
  - Una vez realizada la conexión del cable de pares, conecta en el extremo contrario de cada regleta, tramos de cable de pares o cables de acometida de 1 o 2 hilos.
  - Comprueba la continuidad de cada una de las conexiones con el multímetro.

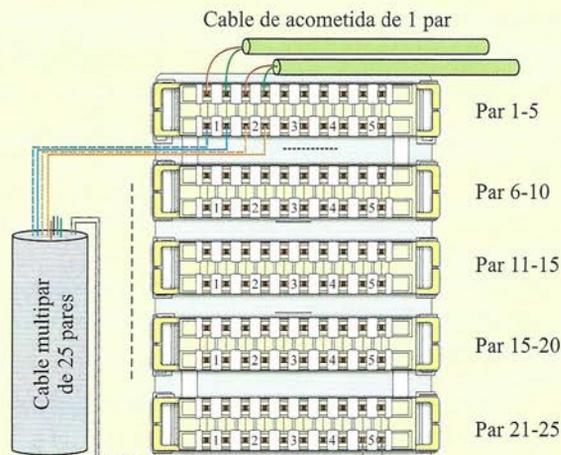


Figura 6.88. Conexión de un cable de pares en las regletas de conexión.

**6.3. Inserción a presión de un conector hembra RJ-45.** Realiza la conexión de un cable de par trenzado en un conector hembra RJ-45 para su instalación en una placa de pared utilizando una herramienta de inserción a presión (Figura 6.89). El otro extremo del cable puedes conectarlo a un panel de conexiones o a otro conector RJ-45 hembra. Para ello sigue el procedimiento siguiente:

- Quita el revestimiento del extremo del cable unos 2,54 cm.
- Coloca los hilos en las ranuras correctas, según el esquema de cableado escogido, manteniendo el trenzado lo máximo posible.
- Utiliza la herramienta de inserción a presión para insertar los conductores hasta el fondo de las ranuras, asegurando que el lado de corte de la herramienta de inserción dé a la parte externa del conector.
- Repite el procedimiento con el otro extremo del cable.
- Coloca el conector RJ-45, en su localización definitiva (panel de conexiones o caja de toma), teniendo en cuenta que se deja cable sobrante (20-30 mm) para futuras modificaciones si es necesario.
- Comprueba que el mapeado de cable es correcto con un verificador básico de red.
- Realiza una prueba de certificación de red para comprobar que las prestaciones del cableado realizado cumplen con las normas de referencia.

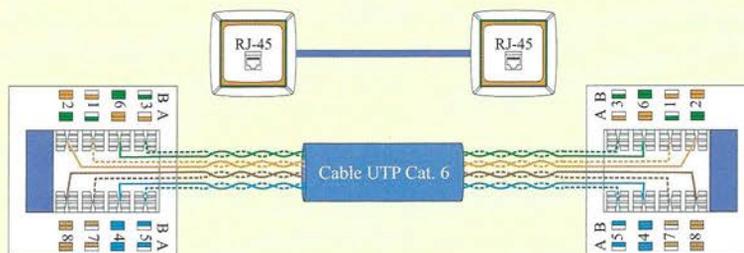


Figura 6.89. Cableado fijo de una instalación.

**6.4. Fabricación de un cable de conexión directa.** Realiza el montaje de un cable de pares trenzados de conexión directa, como el de la Figura 6.90 cuya conexión se realizará pin a pin en un conector RJ-45 macho en ambos extremos, según el esquema de conexionado escogido (EIA 568B o 568A). Una vez finalizada la conexión en ambos extremos, comprueba que el mapeado de cable sea correcto y realiza una prueba de certificación de red para comprobar que las prestaciones del cableado realizado cumplen con las normas de referencia.

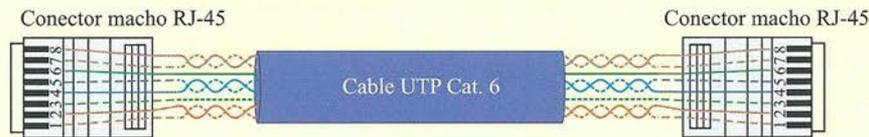


Figura 6.90. Cable de conexión directa.

- 6.5. Fabricación de un cable de conexión cruzada.** Realiza la conexión de un cable de pares trenzados de conexión cruzada, cuya conexión se realizará en cada extremo según un esquema de conexión diferente. Sigue el mismo procedimiento de conexión que en la actividad anterior.
- 6.6. Prueba de cables defectuosos.** Realiza el mapeado de cables y la certificación de diferentes latiguillos de conexión. Comprueba los parámetros defectuosos y justifica el motivo de los mismos.
- 6.7. Certificación de una red de cableado estructurado.** Aplica el procedimiento de certificación del cableado de pares trenzados para comprobar las características y prestaciones del aula de informática de tu centro (Figura 6.91). Para ello, identifica el puerto del panel de conexiones del armario distribuidor de la red asociado a cada una de las tomas de telecomunicaciones. Teniendo en cuenta que todos los equipos activos de la red deben estar desconectados, realiza una prueba de enlace en todas las conexiones fijas de la red.

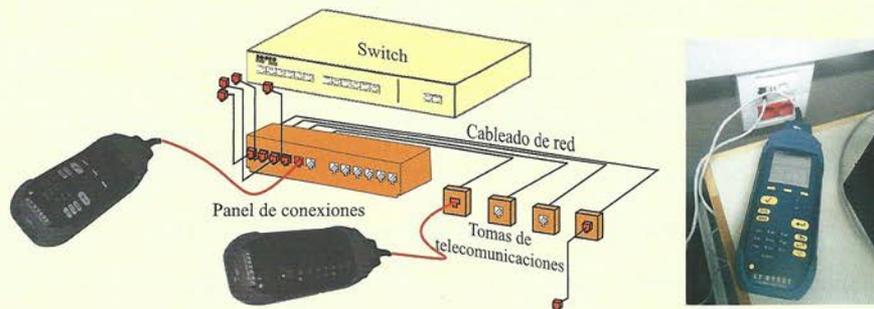


Figura 6.91. Certificación de una red de cableado estructurado.

- 6.8. Empalmes de fibra óptica.** Con ayuda de tu profesor realiza diferentes empalmes de fibra óptica y comprueba las pérdidas que introducen. Compara los empalmes mecánicos con los empalmes por fusión.

## Actividades de ampliación

- 6.1. ¿Qué tecnologías se utilizan en el interior de los edificios para el acceso a los servicios de banda ancha?
- 6.2. ¿Qué es la diafonía? ¿Cómo se resuelve este problema en los diferentes medios de transmisión?
- 6.3. ¿Qué tipo de cables coaxiales se utilizan en la ICT?
- 6.4. ¿Qué es la velocidad de propagación (NVP) de un cable?
- 6.5. ¿Qué conector se utiliza en las redes de cable coaxial?
- 6.6. ¿Qué dos tipos de cables de pares se utilizan en una ICT?

- 6.7. ¿De qué color es el hilo guía de un cable multipar? ¿Todos los cables disponen de dicho hilo guía? ¿Para qué sirve?
- 6.8. ¿Qué impedancia característica tienen los siguientes tipos de cables utilizados en las redes de acceso de un edificio?
  - a) Cable coaxial.
  - b) Cable de par trenzado.
  - c) Cable de pares.
- 6.9. Utiliza la codificación de colores para identificar cada uno de los pares que forman parte de un cable multipar de la Tabla 6.10.

**Tabla 6.10.** Codificación de colores del cable de pares.

Código de color	Número de par
Blanco-gris	
Rojo-verde	
Negro-marrón	
Amarillo-naranja	

- 6.10. ¿Qué esquema de conexionado utilizan los latiguillos de interconexión utilizados en una red de cable de pares trenzados?
- 6.11. ¿Qué función tiene el trenzado de los pares de hilos de un cable UTP?
- 6.12. ¿Qué tipo de conectores utilizan los pares de cables trenzados?
- 6.13. ¿Qué indica la categoría de un componente? ¿Y la clase?
- 6.14. ¿Cuál es la diferencia principal entre un cable de par trenzado UTP y otro FTP?
- 6.15. La Figura 6.92 muestra el marcado de identificación de un cable. Indica el tipo de cable de que se trata, la categoría y la norma de certificación que cumplen.



**Figura 6.92.** Identificación de un cable de par trenzado.

- 6.16. ¿Qué es un sistema de cableado estructurado? ¿Qué medios de transmisión se utilizan en su instalación?
- 6.17. Realiza una guía de causas de fallos posibles en el cableado de pares trenzados:
  - a) Mapeado de cable.
  - b) Longitud.
  - c) Resistencia.
  - d) Retardos/diferencia.
  - e) Pérdidas de inserción (atenuación).
  - f) NEXT y PSNEXT.

6.18. Indica si el mapeado de los cables de la Figura 6.93 es correcto y en caso contrario el tipo error de cableado que se produce.

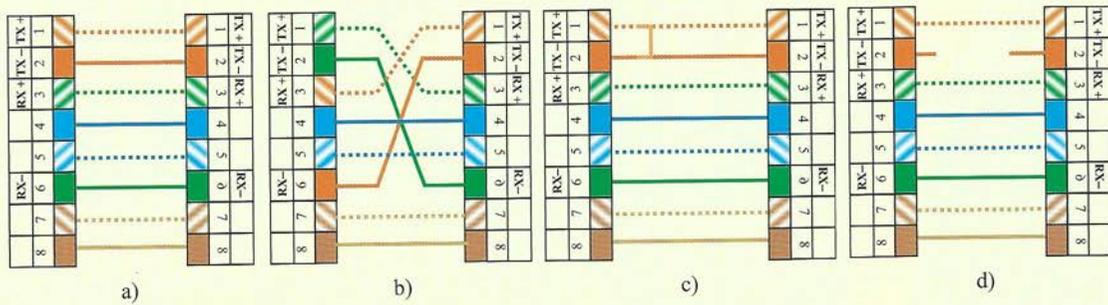


Figura 6.93. Mapeados típicos de un cable de par trenzado.

6.19. La Figura 6.94 muestra diferentes tipos de conectores RJ. Justifica cuál de ellos se utiliza para la conexión de cable de par trenzado y busca información de la aplicación de los dos conectores restantes.

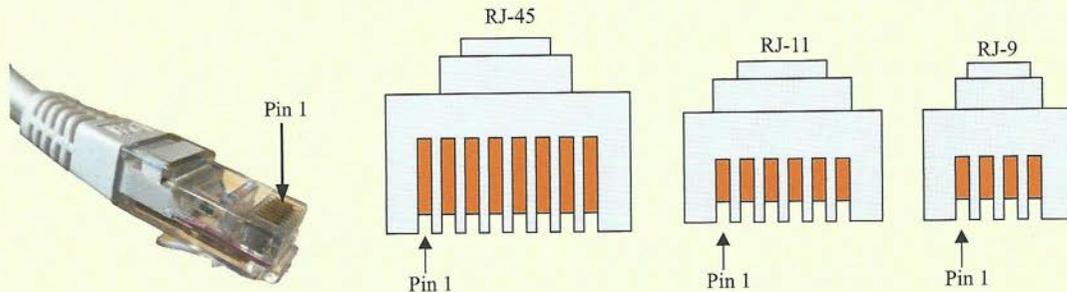


Figura 6.94. Conectores RJ.

6.20. La Figura 6.95 muestra la preparación de la conexión de un cable con su conector. Indica:

- Tipo de conector utilizado
- Medio de transmisión que conecta.
- A partir de las conexiones y de la serigrafía del conector, indica el esquema de conexión utilizado.



Figura 6.95. Conector.

6.21. Completa la Tabla 6.11 indicando el tipo de cable de par trenzado (directo o cruzado) que se usa para interconectar los siguientes dispositivos. Recuerda que los equipos con características parecidas (PC/router, switch/AP...) necesitan un cable de conexión cruzada, mientras que los equipos de prestaciones diferentes necesitan cables de conexión directa.

**Tabla 6.11.** Tipos de cable de pares trenzados utilizados para la conexión de equipos de red.

Tipo de cable	Ordenador	Hub/Switch	Router	Punto acceso (AP)
Ordenador				
Hub/Switch				
Router				
Punto acceso				

- 6.22. ¿Es posible empalmar la señal de dos fibras con conectores macho SC/PC y conectores hembra SC/APC respectivamente? ¿Por qué?
- 6.23. ¿Qué tipo de conectores de fibra óptica se utilizan en la ICT?
- 6.24. ¿Qué dispositivos pueden actuar como fuentes de luz en las transmisiones de fibra óptica?
- 6.25. ¿Cuál es la diferencia entre los cables de fibra óptica monomodo y multimodo? ¿Cuál de ellos presenta mejores prestaciones?
- 6.26. Resume las ventajas y desventajas de la fibra óptica respecto a los cables de cobre.
- 6.27. Completa la Tabla 6.12 y resume las ventajas y desventajas de cada medio de transmisión indicado.

**Tabla 6.12.** Ventajas y desventajas de los diferentes medios de transmisión.

Tipo de medio	Ventajas	Desventajas
Cable de pares		
Cable de par trenzado		
Cable coaxial		
Fibra óptica		



### Enlaces web

#### Equipos y fabricantes

**Bticino.** Fabricante, entre otros equipos, de componentes para sistemas de cableado estructurado.

[www.bticino.es/](http://www.bticino.es/)

**Siemon.** Líder industrial especializado en la fabricación e innovación de alta calidad de soluciones de cableado de red de alto rendimiento.

[www.siemon.com](http://www.siemon.com)

**Promax.** Fabricante y distribuidor de instrumentos para telecomunicaciones y fibra óptica.

[www.promax.es](http://www.promax.es)

**Simon.** Empresa del sector del equipamiento eléctrico dedicada, entre otras cosas, a la conectividad de puestos de trabajo (sistemas de cableado estructurado).

[www.simon.es](http://www.simon.es)

**General cable.** Fabricante de productos de cables de cobre, aluminio y fibra óptica para los mercados de la energía, la industria y las comunicaciones de voz y datos.

[www.generalcable.es](http://www.generalcable.es)