

Un estándar de cableado estructurado define cómo se organiza y se instala el cableado en edificios. Seguir un estándar de este tipo facilitará en el futuro la comprobación del cableado, la detección de averías y las ampliaciones.

La comprobación de una instalación de cableado no solamente sirve para detectar posibles problemas de funcionamiento, sino que también se utiliza para realizar certificaciones. Una **certificación** de una instalación de cableado se utiliza para comprobar que ésta es adecuada para las necesidades de comunicación de la organización, es decir, que permite asegurar que el rendimiento que ofrece se corresponde con el proyectado y presupuestado. Esta certificación permite comprobar también que todas las conexiones se han realizado correctamente (pares sueltos, niveles de ruido, etc.) y que no existen cables mal instalados en los conductos (torsiones mínimas, radios de curvatura, empalmes, cortes, etc.). La certificación del cableado también permite obtener datos sobre la red de comunicación, como su capacidad máxima de transmisión o la velocidad de los enlaces, de forma que puedan ser utilizados en el futuro para detectar y corregir averías. Todos los estándares de cableado estructurado establecen una serie de normas a seguir a la hora de certificar una instalación de cableado.

La certificación del cableado se realiza utilizando aparatos portátiles que miden los parámetros más importantes del cableado: diafonía (influencia de señales cercanas), atenuación (disminución de la potencia de la señal con la distancia) y longitud. Estos aparatos se denominan genéricamente **comprobadores de red**. Los más sencillos sólo permiten verificar si los conectores se han engastado en el orden correcto (todos los hilos que componen el cable están unidos), mientras que los más sofisticados son capaces de medir radios de curvatura de los cables, longitudes, empalmes, etc.

Este capítulo está dedicado a explicar las herramientas y las técnicas más utilizadas para comprobar el cableado de una instalación de red local. La instalación del cableado de una red es fundamental a la hora de determinar su velocidad máxima de transmisión. Una buena instalación de éste limitará las posibles averías que se puedan producir en el futuro y facilitará aquellas que se puedan producir. Por el contrario, una instalación de cableado con deficiencias limitará la capacidad máxima de transmisión de datos de la red y requerirá en el futuro un mayor coste de mantenimiento.

### 8.1 CATEGORÍAS DE HERRAMIENTAS DE COMPROBACIÓN DE CABLEADO

Los dispositivos de comprobación de red están disponibles para cable de par trenzado con y sin apantallar, cable coaxial y fibra óptica. Existen tres tipos básicos de comprobadores, dependiendo de la función que realizan:

- **Comprobadores de continuidad:** se trata de dispositivos que se dedican a comprobar si los cables están bien montados o tienen algún corte. A este tipo pertenecen los voltímetros, los multímetros digitales y los comprobadores de continuidad. Son dispositivos muy sencillos y de un coste muy reducido, y se limitan a comprobar si cada uno de los hilos del cable ofrece continuidad o está cortado.
- **Comprobadores de cableado:** estos aparatos son más avanzados que los anteriores, ya que aparte de poder realizar comprobaciones de continuidad, son capaces de realizar comprobaciones de diafonía (proximidad del cableado), atenuación y ruido. Los más avanzados son capaces también de realizar monitorización del tráfico de la red, incluyendo estadísticas de utilización de la red o mensajes perdidos.
- **Reflector de Dominio del Tiempo** (Time Domain Reflector o TDR): son los dispositivos de comprobación de red más avanzados y de mayor coste, ya que pueden realizar comprobaciones avanzadas, como detección de empalmes, nudos, radios de curvatura del cable demasiado pronunciados, errores de impedancia, etc. También son capaces de medir la longitud y la tasa de propagación de los cables. Los comprobadores para fibra óptica, llamados **OTDR** (Optical Time Domain Reflector o Reflector Óptico de Dominio del Tiempo), pueden calcular la atenuación del fragmento de cable y las pérdidas en los conectores. A diferencia de los comprobadores normales, los comprobadores de dominio del tiempo detectan las anomalías e indican en qué punto de la línea se están produciendo.

Dependiendo del tipo de aplicación, categoría y velocidad máxima de transmisión de la instalación del cableado, los certificados que se realizan tienen en cuenta diferentes valores de diafonía, atenuación y longitud. Evidentemente, cuanto mayor sea la velocidad de transmisión y categoría a certificar, mayores serán también las exigencias de los valores indicados anteriormente.

Para facilitar en un futuro la localización de problemas o averías en la red, se recomienda que se anoten y se conserven todos los valores obtenidos durante la fase de certificación de la red.

### 8.2 ANALIZADORES O COMPROBADORES DE CABLE

Como se explica en el apartado anterior, los analizadores de cableado son herramientas que permiten medir parámetros complejos en los cables, no solamente si existe conexión en los extremos o si los pares se han montado en el orden correcto. En los apartados siguientes se explican las características de estos equipos y los parámetros que son capaces de medir.

### 8.2.1 Características

Para realizar la comprobación de un fragmento de cable hay que utilizar un comprobador de cableado, colocando el aparato en un extremo del cable y una **sonda o unidad remota** (incluida con el aparato) en el otro. En caso de que el equipo o la sonda lleven el mismo tipo de puerto que el dispositivo donde se desea conectar (macho o hembra), entonces habrá que utilizar un latiguillo de cable de las mismas características, asegurando que está en buenas condiciones y no va a interferir en la prueba.

La **prueba de reflectometría** que realizan los comprobadores TDR es una de las funciones de diagnóstico más potentes para localizar fallos en una instalación de red. Un comprobador convencional solamente puede decirnos si hay cortes en el cable o, como mucho, puede detectar determinadas anomalías sin poder determinar su localización a lo largo del cable. Esto es un inconveniente cuando tenemos una instalación de cableado que debe ser desmontada completamente por un problema. Sin embargo, un TDR es capaz de indicar en qué punto del cable (contando la distancia desde el extremo en el que se encuentra el comprobador) está localizada la avería. Esto se consigue gracias a que una pequeña parte de la señal que circula por el cable rebota en el lugar donde existe alguna anomalía y vuelve a su extremo de origen. Si se mide el tiempo que tarda la señal en volver al origen después de haber rebotado, entonces se puede calcular a qué distancia se encuentra esa anomalía. Los comprobadores de alta precisión no solamente son capaces de medir un problema en un punto del cable, sino que también pueden medir un parámetro determinado a lo largo de todo el cable, utilizando una representación gráfica.

Cuando se realiza una certificación de una instalación de cableado hay que medir una serie de parámetros. Estos parámetros se pueden medir en cualquiera de los dos extremos del cable. En el **extremo cercano** se coloca el comprobador, mientras que en el **extremo lejano** se coloca la sonda o unidad remota. Los parámetros más importantes son los siguientes:

- **Continuidad:** indica si existe alguna rotura en algún punto del cable, lo que hace que no llegue señal al otro extremo. Esta característica puede ser medida por un simple comprobador de continuidad, aunque si se utiliza un comprobador de tipo TDR se puede conocer en qué punto exacto del cable está la rotura.
- **Mapeado de hilos:** se usa para comprobar si los cables que forman el circuito desde un extremo al otro están montados correctamente o existen cortocircuitos en los cables. Este error es muy grave porque impide que la información llegue de un extremo al otro, por lo que su corrección debe ser prioritaria. Este parámetro se puede medir con un simple comprobador de continuidad.

- **Resistencia:** se usa para medir el valor de la resistencia eléctrica a lo largo del cable. Un valor elevado puede producir una atenuación anormalmente alta y puede estar causado por un defecto en los cables o en el montaje de los conectores.
- **Longitud:** es la distancia que existe entre los dos extremos del cable. La longitud de las conexiones no debe exceder la establecida en el estándar, ya que esto puede causar retardos excesivos en las señales y los protocolos pueden fallar o atenuaciones que deterioren los mensajes. La medida de la longitud de los cables también puede ser útil para detectar posibles rollos en el interior de los conductos.
- **Atenuación o pérdida por inserción** (Insertion Loss): este fenómeno se produce por la pérdida de energía de la señal cuando ésta atraviesa un medio que tiene una determinada resistencia a su paso. Este valor se calcula dividiendo la energía de la señal de entrada entre la energía de la señal de salida y se mide en decibelios (dB). Por ejemplo, un valor de atenuación de 30 dB significa que la señal de entrada es 1.000 veces superior a la señal de salida. Por lo tanto, se recomienda que este valor sea lo más próximo posible a 1 dB. Un valor elevado puede ser debido a:
  - La longitud del enlace es excesiva.
  - Los conectores no se han montado correctamente.
  - La temperatura es elevada (puede influir en la atenuación de algún tipo de cableado, especialmente los que están compuestos de PVC).
- **Diafonía** (Crosstalk): en general, este fenómeno se produce debido a que la corriente eléctrica que circula por un medio crea un campo electromagnético a su alrededor, lo que puede interferir con la señal que circula por otro cable cercano. A consecuencia de ello, en la señal del cable cercano puede aparecer la otra señal, como pueden comprobar los usuarios de telefonía fija cuando escuchan otra conversación de fondo en sus llamadas. Cuanto mayor sea el valor de trenzado del cable, menor será el efecto de diafonía en él. Normalmente, los valores elevados de diafonía se producen porque el cable no se ha mantenido trenzado al máximo en los conectores o porque la pantalla protectora se ha deteriorado o es de mala calidad.
- **Diafonía del extremo cercano** (Near End Crosstalk o **NEXT**): se trata de un tipo de diafonía que se mide por la diferencia entre la cantidad de señal de un cable y la cantidad de señal que se acopla en otro cable y que vuelve en el sentido contrario al de circulación de la señal original. Este valor también se mide en decibelios y siempre se desea que sea alto (lo que quiere decir que hay poca diafonía). Para controlar este valor hay que mantener los cables trenzados hasta el máximo en los conectores.

- **Diafonía del extremo lejano** (Far End Crosstalk o **FEXT**): es un parámetro muy parecido a NEXT, salvo que el valor que se mide es la diferencia de la señal con la señal acoplada en otro cable que va en el mismo sentido (llega al otro extremo). Este valor también se desea que sea alto. Los problemas de valores de FEXT excesivos se derivan de problemas de atenuación y diafonía.
- **Igualdad de nivel de diafonía del extremo lejano** (Equal Level Far End Crosstalk o **ELFEXT**): no se trata de una medida, sino de un valor calculado, que se obtiene de la diferencia de la atenuación con FEXT. Para calcular este valor se inserta señal en un par y se mide otro par, por lo que para un cable de cuatro pares existen doce medidas distintas. Un valor bajo de ELFEXT indica una buena instalación.
- **Ratio de atenuación a diafonía** (Attenuation to Crosstalk o **ACR**): mide la diferencia entre el valor de NEXT y el valor de atenuación en esa línea. Este valor se mide en decibelios y establece si la potencia de la señal es más fuerte que la del ruido de fondo. Este parámetro debe ser lo más alto posible y un valor incorrecto puede ser debido a un valor excesivo de atenuación o NEXT.
- **Pérdida por retorno** (Return Loss): este fenómeno se produce debido a la diferencia de impedancia (o resistencia al paso de la corriente eléctrica) que existe en una línea. Esta diferencia puede aparecer varias veces y produce un efecto de rebote o reflejo de parte de la señal que vuelve al extremo de origen. El valor medido se expresa en decibelios, y su nivel de aceptación depende del tipo de medio. Cuando existe un valor excesivo de pérdida por retorno suele ser porque las longitudes de destrenzado de los cables en los conectores son muy altas o no se ha mantenido hasta el extremo la pantalla protectora.

### 8.2.2 Procedimiento de comprobación de cables de par trenzado

La comprobación del cableado se realiza habitualmente con las herramientas explicadas en los apartados anteriores, de forma que con ellas se obtiene información objetiva y cuantificada sobre los parámetros más importantes. Sin embargo, en algunas condiciones también es necesario realizar una inspección visual del cableado, sobre todo en los conectores de los extremos ya que son los puntos donde se encuentran la mayoría de las deficiencias.

En general, cuando se inspecciona el conector montado en el extremo del cable, se realizan las siguientes comprobaciones:

- El conector está en buenas condiciones y no presenta deficiencias o roturas.
- El cable está en buenas condiciones, no presenta cortes ni deformaciones y no ha perdido su aislamiento.
- Los cables llegan hasta el fondo del conector y hacen contacto con los terminales.
- El cable se ha engastado completamente y no puede salir del conector, aunque se estire con fuerza de él.
- Los terminales del conector no presentan deficiencias, suciedad o corrosión.
- El orden de montaje de los cables y los terminales es correcto.

### 8.2.2.1 Circuito abierto

Un circuito abierto es aquel en el que no circula corriente eléctrica por no estar comunicado en algún punto o por sufrir alguna rotura, que habitualmente es más frecuente en los extremos de los conectores por estar más expuestos. Habitualmente, un cable cerrado muestra lecturas de impedancia (resistencia) muy bajas, mientras que un cable abierto puede mostrar impedancias muy elevadas.

Para comprobar si un cable tiene algún corte, hay que utilizar un comprobador de cableado o un multímetro. Si utilizamos un comprobador de cableado tenemos que seguir estos pasos:

1. Conectar la sonda del comprobador en un extremo del cable.
2. Conectar el comprobador en el otro extremo.
3. Iniciar el test de continuidad del comprobador. En los pares trenzados, el comprobador tiene un indicador luminoso para cada par que se enciende si ese par no tiene ningún corte.
4. Comprobar que todos los indicadores luminosos de todos los pares del cable se encienden en el comprobador y en la sonda.
5. Si algún indicador luminoso no se enciende, entonces el par asociado está abierto en algún punto.

Para encontrar el lugar donde se encuentra el circuito abierto es necesario realizar una inspección visual. Si con ella no se detecta o el cable está encerrado en algún conducto, entonces hay que utilizar un comprobador TDR para detectar el punto donde se encuentra la rotura.

### 8.2.2.2 Cortocircuito

Un cortocircuito se produce cuando dos cables que deberían estar aislados en sí entran en contacto, haciendo que la corriente eléctrica circule por donde no debe. En redes de comunicaciones, un cortocircuito en un cable puede hacer que el enlace no funcione o que altere las comunicaciones si éste recibe mucho ruido o es interferido por otras comunicaciones.

Para comprobar si un cable tiene algún cortocircuito, hay que utilizar un comprobador de cableado o un multímetro. Si utilizamos un comprobador de cableado tenemos que seguir los mismos pasos que para verificar si los pares están abiertos, pero en este caso se comprueba si en la sonda o en el comprobador se enciende más de un indicador luminoso a la vez, en cuyo caso, hay un cortocircuito.

Para encontrar el lugar donde se encuentra el cortocircuito es necesario realizar una inspección visual. Si con ella no se detecta o el cable está encerrado en algún conducto, entonces hay que utilizar un comprobador TDR para detectar el punto donde se entra este cortocircuito.

### 8.2.2.3 Hilos cruzados

El problema de los **hilos cruzados** se produce cuando los hilos que componen el cable no están conectados en el mismo orden en los dos extremos del cable o, si lo están, no siguen el estándar establecido. Habitualmente, esto es debido a un error a la hora de montar los cables.

Par comprobar si un cable tiene sus hilos cruzados, hay que utilizar un comprobador de cableado o un multímetro. Si utilizamos un comprobador de cableado tenemos que seguir estos pasos:

1. Conectar la sonda del comprobador en un extremo del cable.
2. Conectar el comprobador en el otro extremo.
3. Iniciar el test de continuidad del comprobador.
4. Comprobar que todos los indicadores luminosos de todos los hilos del cable se encienden en el mismo orden en el comprobador y en la sonda.
5. Comprobar que los indicadores luminosos se encienden en el mismo orden en el que está especificado el estándar utilizado (T568A o T568B).
6. Si los indicadores luminosos no se encienden en el mismo orden o si no siguen el orden del estándar utilizado, entonces el cable tiene algún hilo cruzado.

Para encontrar el conector que tiene los hilos cruzados, basta con realizar una inspección visual de los extremos del cable y comparar el orden con el establecido en los estándares T568A y T568B.

### 8.2.2.4 Pares cruzados

El problema de los **pares cruzados** se produce cuando estos no están conectados en el mismo orden en los dos extremos del cable. Habitualmente, esto es debido a un error a la hora de montar los cables o también puede ser debido a que se han montado cables cruzados para conectar algunos tipos de dispositivos de interconexión de redes.

Para comprobar si un cable tiene sus pares cruzados, hay que utilizar un comprobador de cableado o multímetro. Si utilizamos un comprobador de cableado tenemos que seguir estos pasos:

1. Conectar la sonda del comprobador en un extremo del cable.
2. Conectar el comprobador en el otro extremo.
3. Iniciar el test de continuidad del comprobador.
4. Comprobar que todos los indicadores luminosos de todos los pares del cable se encienden en el mismo orden en el comprobador y en la sonda.
5. Si los indicadores luminosos no se encienden en el mismo orden, entonces el cable tiene algún par cruzado.



Para encontrar el conector que tiene los pares cruzados, basta con realizar una inspección visual de los extremos del cable y comparar el orden con el establecido en los estándares T568 y T568B.

### 8.2.2.5 Par dividido

El problema de los pares divididos puede ser difícil de detectar ya que suele producir problemas de funcionamiento de la red que son difíciles de detectar. Consiste en montar los hilos en el conector en un orden incorrecto, pero manteniendo el mismo orden en los dos extremos del cable. Así, la señal de transmisión y su masa no utilizan el mismo par trenzado, sino hilos de distintos pares. Esto hace que la señal sea mucho más propensa a recibir ruido e interferencias, por lo que el rendimiento de la red en ese enlace será mucho menor.

Para comprobar si un cable tiene sus pares divididos, hay que utilizar un comprobador de cableado o un multímetro. Si utilizamos un comprobador de cableado tenemos que seguir estos pasos:

1. Conectar la sonda del comprobador en un extremo del cable.
2. Conectar el comprobador en el otro extremo.
3. Iniciar el test de continuidad del comprobador.
4. Comprobar que los indicadores luminosos se encienden en el mismo orden en el que está especificado el estándar utilizado (T568A o T568B).
5. Si los indicadores luminosos no se encienden en el mismo orden que el estándar utilizado, entonces el cable tiene algún par cruzado.

Para encontrar el conector que tiene los pares divididos, basta con realizar una inspección visual de los extremos del cable y comparar el orden con el establecido en los estándares T568A y T568B.

### 8.2.2.6 Detección de voltajes telefónicos

La prueba de detección de voltajes telefónicos resulta muy útil para saber si una línea telefónica funciona correctamente o si la señal telefónica está presente en un cable de red. Un cable conectado a una línea telefónica tiene, habitualmente, un voltaje residual que está en torno a los 40 V negativos. Cuando se realiza una llamada por esa línea o se mantiene una conversación, este voltaje suele cambiar a valores positivos.

Por lo tanto, para detectar señal telefónica en un cable de red, necesitamos un comprobador de cableado que sea capaz de medir estos voltajes. También podemos utilizar un multímetro que sea capaz de medir valores de voltaje en corriente continua. Para realizar estas mediciones con el multímetro, hay que poner las puntas del comprobador sobre todas las combinaciones posibles de los terminales del conector, ya que la señal de teléfono puede estar circulando por cualquier par e incluso repartida en hilos de diferentes pares.



### 8.2.2.7 Derivación en puente

La derivación en puente es una conexión que se realiza fundamentalmente para resolver problemas en los enlaces de forma rápida. Por ejemplo, si un cable falla, muchas veces resulta más económico y rápido sustituir todo el tramo y realizar una unión del cable nuevo con el cable viejo para restablecer el servicio. El cable viejo se desconecta en un extremo, pero puede dejarse conectado en el otro, junto con el cable nuevo. En estas condiciones, es posible que se produzcan desajustes en el valor de la impedancia del cable, que resulta en errores en las mediciones de los valores de pérdida por retorno. Además, viejo cable desconectado puede actuar como una antena, recogiendo el ruido del ambiente e introduciéndolo en la línea.

La detección de derivaciones en puente se realiza con comprobadores TDR, que son capaces de detectar los valores anormales de pérdida por retorno del cable. Es bastante habitual encontrarnos con este tipo de problemas en líneas telefónicas y de acceso a conexiones de banda ancha (como las tecnologías xDSL), donde los operarios están presionados por resolver las incidencias lo antes posible.

### 8.2.2.8 Detección de puertos Ethernet

En muchas ocasiones es posible que el puerto de red de un equipo se vea dañado por diversos motivos. No se trata de un problema muy común, pero puede llevar de cabeza al administrador, ya que incluso los indicadores de estado del puerto y los programas controladores (drivers) del sistema operativo pueden funcionar en perfectas condiciones. Un puerto se puede averiar si se produce un fallo de alimentación en el equipo donde se encuentra o también por un problema de sobretensión del equipo conectado en el otro extremo del cable, que puede enviar corrientes eléctricas demasiado elevadas a través del cable de red.

Cuando se sospecha de un fallo de funcionamiento de un puerto de comunicaciones, puede ser necesario comprobar si éste es capaz de enviar las señales Ethernet necesarias para que la comunicación sea posible.

Existen muchos comprobadores de cableado que son capaces de detectar la señal Ethernet que circula por un cable para determinar si el puerto del equipo en el otro extremo está funcionando correctamente o no. En este caso, es necesario asegurarse de que el equipo está enviando información por ese puerto o, por lo menos, lo está intentado.

### 8.2.3 Procedimiento de comprobación de cables coaxiales

La comprobación del estado de los cables coaxiales se realiza de la misma forma que la comprobación de un cable de par trenzado, aunque en este caso el comprobador debe estar preparado para este tipo de cableado.

Además de los parámetros habituales de continuidad, longitud, atenuación, diafonía, etc., en los cables coaxiales es fundamental determinar su impedancia (resistencia), ya que ésta determina el tipo de cable que estamos comprobando y, por lo tanto, la capacidad de transmisión que tiene. Muchas veces, esta información ya aparece impresa con los códigos correspondientes en la cubierta protectora del cable.

### 8.2.4 Procedimiento de detección de alimentación por Ethernet

Muchas veces resulta difícil alimentar con la corriente necesaria a un dispositivo de red o de cualquier otro tipo que se va a instalar en un lugar desprovisto de tomas eléctricas (por ejemplo, a la hora de instalar una cámara de vigilancia o un punto de acceso inalámbrico). Este problema se puede resolver gracias al estándar Poe (Power over Ethernet o Alimentación sobre Ethernet) que permite que un dispositivo pueda enviar la alimentación eléctrica necesaria a otro a través del cable de red. Este estándar está definido en el IEEE 802.3af y funciona sobre cables de categoría 5e o superior.

Puesto que muchos dispositivos necesitan una tensión e intensidad de corriente elevadas para funcionar, es posible que otros dispositivos que no necesiten esta alimentación puedan dañarse si reciben tanta corriente por el cable de red. El estándar IEEE 802.3af establece una serie de comprobaciones que los dispositivos deben realizar antes de enviar una corriente elevada por el cable de red. Por lo tanto, un dispositivo nunca deberá enviar alimentación por el cable de red hasta que esté seguro de que el dispositivo conectado en el otro extremo la necesita. Por otra parte, si el dispositivo alimentado se conecta, el equipo que suministra la corriente deberá dejar de hacerlo para evitar dañar a un futuro equipo que se vaya a conectar en el otro extremo.

### 8.2.5 Procedimientos de localización de cables utilizando tonos

En muchas ocasiones, sobre todo cuando existe una gran densidad de cableado y éste no está etiquetado, puede ser bastante difícil y tedioso encontrar un cable en concreto. Para solucionar este problema, algunos comprobadores de cableado específicos son capaces de enviar por el cable pequeños tonos que producen una interferencia mínima con la señal de transmisión que se está enviando en ese momento por el cable. Utilizando una sonda auxiliar incluida con el comprobador, es posible detectar e identificar cuál es el cable por el que están circulando esos tonos de localización.