

# 2

## Unidad

### La instalación física de una red



#### Y estudiaremos:

- Los medios de transmisión utilizados en redes y los distintos tipos de conectores.
- Los modos de estructuración del cable.
- Alguna utilidad gráfica que te permita documentar la red.
- Las herramientas para la conectorización y la certificación del cableado.

#### En esta unidad aprenderemos a:

- Identificar los espacios físicos de la red documentándolos con aplicaciones gráficas.
- Desplegar el sistema de cableado de una red local.
- Montar los sistemas de conectorización de la red.
- Adquirir buenas prácticas profesionales en instalaciones, seguridad laboral y en el cuidado del medioambiente.



### Claves y consejos

La elección de un buen sistema de cableado es de vital importancia en las instalaciones reales en las que se producirá el fenómeno de la comunicación. La inversión estimada para cables en una instalación es inferior al 10 % del coste total. Sin embargo, está comprobado que el 70 % de los fallos producidos en una red se deben a defectos en el cableado. Por tanto, merece la pena no escatimar demasiado las inversiones que deban producirse en los sistemas de transmisión.



### CEO

*SMR\_RL\_AAbad\_02\_LeyOhm.docx*

Documento que contiene información sobre la ley de Ohm para conductores.



### Truco

Es mucho más fácil instalar cable UTP que STP debido a que STP, al estar apantallado, es mucho menos flexible, lo que a veces dificulta el tendido del cable. Además, las mallas protectoras de los cables STP deben estar conectadas a tierra, lo que multiplica el trabajo.

## 1. Los medios de transmisión

Nos ocuparemos en esta unidad del nivel físico de la red, es decir, de las funciones y especificaciones de la primera capa del modelo de referencia OSI. Sin embargo, la instalación de red no solo implica cables y conectores. La red debe extenderse por la instalación de una vivienda o una oficina, lo que hace que el despliegue del sistema de cableado sea más complejo que la simple confección de los cables por donde viajará la señal de red.

El medio de transmisión es el soporte físico que facilita el transporte de la información y supone una parte fundamental en la comunicación de datos. La calidad de la transmisión dependerá de sus características físicas, mecánicas, eléctricas, etc.

El transporte, según hemos visto, puede ser mecánico, eléctrico, óptico, electromagnético, etc. El medio debe ser adecuado para la transmisión de la señal física con objeto de producir la conexión y la comunicación entre dos dispositivos.

### 1.1. Los cables de pares y metálicos

Vamos a incluir en este apartado todos los medios de transmisión que utilizan canales conductores metálicos para la transmisión de la señal, y que están sujetos tanto a la ley de Ohm, como a las leyes fundamentales que rigen el electromagnetismo.

Los cables de pares están formados por pares de filamentos metálicos y constituyen el modo más simple y económico de todos los medios de transmisión. Sin embargo, presentan algunos inconvenientes: cuando se sobrepasan ciertas longitudes, hay que acudir al uso de repetidores para restablecer el nivel eléctrico de la señal.

Tanto la transmisión como la recepción utilizan un par de conductores que, si no están apantallados, son muy sensibles a interferencias y diafonías producidas por la inducción electromagnética de unos conductores en otros (motivo por el que en ocasiones percibimos conversaciones telefónicas ajenas en nuestro teléfono).

Un modo de subsanar estas interferencias consiste en trenzar los pares de modo que las intensidades de transmisión y recepción anulen las perturbaciones electromagnéticas sobre otros conductores próximos. Esta es la razón por la que este tipo de cables se llaman cables de pares trenzados. Existen fundamentalmente dos tipos:

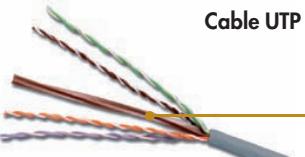
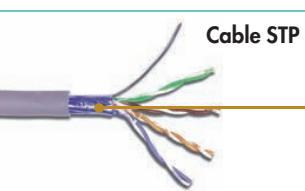
 <p><b>Cable UTP</b></p> <p>Alma de cable de plástico en cable UTP</p>	<p>UTP son las siglas de <i>Unshielded Twisted Pair</i>. Es un cable de pares trenzado y sin recubrimiento metálico externo, de modo que es sensible a las interferencias. Es importante guardar la numeración de los pares, ya que de lo contrario el efecto del trenzado no será eficaz disminuyendo sensiblemente o incluso impidiendo la capacidad de transmisión. Es un cable barato, flexible y sencillo de instalar.</p>
 <p><b>Cable STP</b></p> <p>Malla metálica protectora en cable STP</p>	<p>STP son las siglas de <i>Shielded Twisted Pair</i>. Este cable es semejante al UTP pero se le añade un recubrimiento metálico para evitar las interferencias externas. Este recubrimiento debe ser conectado a la tierra de la instalación. Por tanto, es un cable más protegido, pero menos flexible que el UTP. El sistema de trenzado es idéntico al del cable UTP.</p>

Tabla 2.1. Ejemplos de cables de pares.

Obviamente, el cable STP tiene más ventajas eléctricas que el cable UTP por lo que, en principio, siempre se tendría que elegir STP en vez de UTP, sin embargo, la falta de flexibilidad originada por su rigidez hace que solo se utilice en donde realmente hace falta: en entornos eléctricamente hostiles.

En los cables de pares hay que distinguir dos clasificaciones:

- Primera clasificación: las **categorías**. Cada categoría especifica unas características eléctricas para el cable: atenuación, capacidad de la línea e impedancia. Las categorías 3 a 5, que soportan frecuencias de 10, 20 y 100 MHz respectivamente, empiezan a estar en desuso, sin embargo, es frecuente encontrarlas instaladas en instalaciones antiguas. También se utiliza una categoría llamada 5e, que mejora algo las capacidades de la categoría 5. Las categorías 6 (estándar ANSI/TIA/EIA-568-B.2-1) y 7 (categoría ISO/IEC 11801:2002 categoría 7/clase F) llegan a transmisiones de 250 y 600 MHz respectivamente. El estándar que define estas categorías es el TIA/EIA-568-B. Actualmente lo más frecuente es instalar categoría 5e o 6.
- Segunda clasificación: las **clases**. Cada clase especifica las distancias permitidas, el ancho de banda conseguido y las aplicaciones para las que es útil en función de estas características. Están detalladas las clases A a F. En la Tabla 2.2 se especifican ejemplos que relacionan algunas clases con algunas categorías. Para las categorías superiores los parámetros dependerán mucho del entorno de operación.

CLASES	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D	Clase E	Clase F
<b>Ancho de banda</b>	100 KHz	1 MHz	20 MHz	100 MHz	250 MHz	600 MHz
	Cat. 3	2 km	500 m	100 m	No hay	No hay
<b>Cat. 4</b>	3 km	600 m	150 m	No hay	No hay	No hay
<b>Cat. 5</b>	3 km	700 m	160 m	100 m	No hay	No hay
<b>Cat. 6</b>	Sin uso	Sin uso	Sin uso	Sin uso	1 Gbps	No hay
<b>Cat. 7</b>	Sin uso	10 GBps				

**Tabla 2.2.** Características de longitudes posibles y anchos de banda para las clases y categorías de pares trenzados.

Dado que el cable UTP de categorías 5 y 5e es barato y fácil de instalar, se utiliza habitualmente en las instalaciones de redes de área local con topología en estrella, mediante el uso de conmutadores y concentradores que estudiaremos más adelante.

Las aplicaciones típicas de la categoría 3 son transmisiones de datos hasta 10 Mbps (por ejemplo, la especificación 10BaseT); para la categoría 4, 16 Mbps y para la categoría 5, 100 Mbps (por ejemplo, la especificación 100BaseT).

En concreto el cable UTP de categoría 5 viene especificado por las características de la Tabla 2.3 referidas a un cable estándar de cien metros de longitud.

Las sociedades de estándares han hecho evolucionar la categoría 5 definiendo otras de características mejoradas que se describen a continuación:

- **Categoría 5.** Se define en los estándares IS 11801, EN 50173 y TIA 568. En su versión original data de 1995 y está pensado para soportar transmisiones típicas de la tecnología ATM (155 Mbps), pero no es capaz de soportar Gigabit Ethernet (1 Gbps).
- **Categoría 5 mejorada (5e o 5 enhanced).** Se trata de una revisión de la categoría 5 de 1998. En esta versión se mejoran los parámetros del cable para llegar a transmisiones de Gigabit Ethernet.
- **Categoría 6.** Es una categoría ya ampliamente aceptada. Soporta frecuencias hasta los 250 MHz en clase E. Es la tecnología que poco a poco va sustituyendo a la 5e.
- **Categoría 7.** Llega hasta los 600 MHz en clase F, mejorando sustancialmente los fenómenos de diafonía con respecto de la categoría 5. Sin embargo, esta categoría tiene como competidor más directo a la fibra óptica.

Para hacernos una idea aproximada de la utilización de estos cables en redes de área local podemos afirmar que típicamente se puede construir una red Ethernet con topología en estrella con cable UTP de categoría 5e utilizando segmentos de 100 m como máximo.



### Investigación

Las especificaciones sobre cableados contienen una información técnica muy compleja característica del diseño de ingeniería. No obstante, conviene leer algunos documentos sobre ellos para conocer qué elementos tecnológicos contienen. Se sugiere leer las páginas de Wikipedia relativas a las siguientes voces: «Unshielded Twisted Pair», «Shielded Twisted Pair», «TIA-568B», «Cable de Categoría 6» y «Cable de Categoría 7». Pásate también por la sede web de Lanshack (<http://www.lanshack.com>), que es un proveedor de sistemas de cableado para inspeccionar el catálogo de productos y hacerte una idea de los precios de cada componente. En <http://www.lanshack.com/cat5e-tutorial.aspx> tienes un tutorial muy completo, aunque en inglés, sobre los cables de categoría 5 y 6.

Velocidad de transmisión de datos	Nivel de atenuación para 100 m
4 Mbps	13 dB
10 Mbps	20 dB
16 Mbps	25 dB
100 Mbps	67 dB

**Tabla 2.3.** Nivel de atenuación permitido según la velocidad de transmisión para un cable UTP de categoría 5 de 10 m de longitud.



CEO

S M R \_ R L \_ A A b a d \_ 0 2 \_  
CableCoaxial.docx

Documento que contiene información sobre características técnicas de los cables coaxiales.



### Ampliación

Es posible efectuar transmisiones de decenas de miles de llamadas telefónicas a través de una sola fibra dado su gran ancho de banda. Otra ventaja es la gran fiabilidad, su tasa de error es mínima. Su peso y diámetro la hacen ideal frente a los cables de pares o coaxiales. Normalmente se encuentra instalada en grupos, en forma de mangueras, con un núcleo metálico que les sirve de protección y soporte frente a las tensiones producidas en el cable ya que la fibra, por sí misma, es extraordinariamente frágil.

Su principal inconveniente es la dificultad de realizar una buena conexión de distintas fibras. Un conexionado correcto de la fibra evita reflexiones de la señal y una mejoría de la calidad de la transmisión.



### Investigación

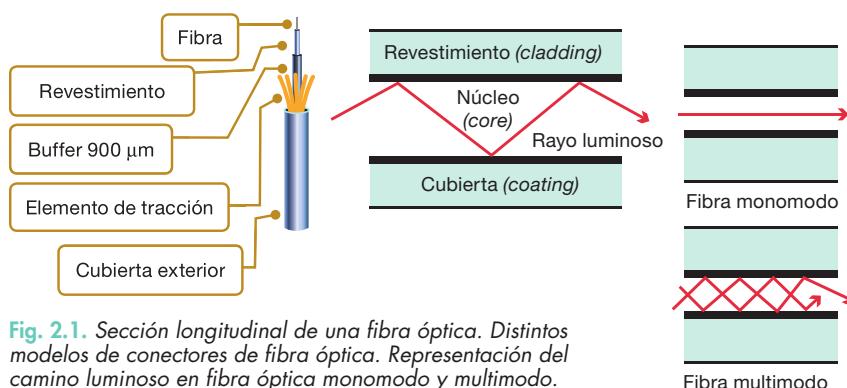
En la voz «fibra óptica» de Wikipedia puedes encontrar información sobre este medio de transmisión, así como de los conectores utilizados en sus instalaciones para redes de ordenadores. Después de leer esta página puedes acudir a la dirección <http://www.lanshack.com/fiber-optic-tutorial.aspx> en donde encontrarás un tutorial sobre la instalación de distintos tipos de fibra óptica. En la página [http://www.conectalo.com/redes-fibra-optica-c-2104\\_203.html](http://www.conectalo.com/redes-fibra-optica-c-2104_203.html) también puedes encontrar abundante información comercial sobre conectorización de fibra óptica.

Para finalizar este epígrafe es conveniente repasar las características de los cables STP y UTP a modo de comparativa.

- a) En cuanto al throughput (rendimiento de la transmisión): ambos tipos de cables pueden transmitir desde 10 Mbps hasta 10 Gbps.
- b) En cuanto al coste del cable: STP es más caro que UTP.
- c) En cuanto al coste de instalación: STP vuelve a ser más caro puesto que requiere la conexión de su malla externa metálica a tierra, algo que no es requerido en UTP. Esta cualidad debe ser tenida en cuenta por el instalador a la hora de hacer el presupuesto de instalación.
- d) En cuanto a los conectores: ambos tipos de cableado utilizan conectores RJ45.
- e) En cuanto al ruido y la inmunidad a señales no deseadas: STP es mucho más inmune al ruido que UTP, que está escasamente protegido.

## 1.2. Sistemas de fibra óptica

La fibra óptica permite la transmisión de señales luminosas. La fibra, que suele ser de vidrio u otros materiales plásticos, es insensible a interferencias electromagnéticas externas. La luz ambiental es una mezcla de señales de muchas frecuencias distintas, por lo que no es una buena fuente de señal portadora luminosa para la transmisión de datos. Son necesarias fuentes especializadas: fuentes láser y diodos LED.



**Fig. 2.1.** Sección longitudinal de una fibra óptica. Distintos modelos de conectores de fibra óptica. Representación del camino luminoso en fibra óptica monomodo y multimodo.

El cable de fibra óptica consta básicamente de un núcleo, un revestimiento y una cubierta externa protectora (Fig. 2.1). El núcleo es el conductor de la señal luminosa. La señal es conducida por el interior de este núcleo fibroso, sin poder escapar de él debido a las reflexiones internas y totales que se producen, impidiendo tanto el escape de energía hacia el exterior como la adición de nuevas señales externas indeseadas.

Actualmente se utilizan dos tipos de fibras ópticas para la transmisión de datos: fibras monomodo y fibras multimodo. Las fibras multimodo pueden ser de índice gradual o de índice escalonado.

- a) La fibra **monomodo** (Single Mode Fiber, SMF) utiliza un núcleo estrecho (menor de 10 micras de diámetro) que es atravesado por un láser en un único camino, sin apenas reflexiones de la luz en las paredes.
  - b) La fibra **multimodo** (Multimode Fiber, MMF) tiene un diámetro que varía entre las 50 y 115 micras, aunque la más común es la de 62,5 micras, que conduce la luz procedente de múltiples diodos láser cada uno con un ángulo distinto en la entrada de la fibra. En este caso la luz viaja haciendo múltiples reflexiones en las paredes internas de la fibra.
- Finalizamos con un resumen de las características de la fibra óptica:
- a) En cuanto a su throughput, puede llegar a 100 Gbps o más.
  - b) En cuanto al coste, su instalación es más cara que el cable de cobre. Las interfaces de red también son algo más caras que sus equivalentes para par trenzado.
  - c) En cuanto al ruido, no es afectada por el ruido ni las emisiones radioeléctricas.
  - d) En cuanto a la escalabilidad, puede crear segmentos de red desde metros hasta 40 km o más.

### 1.3. Sistemas inalámbricos

Estos sistemas se utilizan en las redes de área local por la comodidad y flexibilidad que presentan: no son necesarios complejos sistemas de cableado, los puestos de la red se pueden desplazar sin grandes problemas, etc. Sin embargo, su velocidad de transmisión no es muy alta y sus parámetros de transmisión están legislados por las administraciones públicas, que los restringen.

El medio de transmisión en los enlaces de radio es el espacio libre, con o sin atmósfera, a través de ondas electromagnéticas que se propagan a la velocidad de la luz. Para llevar a cabo la transmisión se utiliza un sistema de antenas emisoras y receptoras.

De modo general, cuanto mayor es la frecuencia de la señal que se emite, tanto más sensible es a algunos problemas, de modo que la distancia máxima entre las antenas emisora y receptora debe ser menor para garantizar una comunicación íntegra.

La propagación por el medio atmosférico produce en ocasiones problemas de transmisión provocados por los agentes meteorológicos. Estos efectos negativos se pueden comprobar fácilmente en las emisiones televisivas cuando las condiciones climáticas no son favorables en forma de interferencias, nieve, rayas, doble imagen, etc.

Los efectos físicos que pueden alterar las comunicaciones inalámbricas son los siguientes:

- **Reflexión:** se produce cuando la onda electromagnética se encuentra con un obstáculo reflectante que hace que la señal se refleje en él y produzca interferencia consigo misma. Suelen haber reflexión en las paredes, suelos y techos.
- **Difracción:** en este caso la señal divide su camino, lo que hace que se bordeen los obstáculos que se encuentra y que el destino reciba la misma señal por varios caminos, pero desfasados uno de otro. Son obstáculos que producen difracción las esquinas de paredes, el mobiliario, etc.
- **Dispersión:** es la difusión o reflexión de la señal en múltiples y diferentes direcciones sin un control direccional definido. Suelen ocurrir cuando la señal se encuentra con obstáculos cuyas dimensiones son muy pequeñas. Producen dispersión de la señal obstáculos como la lluvia, la niebla o el granizo.

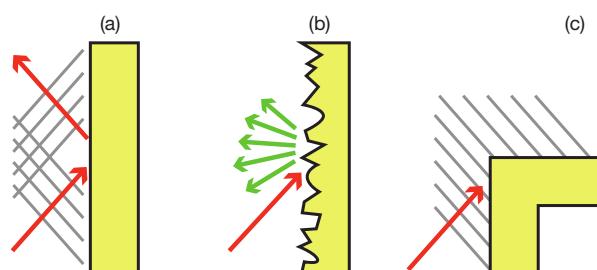


Fig. 2.3. Efectos de reflexión (a), dispersión (b) y difracción (c).

En la actualidad se están utilizando masivamente los sistemas inalámbricos en el despliegue de redes de área locales debido a que permiten la movilidad de los equipos y facilita un acceso cómodo a los servicios de red desde lugares en donde es difícil llevar un cable.



Fig. 2.2. Dispositivos inalámbricos utilizados en redes de área local: punto de acceso con doble antena (arriba), tarjeta de red inalámbrica con interfaz USB (abajo, a la izquierda) y tarjeta de red PCI con interfaz inalámbrica de una única antena (abajo, a la derecha).



CEO

S M R \_ R L \_ A A b a d \_ 0 2 \_ RadioterrestresSatelites.docx

Documento que contiene información sobre:

1. Sistemas radioterrestres.
2. Satélites artificiales.



Actividades

1. ¿Cuándo utilizarías cables de pares UTP y cuándo STP? ¿Qué ventajas e inconvenientes tendría sustituir el cable STP por fibra óptica?
2. Enumera algunos elementos positivos y otros negativos de utilizar sistemas inalámbricos para las comunicaciones en redes de ordenadores.
3. Sobre una instalación de red real identifica los tipos de cables utilizados en el sistema de cableado. Utiliza una aplicación gráfica para hacer un croquis sencillo de la instalación de la red, identificando con colores o símbolos los distintos tipos de cables.
4. Describe los factores que generan problemas en la radiación de las señales inalámbricas.

**Vocabulario**

**Conector:** también llamado interfaz físico, es un dispositivo que sirve para unir circuitos eléctricos.

**Investigación**

En la página web <http://www.lanshack.com/make-cat5E.aspx> puedes encontrar un tutorial sobre la confección de latiguillos de categoría 5/5e. Despues, en el laboratorio, puedes intentar hacer algunos latiguillos de red que posteriormente deberás probar. También puedes ayudarte de las páginas de Wikipedia accesibles desde las voces «RJ11», «RJ45» y «BNC», en donde encontrarás más información tecnológica característica de estos conectores.

Puedes repetir el ejercicio con el cableado de categoría 6. Tienes ayuda en la página [http://www.lanshack.com/make\\_cat\\_6\\_cable.aspx](http://www.lanshack.com/make_cat_6_cable.aspx).

## 2. Dispositivos de conexión de cables

Los cables que forman parte de una red de transmisión de datos no pueden utilizarse si la señal eléctrica no entra en ellos debidamente. De esta función se ocupan los conectores, que no son más que interfaces que adecuan la señal del cable a la interfaz del receptor.

Frecuentemente, los conectores de una misma familia se duplican en forma de «macho» o «hembra», que deben acoplarse mecánicamente en la instalación.

### 2.1. Conectores para redes

El conector es la interfaz entre el cable y el DTE o el DCE de un sistema de comunicación, o entre dos dispositivos intermedios en cualquier parte de la red. En una LAN, los conectores conectan los cables a las tarjetas de red.

Algunos de estos conectores se describen a continuación (Tabla 2.4):

- **RJ11, RJ12, RJ45.** Estos conectores se suelen utilizar con cables UTP, STP y otros cables de pares. Para estos cables habíamos definido distintas clases y categorías, que son también heredadas por los conectores. Por tanto, al adquirir los conectores se debe especificar la categoría del cable que se pretende utilizar con ellos.
- **AUI, DB15.** Utilizados en la formación de topologías en estrella con cables de pares, o para la conexión de transceptores a las estaciones.
- **BNC.** Se utiliza con cable coaxial fino, típico de Ethernet. Mantiene la estructura coaxial del cable en cada conexión.
- **T coaxial.** Es el modo natural de conectar una estación en un bus de cable coaxial.
- **DB25 y DB9.** Son conectores utilizados para transmisiones serie.

En el caso de redes inalámbricas no podemos hablar de conectores sino de antenas de radiación. En cada extremo de la comunicación debe haber una antena o varias, dependiendo de la tecnología utilizada. Por tanto, las antenas, realizan la función de transceptores puesto que convierten la señal eléctrica de los circuitos electrónicos en ondas de radio.

Cable coaxial	Cable UTP	Fibra óptica y su protección
RJ45	DB25	DB9
Piezas que componen un conector BNC para cable coaxial y un terminador de 50 W	Conectores RJ45	Conectores y latiguillos para fibra óptica

Tabla 2.4. Distintos tipos de cables y conectores.

Pero cables y conectores no son los únicos elementos físicos de la red. También hay que considerar la conducción de los cables por las instalaciones arquitectónicas, los elementos que adecuan los cables a las tarjetas de red, etc.

- **Baluns y transceptores.** Son capaces de adaptar la señal pasándola de coaxial, twinaxial, dual coaxial a UTP o, en general, a cables de pares, sean o no trenzados. La utilización de este tipo de elementos produce pérdidas de señal ya que deben adaptar la impedancia de un tipo de cable al otro.
- **Rack.** Es un armario que recoge de modo ordenado las conexiones de toda o una parte de la red (Fig. 2.4).
- **Latiguillos.** Son cables cortos utilizados para prolongar los cables entrantes o salientes del rack.
- **Canaleta.** Es una estructura metálica o de plástico, adosada al suelo o a la pared, que alberga en su interior todo el cableado de red, de modo que el acceso a cualquier punto esté más organizado y se eviten deterioros indeseados en los cables.
- **Placas de conectores y rosetas.** Son conectores que se insertan en las canaletas, o se adosan a la pared y que sirven de interfaz entre el latiguillo que lleva la señal al nodo y el cable de red.

## 2.2. Conectores para fibra óptica

Los conectores más comunes utilizados en instalaciones de fibra óptica para redes de área local son los conectores ST y SC (Tabla 2.5). En redes FDDI suele utilizarse el conector de tipo MIC.

Otros conectores utilizados son el FC, MT Array y SC Duplex. En la página [http://en.wikipedia.org/wiki/Optical\\_fiber\\_connector](http://en.wikipedia.org/wiki/Optical_fiber_connector) o en [http://www.fiber-optics.info/articles/fiber\\_optic\\_connectors](http://www.fiber-optics.info/articles/fiber_optic_connectors) puedes encontrar descripciones y fotografías de estos conectores.



El **conector SC** (*Straight Connection*) es un conector de inserción directa. Suele utilizarse en commutadores Ethernet de tipo Gigabit. La conexión de la fibra óptica al conector requiere el pulido de la fibra y la alineación de la fibra con el conector.



El **conector ST** (*Straight Tip*) es un conector semejante al SC pero requiere un giro del conector para la inserción del mismo, de modo semejante a los conectores coaxiales. Suele utilizarse en instalaciones Ethernet híbridas entre cables de pares y fibra óptica. Como en el caso del conector SC, también se requiere el pulido y la alineación de la fibra.

**Tabla 2.5.** Conectores para fibra óptica de tipo SC y ST.

## 2.3. Herramientas utilizadas en la conectorización

La creación de las conexiones de la red debe ser realizada con sumo cuidado. La mayor parte de los problemas de las redes de área local, una vez que han entrado en su régimen de explotación, se relacionan directamente con problemas en los cables o en los conectores.

Cuanto mayor sea la velocidad de transmisión de las señales de la red tanto mayor será la necesidad de calidad en los conectores y las conexiones que conforman.

Antes de su utilización, cada cable construido debe ser probado para asegurarse de que cumple con las especificaciones de calidad requeridas en la instalación. Por tanto, si no se tiene seguridad en la construcción del cable con sus conectores incluidos, el cable debe rechazarse.



**Fig. 2.4.** Vistas de un rack para cableado estructurado.



### Claves y consejos

En las instalaciones de fibra óptica hay que tener mucho cuidado con la torsión del cable ya que se trata de un material muy frágil. Los fabricantes de fibra suelen recomendar que la fibra no se doble con radios de curvatura inferiores a 25 veces el diámetro del propio cable de fibra.



### Ampliación

Actualmente, y sobre todo en entornos domésticos, se está utilizando el cableado eléctrico de fuerza de la instalación para transmitir señales de radio que se aprovechan para intercomunicar los ordenadores de un domicilio o para asegurarse la conexión a Internet que algunas compañías eléctricas han comenzado a comercializar. A esta tecnología se la conoce con el nombre de PLC (*Power Line Communications*, Comunicaciones mediante cable eléctrico). Obviamente, los ordenadores conectados a una red PLC deben disponer de las interfaces adecuadas que permitan la inserción de señal de comunicaciones por la red eléctrica sin que se vean dañados por la potencia eléctrica de suministro.



**Fig. 2.5.** Algunas herramientas para la conectorización de cables de pares.



**Fig. 2.6.** Kits de conectorización de fibra óptica (a la izquierda) y de cables de pares (a la derecha).



### Claves y consejos

Como la mayor parte de las herramientas utilizadas en la conectorización de cables son cortantes o punzantes, debe ponerse especial cuidado en respetar todas las normas de seguridad oportunas para evitar cortes. Es una buena práctica profesional disponer todas las herramientas necesarias correctamente ordenadas sobre la mesa de trabajo antes de practicar un conector. Así mismo, conviene separar los residuos metálicos y electrónicos del resto para su correcto reciclaje, evitando contaminaciones innecesarias del medioambiente.



### CEO

S M R \_ R L \_ A A b a d \_ 0 2 \_  
ConectoresSerie.docx

Documento que contiene información sobre el estándar RS-232 de conexión para cables serie.

Las herramientas utilizadas en la construcción de las conexiones del cableado dependerán del tipo de cable y de conector. Las grandes empresas que diseñan y construyen sistemas de cableados suelen disponer de las herramientas adecuadas para su conectorización. También hay que disponer de la documentación correspondiente al tipo de conector que se va a confeccionar.

Estas herramientas toman formas especializadas como alicates, cuchillas y crimpadores. Se pueden adquirir en los comercios especializados por separado o formando parte de kits para cada tipo de cable.

Además de las herramientas de conectorización, de los cables y de los conectores, son necesarios algunos otros componentes que cooperan en la calidad de la instalación. Nos fijaremos aquí en algunos de modo orientativo:

- **Macarrón termorretráctil.** Se trata de cables huecos construidos con un material plástico termorretráctil, es decir, que se comprimen por aplicación de calor. Suele instalarse en la unión del cable con el conector para que una vez apretado por efecto del calor, el conector quede más sólidamente sujetado al cable.
- **Bridas.** Son elementos plásticos que abrochan los cables entre sí o a los armarios y canaletas por donde se instalan de modo que se fije la trayectoria del cable y se impida su movilidad.
- **Etiquetas identificativas.** Constituyen un sistema de información que se adjunta a cada cable para tenerlo identificado en todo momento.
- **Otro tipo de herramientas** más comunes como tijeras, pelacables, destornilladores, punzones, cuchillas, pinzas, resinas, cinta aislante, etc.



### Actividades

5. ¿Cuáles son los conectores más utilizados en las instalaciones de red con fibra óptica? ¿Qué características mecánicas tiene cada uno de ellos? ¿Qué modos de propagación se utilizan para conducir la señal luminosa en el núcleo de una fibra óptica?
6. Enumera los elementos utilizados en la conectorización de cables así como su función.
7. Sobre una instalación de red real identifica los conectores utilizados en el sistema de cableado. Confecciona en una hoja de cálculo una clasificación que permita un sencillo cómputo de los componentes utilizados que sea la base de un futuro inventario. Se puede incluir en este estudio también el sistema telefónico.

## 3. La tarjeta de red

El adaptador de red, tarjeta de red o NIC (Network Interface Card) es el elemento fundamental en la composición de la parte física de una red de área local. Cada adaptador de red es una interfaz entre el hardware y la red.

El adaptador puede venir o no incorporado con la plataforma hardware básica del sistema. En algunos ordenadores personales hay que añadir una tarjeta separada, independiente del sistema, para realizar la función de adaptador de red. Esta tarjeta se inserta en el bus de comunicaciones del ordenador personal convenientemente configurada. Un equipo puede tener una o más tarjetas de red para permitir distintas configuraciones o poder atacar con el mismo equipo distintas redes.

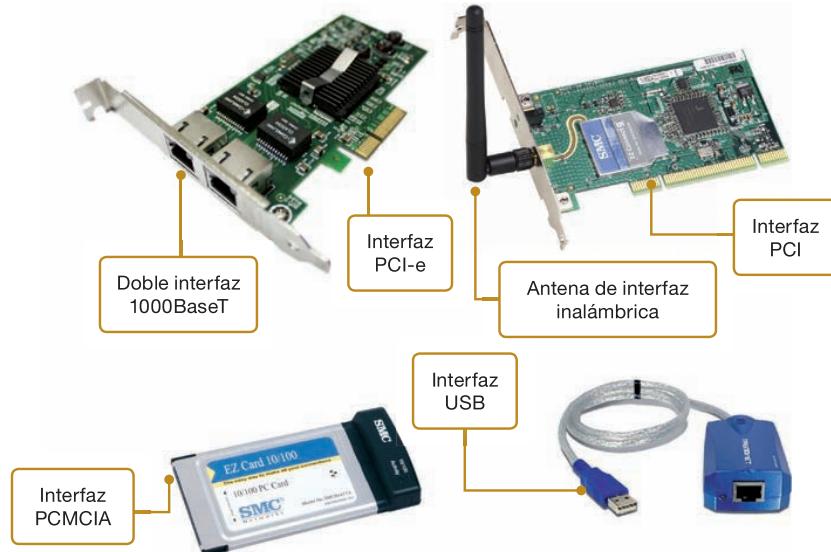
### 3.1. Descripción y conexión del adaptador

La conexión de la tarjeta de red al hardware del sistema sobre el que se soporta el host de comunicaciones se realiza a través de la interfaz de conexión. Cada ordenador transfiere internamente la información entre los distintos componentes (CPU, memoria, periféricos) en paralelo a través de un bus interno. Los distintos componentes, especialmente algunos periféricos y las tarjetas, se conectan a este bus a través de unos conectores llamados slots de conexión, que siguen unas especificaciones concretas.

Por tanto, un slot es el conector físico en donde se «pincha» la tarjeta. Es imprescindible que la especificación del slot de conexión coincida con la especificación de la interfaz de la tarjeta.

La velocidad de transmisión del slot, es decir, del bus interno del ordenador, y el número de bits que es capaz de transmitir en paralelo, serán los primeros factores que influirán decisivamente en el rendimiento de la tarjeta en su conexión con el procesador central.

Actualmente las interfaces más usadas en servidores y equipos de sobremesa son PCI (en sus diversas variedades), PCMCIA para ordenadores portátiles y USB tanto para portátiles como para equipos de sobremesa (Fig. 2.7).



**Fig. 2.7.** Adaptadores de red con interfaz PCI-e para cable UTP con doble puerto Ethernet (arriba izquierda), para redes inalámbricas con bus PCI (arriba, derecha), con interfaz PCMCIA para portátiles (abajo, izquierda) y con interfaz USB (abajo, derecha).



#### Seguridad

Es preciso guardar unas medidas de seguridad mínimas para garantizar que la electrónica de los componentes no se estropee por una imprudente manipulación, como por ejemplo, descargarse de electricidad estática, trabajar en un ambiente seco y limpio, etc.



#### Claves y consejos

Es una buena práctica para el administrador de la red visitar con alguna frecuencia la sede web de los fabricantes de las tarjetas de red de la instalación para comprobar que los controladores que tiene instalados con las tarjetas de red coinciden con la última versión que distribuye el fabricante. Normalmente, las nuevas versiones corregirán problemas y hacen mejorar el rendimiento del hardware.

Antes de hacer una actualización de un controlador de tarjeta de red conviene hacer una copia de seguridad del sistema operativo o al menos crear un punto de restauración por si el nuevo controlador diera algún problema.



### Ampliación

Este software es un programa de muy bajo nivel denominado **controlador** o **driver** de red que es específico para cada adaptador. Normalmente cada fabricante construye su propio controlador para cada una de las tarjetas que fabrica, aunque los sistemas operativos tienen integrados controladores para las tarjetas más comunes. Si el sistema operativo es avanzado, es posible que estos controladores estén firmados digitalmente con objeto de garantizar su procedencia como signo de estabilidad y correcto funcionamiento.



### Ampliación

Algunas tarjetas de red incorporan un zócalo para la inserción de un chip que contiene una memoria ROM (Read Only Memory, Memoria de solo lectura) con un programa de petición del sistema operativo del host a través de la red. De este modo el host puede cargar su sistema operativo a través de la red, por ejemplo a través de un servicio de red denominado BOOTP. La petición del sistema la realiza el cliente nada más iniciarse eléctricamente utilizando la tecnología PXE.

En la última generación de tarjetas, la configuración se realiza automáticamente: elección del tipo de conector, parámetros de comunicación con el sistema, etc., aunque requiere hardware especializado en el host. Esta tecnología de configuración automática se llama *plug & play* (enchufar y funcionar o enchufar y listo), y facilita extraordinariamente el trabajo del instalador, quien ya no tiene que preocuparse de los parámetros de la tarjeta.

En el caso de adaptadores para redes inalámbricas el procedimiento de instalación es semejante aunque no utilizaremos cables, que serán sustituidos por las antenas de radiación que las propias interfaces llevan incorporadas.

Como en cualquier otra tarjeta, el adaptador de red necesita de un software **controlador** que conduzca sus operaciones desde el sistema operativo. De este modo, las aplicaciones a través del sistema operativo tienen controlados los accesos al hardware del sistema, y en concreto, a la red.

Sobre este controlador pueden establecerse otros programas de más alto nivel y que tienen funciones específicas relacionadas con los protocolos de la red. A estos programas se les llama «**packet-drivers**», porque son los encargados de la confección de los paquetes o tramas que circularán por la red. Estos paquetes están construidos de acuerdo con las especificaciones de los protocolos de capa superior adecuándolos a las características del medio físico de la red.

Cuando instalamos hardware nuevo en un sistema y lo arrancamos, si este soporta la tecnología *plug & play*, entonces nos avisará del nuevo hardware encontrado y tratará de instalar con nuestro consentimiento, más o menos automáticamente, los controladores apropiados para hacer funcionar correctamente esos nuevos dispositivos.

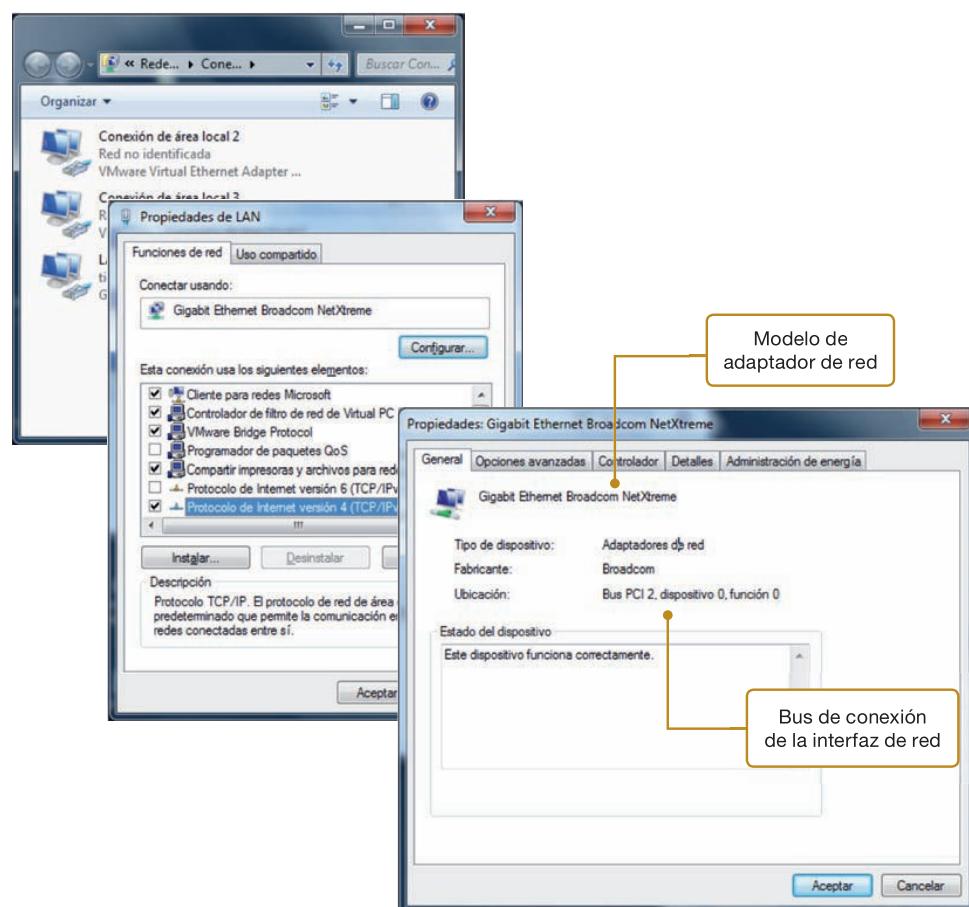


Fig. 2.8. Configuración del adaptador de red en un sistema Windows.

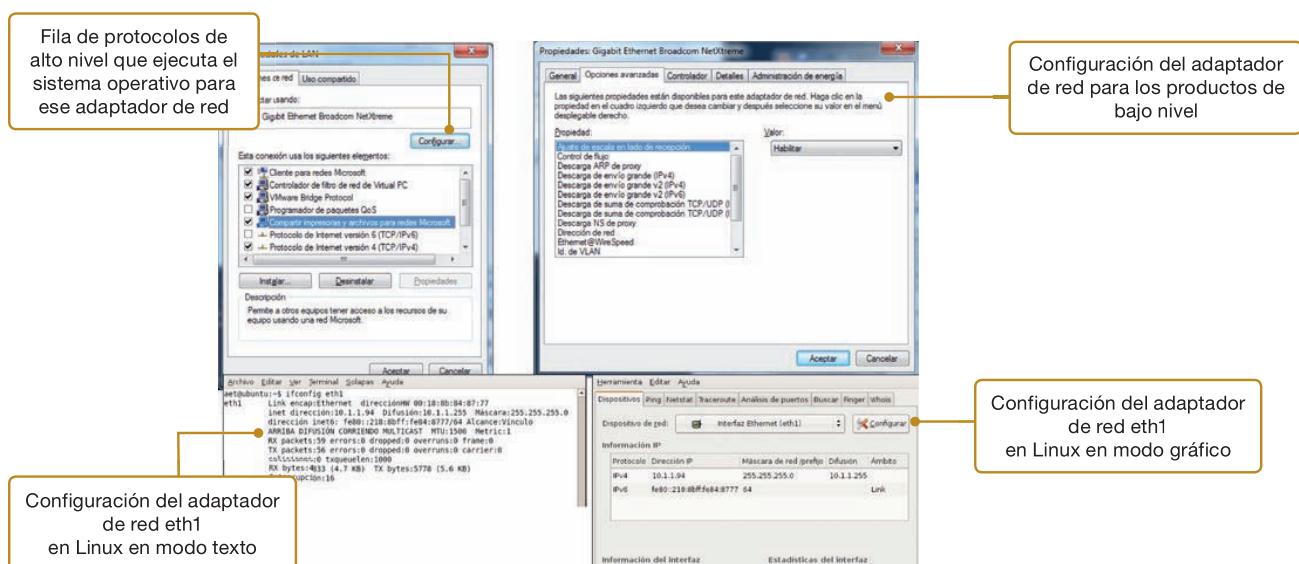
En ocasiones, el sistema operativo no reconoce automáticamente la tarjeta de red recién instalada. Esto ocurre sobre todo si la tarjeta es más moderna que el sistema operativo. El fabricante de la tarjeta debe proporcionar con la misma su software controlador para los sistemas operativos más comunes.

### 3.2. Configuración de las tarjetas de red

No todos los adaptadores de red sirven para todas las redes. Existen tarjetas apropiadas para cada tecnología de red: Ethernet, Token Ring, FDDI, redes inalámbricas, etc.

Algunas tarjetas que sirven para el mismo tipo de red se parametrizan de acuerdo con ciertas especificaciones. Por ejemplo, una tarjeta Ethernet puede estar configurada para transmitir a 10 Mbps o 100 Mbps, si está preparada para ello, dependiendo del tipo de red Ethernet a la que se vaya a conectar. También se puede elegir el tipo de conexión: 10Base2, 10Base5, 10BaseT, 100BaseT, 1000BaseT, etc.

Los adaptadores de red se pueden configurar en modo gráfico mediante el Panel de Control (Windows) o el Administrador de red (Linux), aunque también es común utilizar el intérprete de comandos (Windows) o Shell (Linux). Por ejemplo, es común servirse de las órdenes **ifconfig** (Fig. 2.9, abajo) para configurar tarjetas de red cableadas y de **iwconfig** para las tarjetas de red inalámbricas, aunque esto puede variar dependiendo de la distribución concreta del sistema operativo y de su versión.





### Investigación

En la página <http://www.datacottage.com/nch/eoperation.htm> puedes comprobar mediante una animación cómo se producen las colisiones en Ethernet y cómo se comporta este modelo de red en función del tipo de dispositivo que interconecte los equipos.

En YouTube, también puedes encontrar animaciones y vídeos sobre el funcionamiento de Ethernet buscando: «Ethernet», «CSMA/CD» «Ethernet collisions», etc.

## 4. Red Ethernet

Ethernet es la red de norma IEEE 802.3, que utiliza el protocolo de acceso al medio CSMA/CD en el que las estaciones están permanentemente a la escucha del canal y, cuando lo encuentran libre de señal, efectúan sus transmisiones. Esto puede llevar a una **colisión** que hará que las estaciones suspendan sus transmisiones, esperen un tiempo aleatorio, transmitan una trama de aviso (*jam frame*) y vuelvan a intentarlo. La Fig. 2.11 describe el proceso de contención CSMA/CD.

Si dos nodos en el mismo dominio de colisión se sitúan muy alejados, es posible que no puedan detectar si se produce una colisión y no procederán a la retransmisión de los datos. El problema en la detección se produce porque hay un retardo en la propagación de la señal eléctrica por los cables, que se incrementa con la longitud del cable y con la velocidad de transmisión. Esta es la razón por la que la longitud de los segmentos Ethernet no puede ser tan grande como se deseé.

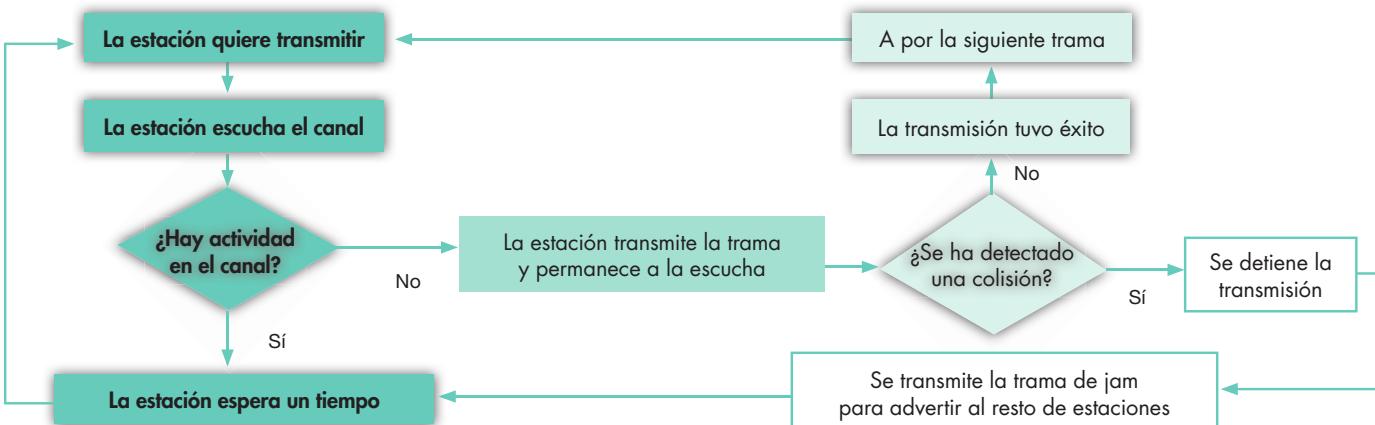


Fig. 2.11. Diagrama de bloques del proceso de contención CSMA/CD.

Cualquier estación conectada a una red IEEE 802.3 debe poseer una tarjeta de red que cumpla con este estándar y con los componentes electrónicos y el software adecuado para la generación y recepción de tramas.

La tarjeta o adaptador de red se encarga de verificar las tramas que le llegan desde el canal, así como de ensamblar los datos de información dándoles la forma de una trama, detectar los posibles errores en destino, etc. La tarjeta también es la encargada de negociar los recursos que necesita con el sistema operativo del ordenador en que se instala.



### Vocabulario

Una colisión de red se produce cuando las señales procedentes de dos equipos se vuelcan simultáneamente sobre el mismo canal en la misma banda de frecuencia. Un dominio de colisión es la porción de la red en la que dos nodos pueden colisionar.



### CEO

*S M R \_ R L \_ A A b a d \_ 0 2 \_ TramaEthernet.docx*

Documento que contiene información sobre el formato de la trama de datos en Ethernet.

### 4.1. Tipos de Ethernet

El modo en que las tramas IEEE 802.3 son puestas en el medio de transmisión físico depende de las especificaciones de hardware y de los requerimientos del tipo de cableado elegido. Se definen para ello varios subestándares, todos ellos integrados dentro de la IEEE 802.3. Algunos de estos subestándares se describen en la Tabla 2.6.

En algunas instalaciones de alto rendimiento ya se está instalando Ethernet 10G, que sería la red con tecnología Ethernet a 10 Gbps, mayoritariamente sobre fibra, aunque hay algunos intentos con éxito utilizando cableado trenzado de cobre.

- **10GBaseT.** Es un estándar definido en la norma IEEE 802.3an, capaz de transmitir datos a 10 Gbps. Utiliza cableado de categorías 6 o 7 con una longitud máxima por segmento de 100 metros. Suele utilizarse para conectar servidores o estaciones a la LAN, pero no para grandes distancias.
- **10GBaseSR, 10GBaseSW, 10GBaseLR, 10GBaseLW, 10GBaseER y 10GBaseEW.** Son estándares modernos de fibra óptica para transmisiones de 10 Gbps que están definidos en la norma IEEE 802.3ae. Algunas de estas normas pueden llegar a los 40 km.

Ethernet	Medio transmisión	Longitud máx. por segmento	Características
10Base5	Coax 50 W	500 m	Es la especificación original de Ethernet y utiliza coaxial grueso para el transporte de las señales en banda base. También se denomina <i>Thick Ethernet</i> .
10Base2	Coax 50 W	185 m	También es una especificación original de Ethernet que utiliza cable coaxial fino, en concreto se suele utilizar el cable RG-58, de 50 ohmios de impedancia, para transmisiones de hasta 10 Mbps. También se denomina <i>Thin Ethernet</i> .
10BaseTX	UTP	100 m	Utiliza cables de par trenzado UTP para producir transmisiones de hasta 10 Mbps. Configura la Ethernet como una estrella. Utiliza la regla 5-4-3, que significa que no pueden mediar más de cinco segmentos de red conectados por cuatro repetidores y no más de tres segmentos poblados (que tienen estaciones conectadas). La distancia máxima permitida entre nodos es de 500 metros.
10Broad36	Coax 75 W	1800 m	Transmisiones Ethernet en banda ancha, por tanto, moduladas.
100BaseTX	2 pares STP o UTP categoría 5	100 m	Es semejante al 10BaseT, pero con velocidades hasta 100 Mbps, utilizando cables UTP de categoría 5. Soporta un máximo de tres segmentos interconectados por dos repetidores. Por tanto, la distancia máxima entre nodos es de 300 metros. Está descrito en la norma IEEE 802.3u. Especifica una red de 100 Mbps sobre fibra óptica multimodo. También se considera Fast Ethernet por lo que está definido en el estándar IEEE 802.3u. Utiliza segmentos máximos de 412 metros en semidúplex o de 2000 metros en dúplex. Se permite un único repetidor entre segmentos.
100BaseFX	2 fibras ópticas	500 m	Especifica una red de 100 Mbps sobre fibra óptica multimodo. También se considera Fast Ethernet, por lo que está definido en el estándar IEEE 802.3u. Utiliza segmentos máximos de 412 metros en semidúplex o de 2000 metros en dúplex. Se permite un único repetidor entre segmentos.
100BaseT4	4 pares UTP categoría 3 a 5	100 m	Semejante a 100BaseTX, pero utilizando los cuatro pares.
1000BaseTX	4 pares UTP categoría 5, 5e o 6	100 m	En este caso las comunicaciones siguen la normativa Ethernet pero con velocidades de 1000 Mbps. Sin embargo se necesitan cables superiores al UTP de categoría 5, por ejemplo, el de categoría 5 mejorada (categoría 5e). Además las distancias de cable deben ser mucho más reducidas. Es la base de la tecnología Gigabit Ethernet. El estándar está contenido en la norma IEEE 802.3ab. Puede utilizar únicamente dos segmentos de 100 metros cada uno de longitud máxima, por tanto, la distancia máxima permitida entre nodos es de 200 metros.
1000BaseSX	Fibra multimodo	550 m	Es similar a 1000BaseLX pero compatible con fibra óptica multimodo, por lo que las distancias que alcanza son menores: por debajo de los 500 metros aproximadamente. También permite un único repetidor entre segmentos.
1000BaseLX	Fibra multimodo Fibra monomodo	550 m 2 a 10 km	La velocidad sigue siendo de 1000 Mbps, pero utilizando la fibra óptica como medio de transmisión. Cuando la fibra es multimodo se pueden llegar hasta los 550 m, pero con fibra monomodo se consigue llegar hasta los 2 km y, si la instalación es buena, superar esta distancia hasta llegar a los 10 km. Está definido en el estándar IEEE 802.3z. Se permite un único repetidor entre dos segmentos.

Tabla 2.6. Tabla de características técnicas de Ethernet a 10, a 100 y a 1000 Mbps.

## 4.2. Las colisiones en Ethernet

Cuando Ethernet pone una trama en el bus de la red, esta trama viaja por todo el bus para alcanzar a todas las estaciones que están conectadas a él porque cualquiera de ellas, algunas o todas pueden ser las destinatarias de la información que viaja en la trama.

Sin embargo, una trama no puede saltar a otra red. Se dice que la trama se circunscribe a su dominio de colisión, es decir, una trama solo puede colisionar con otra dentro de su dominio de colisión pues no puede traspasar esta frontera.

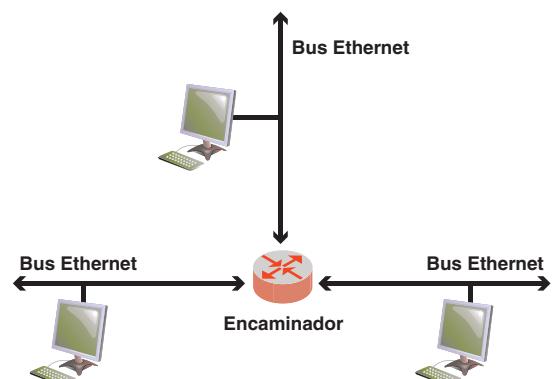


Fig. 2.12. Tres dominios de colisión definidos por tres buses Ethernet interconectados por un encaminador.

**Truco**

Cuando dos redes se van a interconectar mediante un enlace remoto, por ejemplo a través de una línea telefónica, es muy importante que los dominios de colisión de las dos redes queden aislados. Para ello, deberán configurarse los dispositivos de interconexión de las redes de modo que no traspasen las tramas de una red a otra indiscriminadamente. Solo deben pasar las estrictamente indispensables para lograr la funcionalidad de la red, de lo contrario nos encontraremos con una desgradable congestión de red en la línea telefónica.

**Investigación**

En la página web <http://www.une.edu.ve/~iramirez/telecom2/MediosLAN/Index.htm> puedes encontrar un tutorial de redes locales con una información muy completa sobre cómo se gestionan los dominios de colisión en redes conectadas por repetidores, concentradores y comutadores. Léete la parte del documento que corresponde a los dominios de colisión para investigar qué dispositivos de red son los más apropiados para evitar al máximo las colisiones.

**Actividades**

8. ¿Cuál es el nombre técnico del estándar Ethernet? ¿Qué ventajas tiene utilizar PoE para dispositivos de red de bajo consumo?
9. Haz una tabla de los estándares Ethernet más usuales que relacione sus nombres técnicos con algunas de sus características: cableado, velocidad, conectores, etc.
10. ¿Qué es una colisión Ethernet? ¿Y un dominio de colisión?

Cuando un nodo tiene que transmitir información a otro que está en un dominio de colisión distinto necesita acudir a los servicios de otros dispositivos de red intermedios como puentes o enruteadores (Fig. 2.12). Estos dispositivos separan los dominios de colisión y son los encargados de ampliar la red de área local con otros dominios de colisión, cada uno de los cuales se comporta como una red de área local completa. Frecuentemente a estos dominios de colisión se les denomina segmentos de red.

Los protocolos de red que funcionan con direcciones de destino de tipo multidifusión, es decir, con más de un destinatario, pueden producir tormentas de difusión, en donde se generan avalanchas de tramas que pueden colapsar la red. En estos casos es muy importante que los dominios de colisión estén perfectamente acotados. Así, si se produce una tormenta de difusión, quedará confinada a ese segmento de red y el problema no afectará a otros segmentos. Los dispositivos de red de alto nivel incorporan protocolos de gestión y encaminamiento de la multidifusión.

Esto reviste especial importancia si el paso de un segmento a otros se hace a través de una red de baja velocidad: si toda la multidifusión tuviera que pasar por esta red de baja velocidad, todas las comunicaciones quedarían probablemente colapsadas.

### 4.3. Tecnología Power over Ethernet

*Power over Ethernet* o abreviadamente PoE es un estándar definido en la norma IEEE 802.3af que permite suministrar energía eléctrica a un dispositivo de red a través del cable de datos de la conexión Ethernet. El consumo del dispositivo alimentado debe ser muy reducido, pero puede ser suficiente para alimentar por ejemplo una cámara web, que no necesitaría de una fuente de alimentación alternativa, proporcionándole una mayor independencia y flexibilidad en su instalación.

PoE especifica dos tipos de dispositivos:

- a) **PSE (Power Sourcing Equipment):** es el dispositivo que suministra la energía, por ejemplo un puerto de un comutador con tecnología PoE.
- b) **PD (Powered Device):** es el dispositivo que es alimentado por el PSE, por ejemplo, la cámara web PoE.

La instalación de dispositivos PoE requiere sistemas de cableado de par de cobre con categoría 5 o superior. La corriente eléctrica puede suministrarse por alguno de los pares no utilizados o por alguno de los pares que también lleven datos.

La mayor parte de los comutadores modernos incorporan PoE, pero en los casos en que no se disponga de esta tecnología es posible incorporar al puerto del comutador un dispositivo PoE (adaptador PoE) que tiene dos entradas y una salida (Fig. 2.13).

Las dos entradas son una entrada Ethernet (no PoE, que se conecta mediante un latiguillo al puerto del comutador) y una de corriente. La salida es un conector Ethernet PoE que suministra los datos procedentes del comutador y además la corriente eléctrica que toma de la fuente de alimentación del adaptador PoE.



Fig. 2.13. Comutador PoE (arriba) y adaptador PoE (abajo) para comutadores no PoE (vista anterior y posterior)

## 5. El cableado de red

Fuera del ámbito doméstico, la instalación de un sistema de cableado para una corporación exige la realización de un proyecto en el que han de tenerse en cuenta los recursos disponibles, procedimientos, calendarios de ejecución, costes, documentación, etc.

### 5.1. El proyecto de instalación

La instalación consiste en la ejecución ordenada, según las directrices del proyecto de instalación de un conjunto de tareas que revierten en proporcionar el servicio que necesitaba el cliente que solicitó la instalación.

Algunas de estas tareas se pueden superponer en el tiempo y habrá que tener esto en cuenta al confeccionar el calendario de instalación. A continuación describimos algunas de estas tareas:

- **Instalación de las tomas de corriente.** Esta tarea suele realizarla un electricista, pero desde el punto de vista del proyecto debemos asegurarnos de que hay suficientes tomas de corriente para alimentar todos los equipos de comunicaciones.
- **Instalación de rosetas y jacks.** Es la instalación de los puntos de red finales desde los que se conectarán los equipos de comunicaciones sirviéndose de latiguillos. La mayor parte de estas conexiones residirán en canaletas o en armarios de cableado.
- **Tendido de los cables.** Se trata de medir la distancia que debe recorrer cada cable y añadirle una longitud prudente que nos permita trabajar cómodamente con él antes de cortarlo. Debemos asegurarnos de que el cable que utilizaremos tenga la certificación necesaria.
- **Conectorización de los cables** en los patch panels y en las rosetas utilizando las herramientas de crimpado apropiadas. A esto se le denomina cross-connect.
- **Probado de los cables instalados.** Cada cable construido y conectorizado debe ser inmediatamente probado para asegurarse de que cumplirá correctamente su función.
- **Etiquetado y documentación del cable y conectores.** Todo cable debe ser etiquetado en ambos extremos, así como los conectores de patch panels y rosetas, de modo que queden identificados únicamente.
- **Instalación de los adaptadores de red.** Gran parte de los equipos informáticos vienen ya con la tarjeta de red instalada, pero esto no es así necesariamente.
- **Instalación de los dispositivos de red.** Se trata de instalar los concentradores, commutadores, puentes y encaminadores. Algunos de estos dispositivos deben ser configurados antes de prestar sus servicios.
- **Configuración del software** de red en clientes y servidores de la red.



#### Seguridad

Para trabajar con seguridad hay que tener en cuenta las normativas laborales de seguridad en el trabajo. En cuanto a la operación eléctrica ha de cuidarse:

- No trabajar con dispositivos encendidos que estén con la carcasa abierta.
- Utilizar los instrumentos de medida adecuados a las características de las señales con las que se trabaja: no es lo mismo medir los 5 voltios en un componente electrónico que los 220 voltios de fuerza en la red eléctrica.
- Conectar a tierra todos los equipamientos de la red.
- No perforar ni dañar ninguna línea tanto de fuerza como de datos o de voz.

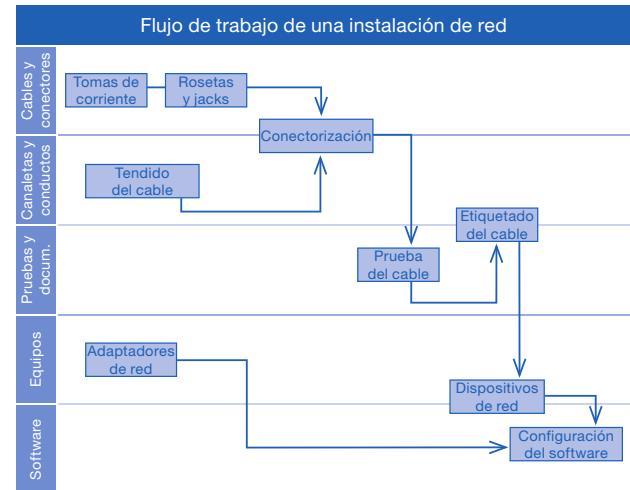


Fig. 2.14. Flujo de trabajo de los procesos de una instalación de red.



#### Claves y consejos

En la realización del proyecto de instalación es muy importante respetar el plazo previsto en cada tarea, sobre todo porque es muy probable que la instalación tenga que coordinarse con la actividad de muchos otros profesionales: electricistas, albañiles, instaladores de aire acondicionado, etc.

**A****Vocabulario**

**Una «U»:** es la medida estandarizada de las bandejas de un rack o armario. Es la abreviatura de *Rack Unit*. Equivale a una altura en armario de 1,75 pulgadas (44,45 mm). En cada «U» se incluyen en las paredes del rack tres tornillos de fijación.

**Claves y consejos**

Al diseñar el tendido de la instalación hay que tener en cuenta que muy probablemente el tendido de red no será el único que deba ir por los falsos suelos o techos y que, por tanto, la instalación de red puede entrar en conflicto con otras instalaciones. Hay que poner especial cuidado en que los cables de datos estén alejados de motores eléctricos, aparatos de aire acondicionado o líneas de fuerza.

**5.2. Elementos de la instalación**

La instalación de la red no solo se compone de cables y conectores. Estos deben ser fijados a las instalaciones arquitectónicas de los edificios y además hay que hacerlos convivir con instalaciones de otra naturaleza que probablemente ya hayan sido tendidas con anterioridad: agua, fuerza eléctrica, aire acondicionado, etc.

**A. Armarios y canaletas**

En instalaciones de tipo medio o grande, los equipos de comunicaciones se instalan en armarios especiales que tienen unas dimensiones estandarizadas y en los que es fácil su manipulación y la fijación de los cables que a ellos se conectan. Dentro de estos armarios o racks se instalan bandejas de soporte o *patch panels* para la conexión de jacks o de otro tipo de conectores. La anchura de los racks está normalizada a 19 pulgadas. En la Fig. 2.15 podemos ver un diagrama ejemplo de uno de estos armarios.

La altura de los armarios suele medirse en «U». Por ejemplo, el armario de la figura anterior media 42 «U». Los fabricantes de dispositivos suelen ajustar sus equipos para que se puedan ensamblar en estos armarios ocupando 1, 2 o más «U».

La mayoría de los racks que pueblan los centros de procesos de datos tienen una altura de 42 U (aproximadamente 1,8 metros).

Las canaletas son los conductos a través de los cuales se tienden los cables para que queden recogidos y protegidos convenientemente. Hay canaletas decorativas, de aspecto más acabado cuya misión es ocultar los cables, y canaletas acanaladas que suelen instalarse en los falsos techos o falsos suelos y que son suficientemente grandes como para llevar muchos cables. Las canalizaciones de datos y de fuerza suelen estar separadas para evitar interferencias.

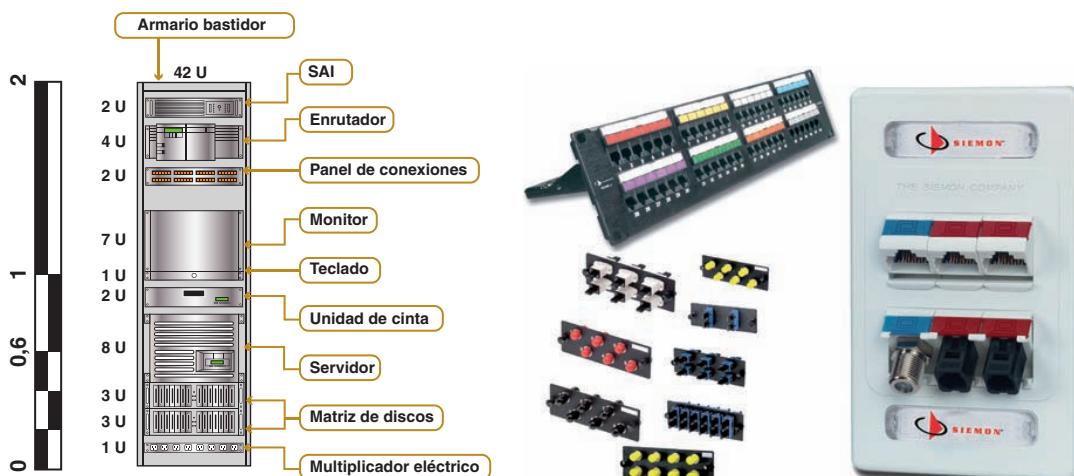


Fig. 2.15. Esquema de un armario. A la izquierda se ha representado una escala en metros.

Fig. 2.16. Diversos modelos de elementos de conexión en armarios y canaletas. A la izquierda y arriba: bandeja de conexiones sobre la que se insertan los módulos de conectorización, que aparecen debajo. A la derecha, roseta de conexiones de múltiples servicios o usuarios, también denominado MUTOA (Multi-User Telecommunications Outlet Assembly).

**B. Suelos y techos técnicos**

Las canalizaciones tendidas por suelos y techos técnicos mejoran la limpieza de la instalación haciéndola además mucho más estética.

Existen rosetas especiales para extraer de los falsos suelos tanto datos como fuerza, pero en el diseño hay que poner cuidado para que no estorben al paso y para que queden protegidas con el fin de evitar su deterioro.

Los cables llegan a los armarios a través de los falsos suelos justo por debajo de ellos, lo que ayuda a la limpieza de la instalación. Los distintos cables avanzan ordenadamente, normalmente embriddados, por los vértices del armario hasta alcanzar la altura a la que deben ser conectados en algún dispositivo o en algún *patch panel*.

### 5.3. La instalación eléctrica y de aire acondicionado

Es muy importante que la instalación eléctrica esté muy bien hecha. De no ser así, se corren riesgos importantes, incluso de electrocución. Los problemas eléctricos suelen generar problemas intermitentes muy difíciles de diagnosticar y provocan deterioros importantes en los dispositivos de red.

Todos los dispositivos de red deben estar conectados a enchufes con tierra. Las carcasa de estos dispositivos, los armarios, las canaletas mecánicas, etc., también deben ser **conectados a tierra**.

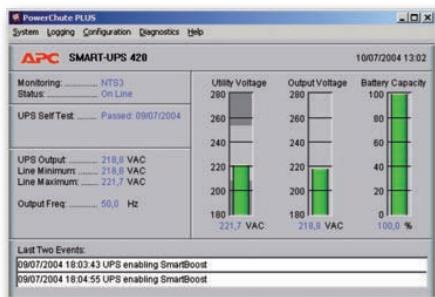
Toda la instalación debe estar a su vez conectada a la tierra del edificio. Por tanto, habrá que comprobar que el número de picas de tierra que posee es suficiente para lograr una tierra aceptable.

Otro problema importante que hay que resolver viene originado por los cortes de corriente o las subidas y bajadas de tensión. Para ello podemos utilizar sistemas de alimentación ininterrumpida.

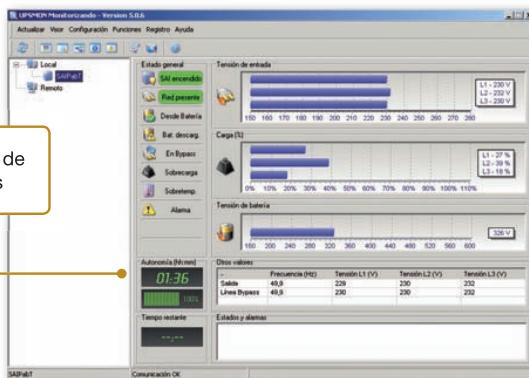
Normalmente, los sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI) corrigen todas las deficiencias de la corriente eléctrica, es decir, actúan de estabilizadores, garantizan el flujo eléctrico adecuado, etc.

El SAI contiene en su interior unos acumuladores que se cargan en el régimen normal de funcionamiento. En caso de corte de corriente, los acumuladores producen la energía eléctrica que permite guardar los datos que tuvieron abiertas las aplicaciones de los usuarios y cerrar ordenadamente los sistemas operativos. Si además queremos no tener que parar, hay que instalar grupos electrógenos u otros generadores de corriente conectados a nuestra red eléctrica.

Puerto serie de comunicación con un módem o terminal serie por el que el SAI avisará en caso de problemas



Autonomía de las baterías

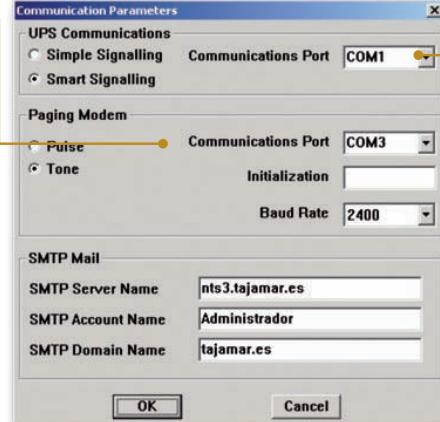


A

#### Vocabulario

**Toma a tierra:** en electricidad, es la conexión al nivel de referencia de cero voltios. Las instalaciones de edificios bien construidos incorporan un sistema de cableado subterráneo (picas de tierra) en contacto con el subsuelo del edificio que se toma como el nivel de cero voltios. Todos los dispositivos eléctricos o electrónicos de la instalación del edificio, entre ellos las mallas de los cables STP y las carcasa de los dispositivos de red y racks, deben estar conectados a estas picas de tierra.

Puerto serie de comunicación con el SAI



A

#### Ampliación

La instalación de aire acondicionado debe ser limpia. En los lugares críticos, debe ser redundante, de modo que si alguna consola de aire acondicionado fallara, el resto pueda suplir sus funciones. Además, en caso de rotura de las conducciones o de las consolas, los equipos informáticos no deben verse afectados por flujos de agua.

La temperatura y humedad deben controlarse continuamente y de modo automático mediante termostatos e higrómetros. La mayor parte de los ordenadores actuales incorporan de serie un conjunto de controles internos de temperatura que hacen disparar alarmas en caso de calentamiento de CPU, discos, etc.

Fig. 2.17. Parámetros configurables en una estación para el gobierno de un SAI. Arriba, ejemplo de un SAI controlado a través de un puerto serie. Abajo, un SAI que se controla a través de la red de área local.



**Fig. 2.18.** Elementos del cross-connect (arriba), patch panel y latiguillo de conexión (abajo).

## A

### Vocabulario

**Cross-connect:** operación de interconexión mediante la cual en uno de los lados se sitúan las filas de pines de conexión semejantes a los jacks RJ45, mientras que en el lado opuesto se sitúan las equivalentes filas de conectores. Sobre estos conectores se enchufan los latiguillos que no son más que cables de conexión que actúan de puente entre dos elementos de conexión.



**Fig. 2.19.** Elementos que componen una roseta RJ45.

## Truco

Para fijar los filamentos a los contactos debe pelarse la protección del cable para separar cada uno de ellos, que a su vez estarán recubiertos por material plástico. Este material plástico nunca debe quitarse: las cuchillas del contacto perforarán este recubrimiento en el procedimiento de crimpado. La norma especifica que debe descubrirse menos de 1,25 cm de filamentos que deberán destrenzarse.

Los servidores pueden comunicarse con un SAI a través de alguno de sus puertos de comunicaciones, de modo que el SAI informa al servidor de las incidencias que observa en la corriente eléctrica. En la Fig. 2.17 se pueden observar algunos de los parámetros que se pueden configurar en un ordenador para el gobierno del SAI. Windows, por ejemplo, lleva ya preconfigurados una lista de SAI de los principales fabricantes con objeto de facilitar lo más posible la utilización de estos útiles dispositivos. Otra necesidad muy importante en una instalación informática es el control de la temperatura y la humedad del ambiente en que se sitúan los ordenadores y otros dispositivos de red. La regulación de estos parámetros se realiza mediante la instalación de aire acondicionado. Esto reviste una especial importancia en los centros de procesos de datos.

## 5.4. Elementos de conectividad

Una vez que se tiene tendido el cable en el edificio hay que proceder a realizar las conexiones utilizando conectores, rosetas, latiguillos, etc.

### A. Patch panels y latiguillos

Un *patch panel* es un dispositivo de interconexión a través del cual los cables instalados se pueden conectar a otros dispositivos de red o a otros *patch panels*.

Sobre un armario se instalan *patch panels* que se conectan al cableado de la instalación por todo el edificio y otros *patch panels* que se conectan a los conectores de los dispositivos de red, por ejemplo a los *hubs* o *comutadores*.

Después, una multitud de latiguillos conectarán unos *patch panels* con los otros. De este modo, el cambio de configuración de cableado se realizará cambiando la conectividad del latiguillo sin tener que cambiar nada del cableado largo ni las conexiones a los dispositivos de red.

El cable largo instalado conectará las rosetas con los *patch panels*. Las rosetas (*outlets*) pueden adoptar multitud de formas dependiendo del lugar en que se fijen (canaleta, pared, etc.), del tipo de cable a conectar y del conector que el usuario utilizará. La roseta presenta un conector por un lado y una estructura de fijación de los cables de pares por su reverso, a la que serán crimpados. En la Fig. 2.19 podemos ver los distintos elementos que componen una roseta RJ45.

### B. Conexiones a rosetas RJ45

En redes de área local sobre cables UTP deben utilizarse conectores RJ45. De los cuatro pares del cable UTP, la red solo utilizará dos de ellos. Los otros dos pueden utilizarse para telefonía o alguna otra aplicación de telecomunicaciones.

Estos cables se construyen de acuerdo con la norma T568A o la T568B. Los fabricantes de cables UTP los fabrican de acuerdo con un código de colores que tiene que respetarse porque el conector debe crimparse de acuerdo con este código.

Si se observa una roseta por detrás descubriremos que tiene 8 pines o contactos. Algunas incorporan un pin más para la conexión a tierra de la protección del cable (por ejemplo en los cables STP).

Cada filamento de los cuatro pares del UTP debe ir a uno de estos contactos. En la Tabla 2.7 se especifica la relación de pines y colores asociados al filamento.

### C. Confección de latiguillos RJ45

Las estaciones de la red se conectan a los dispositivos de red a través de cables construidos con el código de colores y contactos de la tabla anterior en ambos extremos. El cable se confecciona de modo semejante a la conexión a la roseta aunque deberemos cambiar la herramienta que ahora tendrá forma de alicate.

En el conector RJ45 los pines deben leerse con la pestaña del conector hacia abajo, de modo que en esa posición el pin número uno queda a la izquierda.

Sin embargo, cuando se quieren conectar dos ordenadores directamente por sus tarjetas de red sin ningún dispositivo intermedio se tiene que utilizar un cable cruzado, que altera el orden de los pares para que lo que es recepción en un extremo sea emisión en el otro y viceversa. En la Fig. 2.20 se puede ver un ejemplo de construcción de estos dos modelos de cables. En un cable directo, los dos conectores del cable se hacen idénticos, sin embargo en el cable cruzado uno de los extremos se hace como directo y el otro como cruzado.

La asociación de contactos del conector RJ45 con los códigos de colores del cable UTP cruzado sería la expresada en la Tabla 2.8.

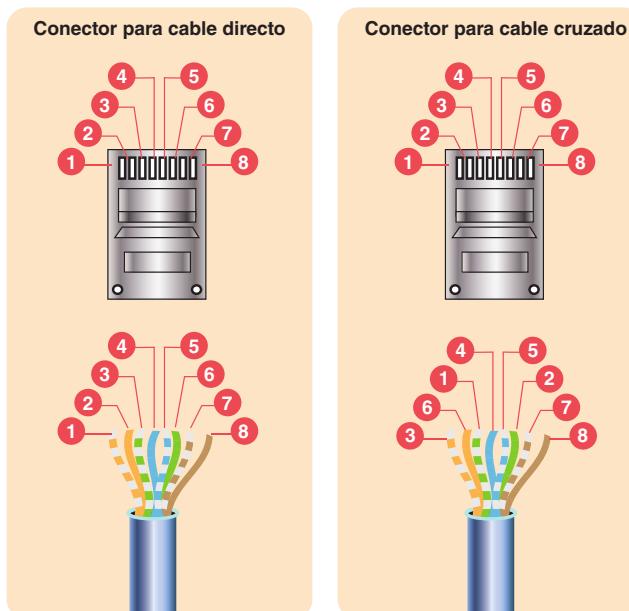


Fig. 2.20. Cable UTP normal y cruzado.



#### Laboratorio

##### Construcción de un cable UTP

La conexión de un ordenador a la red mediante UTP se realiza a través de un latiguillo con dos conectores RJ45. El cable se compone de cuatro pares codificados con ciertos colores. Buscar en Internet el modo de realización del cable y, dotados de las herramientas adecuadas, construirlo. Probar su funcionamiento conectando un nodo a un *hub* utilizando este latiguillo. Se puede conseguir información sobre la construcción del cable en las direcciones siguientes:

- [http://www.coloredhome.com/cable\\_cruzado/cable\\_cruzado.htm](http://www.coloredhome.com/cable_cruzado/cable_cruzado.htm)
- <http://www.euskalnet.net/shizuka/cat5.htm>

• [http://www.ertyu.org/steven\\_nikkel/ethernetcables.html](http://www.ertyu.org/steven_nikkel/ethernetcables.html)

También se puede probar a buscar la voz «cómo hacer cable UTP» en los buscadores de Internet o en Wikipedia.

##### Construcción de un cable UTP cruzado

Se trata de construir un cable semejante al del ejercicio anterior pero cruzado. Este cable permite la conexión de dos nodos de la red directamente sin necesidad de un *hub* intermedio. Básicamente su construcción difiere de la del cable UTP normal en que deben cruzarse la recepción de un extremo con la transmisión del otro.

Contacto	Color (T568B)
1	Blanco/naranja
2	Naranja
3	Blanco/verde
4	Azul
5	Blanco/azul
6	Verde
7	Blanco/marrón
8	Marrón

Tabla 2.7. Asociación de pines y colores para el conector RJ45.

Contacto	Color (T568B)
1	Blanco/verde
2	Verde
3	Blanco/naranja
4	Azul
5	Blanco/azul
6	Naranja
7	Blanco/marrón
8	Marrón

Tabla 2.8. Asociación de pines y colores para el conector RJ45 en el caso de un cable cruzado.



#### Investigación

En la dirección [http://www.gobcan.es/educacion/conocernos\\_mejor/paginas/montaje.htm](http://www.gobcan.es/educacion/conocernos_mejor/paginas/montaje.htm) tienes un buen documento gráfico de cómo utilizar los distintos elementos de conexión de un sistema de cableado estructurado. Lee atentamente el documento para que tengas una buena referencia de actuación posterior en el laboratorio.

### D. Etiquetado de los cables

La norma EIA/TIA-606 especifica que cada terminación de hardware debe tener alguna etiqueta que lo identifique de manera exclusiva. Un cable tiene dos terminadores, por tanto cada uno de estos extremos recibirá un nombre.

No es recomendable la utilización de un sistema de etiquetado con relación a un momento concreto, es mejor utilizar nomenclaturas neutras. Por ejemplo, si etiquetamos un PC como «PC de Dirección», y luego el lugar del edificio en donde se ubica la Dirección cambia, tendríamos que cambiar también el etiquetado. Por ello se debe intentar que el etiquetado sea fijo.

Se recomienda la utilización de etiquetas que incluyan un identificador de sala y un identificador de conector, así sabremos todo sobre el cable: dónde empieza y dónde acaba (Fig. 2.21). Por ejemplo, podríamos etiquetar un cable con el siguiente identificador: **03RS02-05RS24**.

Este cable indicaría que está tendido desde la roseta (RS) número 02 de la sala 03 hasta la roseta 24 de la sala 05.

Las rosetas en las salas 03 y 05 irían etiquetadas con 03RS02 y 05RS24 respectivamente.

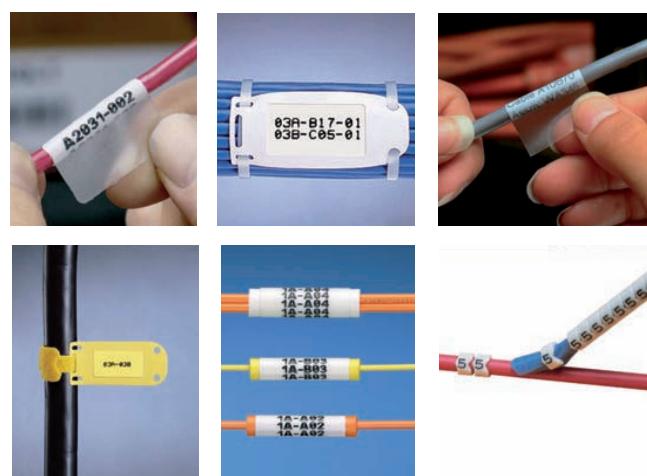


Fig. 2.21. Algunos modelos de etiquetas para cables.

#### Actividades

11. ¿Cuáles son las precauciones básicas que debe tomar el instalador de redes para evitar accidentes laborales?
12. ¿Cuáles son las tareas básicas en un proyecto de instalación de red?
13. ¿Qué es una «U» en un armario de comunicaciones?
14. ¿Cuál es el código de colores para la conectorización de un conector RJ45 según la norma T568B?
15. ¿Cuál es la norma que rige el etiquetado de los cables de comunicaciones en una instalación de red?
16. Utiliza una aplicación de gráficos para construir un croquis aproximado de una hipotética oficina de varias estancias. Elige una de ellas para situar un armario de comunicaciones. En el resto de estancias, diseña una distribución de mesas de trabajo para los oficinistas. Dibuja los cables de conexión de estos puestos con el armario, en donde se situaría un conmutador. Despues numera las estancias y etiqueta cada uno de los cables.

## ● 6. Cableado estructurado y certificado

Los cambios que se deben realizar en las instalaciones de red, especialmente en su cableado, son frecuentes debido a la evolución de los equipos y a las necesidades de los usuarios de la red. Esto nos lleva a tener en cuenta otro factor importante: la flexibilidad.

### ● 6.1. Estructuración del cable

Un sistema de cableado bien diseñado debe tener al menos estas dos cualidades: seguridad y flexibilidad. A estos parámetros se le pueden añadir otros, menos exigentes desde el punto de vista del diseño de la red, como son el coste económico, la facilidad de instalación, etc.

La estructuración del cable se consigue construyendo módulos independientes que segmenten la red completa en subsistemas de red, independientes pero integrados, de forma que un subsistema queda limitado por el siguiente subsistema. Estos subsistemas siguen una organización jerarquizada por niveles desde el sistema principal hasta el último de los subsistemas.

Podemos concluir que el cableado estructurado es una técnica que permite cambiar, identificar, mover periféricos o equipos de una red con flexibilidad y sencillez. Según esta definición, una solución de cableado estructurado debe tener dos características: modularidad, que sirve para construir arquitecturas de red de mayor tamaño sin incrementar la complejidad del sistema, y flexibilidad, que permite el crecimiento no traumático de la red.



#### Vocabulario

**Cableado estructurado:** es el sistema colectivo de cables, canalizaciones, conectores, etiquetas, espacios y demás dispositivos que deben ser instalados para establecer una infraestructura de telecomunicaciones genérica en un edificio o campus. La instalación de estos elementos debe respetar los estándares previstos para que un despliegue de cableado se pueda calificar como de cableado estructurado.



#### CEO

S M R \_ R L \_ A A b a d \_ 0 2 \_ N e c e s i d a d \_ C a b l e a d o \_ E s t r u c t u r a d o . d o c x

Documento que contiene información sobre los factores de conveniencia del cableado estructurado.

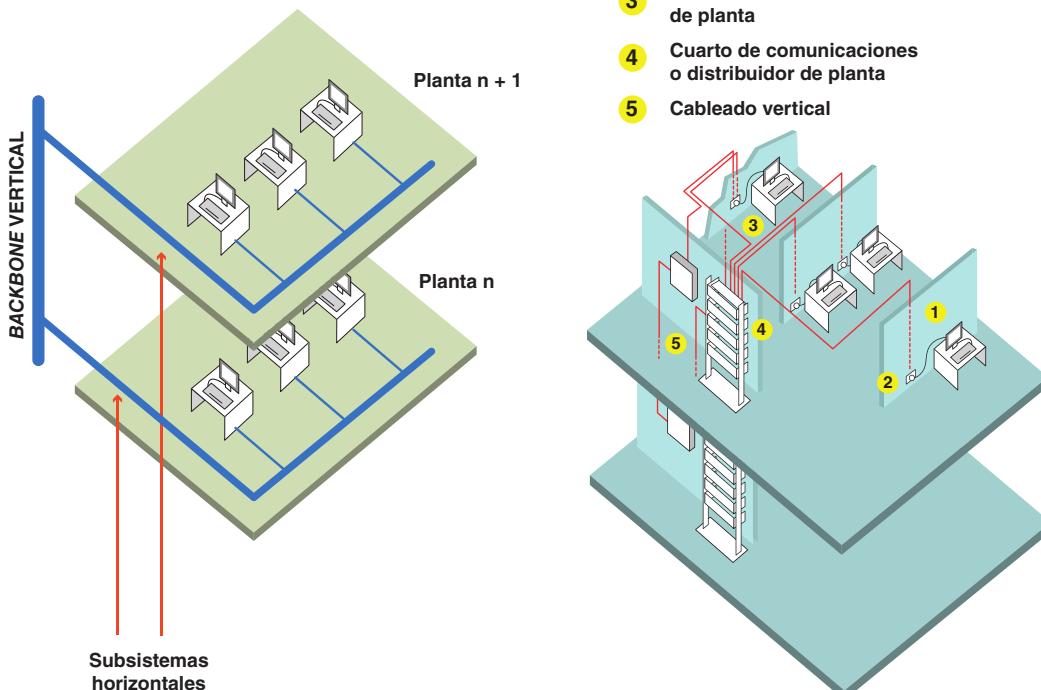


Fig. 2.22. Cableado estructurado vertical y horizontal en dos plantas de un edificio.



### Claves y consejos

Aunque no es estrictamente indispensable, se recomienda un cuarto de comunicaciones por cada planta.



### Investigación

Conéctate a la página <http://platea.pntic.mec.es/~lmarti2/cableado.htm> para ampliar conocimientos sobre las condiciones de instalación de los cuartos de comunicaciones.

En la dirección [http://www.ngsoft.es/cable\\_estruc.htm](http://www.ngsoft.es/cable_estruc.htm) tienes un buen resumen de las tecnologías implicadas en la estructuración del cable.



### Ampliación

La especificación de cableado estructurado para cableado UTP exige que los cables no superen los 90 m de longitud, teniendo en cuenta que se pueden añadir 10 m más para los latiguillos inicial y final, de modo que el canal de principio a fin no supere los 100 m, que es la distancia permitida por los cables UTP de categoría 5e. También se especifican, por ejemplo, las distancias que hay que dejar alrededor de los armarios para que se pueda trabajar cómodamente en ellos.

Los estándares más comunes sobre cableado estructurado son en ANSI/TIA/EIA-568 y ANSI/TIA/EIA-569. Los armarios y distribuidores deben cumplir el estándar ANSI/EIA-310.

Partiendo del subsistema de más bajo nivel jerárquico tenemos la siguiente organización:

- **Localización de cada puesto de trabajo.** A cada puesto deben poder llegar todos los posibles medios de transmisión de la señal que requiera cada equipamiento: UTP, STP, fibra óptica, cables para el uso de transceptores y baluns, etc.
- **Subsistema horizontal o de planta.** Es recomendable la instalación de una canaleta o un subsuelo por el que llevar los sistemas de cableado a cada puesto. Las exigencias de ancho de banda pueden requerir el uso de dispositivos especiales para conmutar paquetes de red, o concentrar y repartir el cableado en estrella.
- **Subsistema distribuidor o administrador.** Aquí podemos incluir los racks, los distribuidores de red con sus latiguillos, etc.
- **Subsistema vertical o backbone.** Este subsistema está encargado de comunicar todos los subsistemas horizontales, por lo que requiere de medios de transmisión de señal con un ancho de banda elevado y de elevada protección.

Los *backbones* más modernos se construyen con tecnología ATM, redes FDDI o Gigabit Ethernet. Este tipo de comunicaciones es ideal para su uso en instalaciones que requieran de aplicaciones multimedia.

- **Subsistema de campus.** Extiende la red de área local al entorno de varios edificios, por lo tanto, en cuanto a su extensión se parece a una red MAN, pero mantiene toda la funcionalidad de una red de área local. El medio de transmisión utilizado con mayor frecuencia es la fibra óptica con topología de doble anillo.
- **Cuartos de entrada de servicios, telecomunicaciones y equipos.** Son los lugares apropiados para recoger las entradas de los servicios externos a la organización (líneas telefónicas, accesos a Internet, recepción de TV por cable o satélite, etc.), la instalación de la maquinaria de comunicaciones y para los equipamientos informáticos centralizados.

En algunas organizaciones existen los tres tipos de espacios, en otras el cuarto de equipos incluye al de telecomunicaciones y el de entrada de servicios es sustituido por un armario receptor.

Esta clasificación jerárquica de subsistemas de cableado estructurado no es inflexible. Incluso las denominaciones de cada subsistema pueden variar de unos textos técnicos a otros.

A la hora de diseñar una instalación, lo importante es estructurar los subsistemas para poder documentarlos correctamente y facilitar las ampliaciones o modificaciones de cualquier elemento del cableado.



### Laboratorio

#### Identificación de una instalación de cableado estructurado

En la práctica profesional, frecuentemente hay que actuar sobre instalaciones que ya están en producción. Antes de actuar sobre el cableado hay que tener unos planos de la instalación o, al menos, hacerse cargo de cómo es la instalación actualmente. Para ello hay que identificar los elementos actuales de la red y posicionarlos sobre un croquis.

En la instalación real utilizada en ejercicios anteriores, identificar ahora los elementos que componen el cableado estructurado. Organizar la hoja de cálculo de inventario utilizando como criterio clasificador los diversos subsistemas de cableado estructurado. Seguidamente, sobre un croquis del lugar donde está la instalación de red, trazar las líneas de comunicaciones y adjuntarlo al inventario: este será el inicio de una carpeta de documentación sobre la instalación, que se irá completando con el tiempo.

## 6.2. Certificación de la instalación

El correcto funcionamiento del sistema de cableado es tan importante que en muchas instalaciones se exige la certificación de cada uno de los cables, es decir, se compara la calidad de cada cable con unos patrones de referencia propuestos por un estándar. En el caso de los cables de cobre, la norma comúnmente utilizada es la ANSI/TIA/EIA-TSB-67 del año 1995, la norma EIA/TIA 568 y su equivalente norma ISO IS11801.

La certificación de una instalación significa que todos los cables que la componen cumplen con esos patrones de referencia y, por tanto, se tiene la garantía de que cumplirán con las exigencias para las que fueron diseñados.

A modo de ejemplo, los parámetros comúnmente probados para los cables UTP de categoría 5 y clase D son el mapa de cableado, la longitud del segmento que no debe superar los 90 metros, la atenuación de la línea y el NEXT (Near-End Crosstalk) que proporciona una medida de la autoinducción electromagnética de unas líneas en otras.

Las consideraciones del EIA/TIA 568 especifican los siguientes elementos:

- Requerimientos mínimos para el cableado de telecomunicaciones.
- Topología de la red y distancias máximas recomendadas.
- Parámetros determinantes del rendimiento.

En esta norma se incluyen otras como la TSB36A que determina las características de los cables de pares trenzados de 100 ohmios, la norma TSB40A que indica las características de los conectores RJ45 y sus conexiones, o la norma TSB53 que especifica los cables blindados de 150 ohmios y sus conectores.



**Fig. 2.23.** Vista de un cuarto de comunicaciones instalado con cableado estructurado y certificado.



### Laboratorio

#### Certificación de cables

Utilizar un dispositivo certificador de cables para comprobar el buen estado de algunos cables. Para ello hay que seguir las indicaciones que el fabricante del dispositivo nos proporcionará en el manual de operación o de usuario. Se sugiere la certificación de la instalación del aula, pero si no es posible se tendrán que confeccionar nuevos cables para su comprobación.

La organización internacional TIA/EIA contempla un conjunto de estándares para el cableado estructurado, que se exponen en la Tabla 2.9.

Estándar	Descripción
TIA/EIA-568-B.1	Estándar con requisitos generales para el cableado de telecomunicaciones en edificios comerciales.
TIA/EIA-568-B.2	Componentes de cableado de par trenzado.
TIA/EIA-568-B.3	Componentes de cableado de fibra óptica.
TIA/EIA-568-B	Estándares de cableado.
TIA/EIA-569-A	Estándares sobre recorridos y espacios de telecomunicaciones para edificios comerciales.
TIA/EIA-570-A	Estándar para el cableado de comunicaciones en zonas residenciales y pequeño comercio.
TIA/EIA-606	Estándar de administración de la infraestructura de telecomunicaciones en edificios comerciales.
TIA/EIA-607	Especificación de requisitos de conexión a tierra.

Tabla 2.9. Estándares para cableado estructurado de la TIA/EIA.

### O A. Dispositivos certificadores



Fig. 2.24. Ejemplos comerciales de instrumentos utilizados en la certificación del cableado. En la parte inferior, gráfico ilustrativo de la medida del parámetro NEXT.

La certificación del cable se realiza con una maquinaria especial que realiza los tests apropiados de manera automática o semiautomática. Existen cuatro tipos de instrumentos para la medición de parámetros de redes que en orden creciente de complejidad son los siguientes: comprobadores de continuidad del cable, verificadores de cables, instrumentos de verificación/certificación y analizadores de redes.

Los fabricantes de estos dispositivos proporcionan en sus manuales los modos de operación correctos para efectuar todas las medidas. Aquí solo mencionaremos algunas generalidades. Los aparatos de medida se componen de dos dispositivos que normalmente se instalan uno al principio del cable (dispositivo activo) y otro al final (dispositivo pasivo) a modo de terminador.

El agente activo envía unas señales muy específicas por el cable a certificar y el pasivo devuelve estas señales para que sean leídas de nuevo por el dispositivo activo. En función de la diferencia entre lo que emitió y lo que ha recibido por los diferentes pares del cable el agente activo averigua los parámetros eléctricos del cable construido. Si se comparan estos valores con los de referencia especificados en las normativas, concluiremos si el cable es o no válido.



### Actividades

17. Cita los elementos que organizan una instalación construida con cableado estructurado.
18. ¿Qué instrumentos tiene a su disposición el instalador de red para hacer la certificación del cable?
19. Declara como verdaderas o falsas las afirmaciones siguientes:
  - a) El cableado vertical o de backbone siempre se tiende desde las plantas superiores a las inferiores o viceversa.
  - b) El subsistema de campus siempre se corresponde con una red MAN.
  - c) Los latiguillos de red pertenecen al cableado estructurado.
  - d) Los armarios de comunicaciones no pertenecen al cableado estructurado.
  - e) Un cable UTP no puede superar los 100 metros de extremos a extremo.
  - f) La máxima distancia permitida para un cable UTP es de 90 m sin contar los latiguillos de conexión en los extremos.
20. ¿Cuál es el estándar que especifica los componentes de cableado de par trenzado? ¿Y el de fibra óptica?



CEO

S M R \_ R L \_ A A b a d \_ 0 2 \_  
HerramientasProfesionales.docx

Documento que contiene información sobre los elementos, herramientas y conducciones para el cableado estructurado.

## 7. Instalación del Centro de Proceso de Datos

Muchas de las instalaciones de diversa naturaleza, no solo de red, pueden realizarse simultáneamente puesto que suelen ser profesionales distintos los que acometen cada parte de la instalación: electricistas, instaladores de cables y certificadores, aire acondicionado, etc.

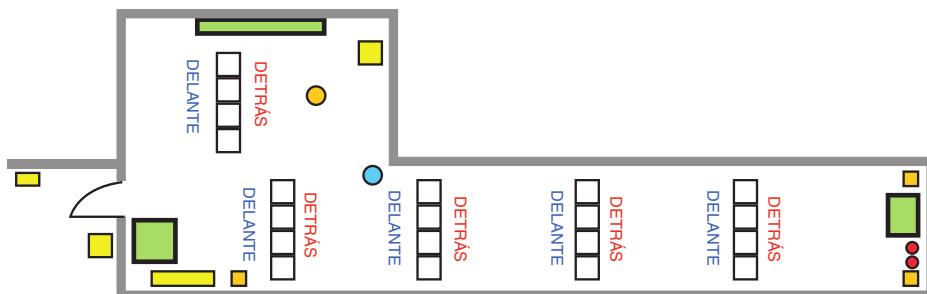
Una vez que las canalizaciones están instaladas y probadas comienza la instalación de servidores y dispositivos de red. A partir de ese momento se podrán empezar a probar los servicios de red antes de llegar al régimen de explotación.

En el Centro de Proceso de Datos (CPD) es muy importante cuidar la accesibilidad a los equipos de modo que se pueda actuar rápidamente en caso de cualquier avería. Además, las consolas de los servidores tienen que estar bien protegidas ya que quien tiene acceso a una consola podrá manipular fácilmente el servidor al que pertenece. Los lugares en los que se instalan servidores o que contienen puntos neurálgicos de las comunicaciones deben ser lugares de estancia cómoda aunque cerrados bajo llave: frecuentemente el acceso a estos lugares se realiza bajo la supervisión de algún sistema de control de presencia con tarjetas de bandas magnéticas, reconocimiento biométrico u otros sistemas de identificación especialmente seguros.



**Fig. 2.25.** Vista de las canalizaciones en la instalación inicial de un centro de proceso de datos.

El proceso de instalación de un CPD es muy delicado por la gran cantidad de tareas críticas que requiere, por lo que debe diseñarse con sumo cuidado y siempre ayudados de planos y una buena documentación (Fig. 2.26).



**Fig. 2.26.** Plano de instalación de armarios en un CPD.



### Claves y consejos

En el desembalaje de las máquinas es importante guardar en lugar seguro los manuales de usuario, CD de software, garantías de fabricación, información de contacto con el fabricante y cuantos documentos puedan ser útiles en el futuro.

También es prudente guardar algunos embalajes, no todos pero sí alguno de los dispositivos más comunes, porque muchos distribuidores proporcionan su servicio de garantía exigiendo el embalaje original antes de proceder a la sustitución de un equipo averiado.



### Claves y consejos

En la manipulación de cajas o elementos pesados conviene poner especial cuidado en derivar el esfuerzo en la flexión de las piernas y no en la columna vertebral o en la torsión del torso. La incorrecta manipulación es una gran fuente de bajas laborales y de lesiones articulares.



### Investigación

Frecuentemente las compañías que tienen unos CPD de cierto tamaño duplican los servicios del CPD en un centro de respaldo que se puede contratar con otra compañía. Si ocurre en el CPD una situación de catástrofe, el centro de respaldo atenderá todas las peticiones de los usuarios al conservar una copia de todos los servicios del CPD. Busca las voces «centro de proceso de datos» y «centro de respaldo» en Wikipedia para estudiar las características de estos dos tipos de alojamientos de servidores.

En la página [www.seguridadcpd.com](http://www.seguridadcpd.com) tienes la web de una compañía que ofrece servicios para los centros de procesos de datos. Fíjate en los servicios y productos que ofrece.

Debido a las necesidades de seguridad crecientes, cada vez se hace más importante un buen diseño del Centro de Proceso de Datos o CPD. Entre los factores que hay que tener en cuenta para este diseño están los siguientes:

- Aire acondicionado redundante.
- Doble acometida eléctrica: si fuera posible, de varias compañías suministradoras distintas.
- Redundancia en las comunicaciones con el exterior: cables de red, fibras ópticas, telefonía, etc. Si es posible, también de diferentes compañías.
- Montacargas, altura y anchura de puertas suficiente para introducir las máquinas que alojará el CPD.
- Seguridad de acceso controlada por puntos de presencia. Vigilancia. Alarmas. Seguridad contra incendios.
- Control de parámetros medioambientales: temperatura y humedad.
- Cuadros de distribución eléctrica independientes y seguros.
- Falsos suelos y techos.
- SAI y generadores de corriente.

Además, como el consumo energético de un CPD es muy elevado, hay que proponer maquinaria de bajo consumo eléctrico que genere menos calor y consiga un doble ahorro económico: menor consumo de energía eléctrica y menor consumo de aire acondicionado. La instalación debe ser muy limpia: el polvo es un enemigo muy importante de los equipos informáticos, que deberán ser limpiados periódicamente como parte de un plan de mantenimiento integral. El acceso a las instalaciones del CPD debe estar restringido a las personas que deban trabajar allí y, además, debe ser controlado automáticamente.



### Actividades

**21.** Declara como verdaderas o falsas las afirmaciones siguientes:

- a) El acceso al CPD debe ser siempre restringido.
- b) Deben certificarse todos los cables tendidos, pero no los latiguillos de red.
- c) El aire acondicionado de un CPD debe ser redundante.
- d) Es importante que el CPD se mantenga a una temperatura baja, pero no importa la humedad.
- e) Los cables deben llegar al CPD por falso suelo o por falso techo.
- f) Los equipos del CPD deben estar protegidos contra subidas de tensión.

**22.** Diseña una instalación sencilla de cableado estructurado. En primer lugar debes conseguir unos planos reales de una edificación. Sobre estos planos habrá que diseñar una instalación de red para dar servicio a la actividad de una oficina. Esta actividad comprende puestos ofimáticos, algunos servidores, impresoras de red por estancias y conexión a Internet. Se trata de diseñar el sistema de cableado estructurado que dé respuesta a estas actividades utilizando el plano: sitúa el cuarto de comunicaciones, los armar

rios, el cableado vertical si hay varias plantas, el cableado horizontal, las rosetas de cada puesto de trabajo, etc.

**23.** Sobre el plano utilizado en el ejercicio anterior se puede seguir trabajando para perfeccionar el diseño. Por ejemplo, de todos los planos conseguidos se puede elegir el que mejor se preste a una instalación más completa. En concreto, céntrate en lo siguiente:

- a) Estudia los planos exhaustivamente: muros principales y secundarios, patinillos, galerías, posibilidad de falso suelo o falso techo, etc.
- b) Lanza una hipótesis de informatización que mejore la propuesta inicial: qué espacios se van a informatizar y qué servicios se desean cubrir.
- c) Realiza una propuesta de cableado estructurado en donde lo más importante será decidir dónde instalar el centro de proceso de datos o el cuarto de instalaciones, que tendrá que tener fácil acceso al exterior y a los sistemas de distribución interior.
- d) Realiza el cómputo de materiales necesarios para poder realizar un presupuesto económico de materiales utilizados.
- e) Confecciona una carpeta de proyecto.

## 8. Gestión de residuos

La protección del medioambiente es una misión que corresponde a todos los ciudadanos, pero es una obligación muy especial para un profesional que tiene que trabajar habitualmente con materiales que pueden dañar el entorno medioambiental. Para mitigar el impacto no deseado de la actuación profesional se han habilitado las políticas de tratamiento de residuos.

Estas políticas, que suelen estar expresadas en forma de leyes o de directivas, para el caso de residuos electrónicos o eléctricos tienen como objetivo reducir la cantidad de residuos, la peligrosidad de sus componentes o fomentar la reutilización de los dispositivos de desecho. Para lograr estos objetivos se establecen unas normas que se aplican a la fabricación de los productos o bien a su correcta gestión ambiental cuando se conviertan en residuos.

Hay muchas categorías de RAEE además de los equipos informáticos como son electrodomésticos, aparatos electrónicos de consumo, dispositivos de alumbrado, herramientas, juguetes, aparatos médicos, instrumentos de vigilancia y control o máquinas expendedoras.

Para el caso de equipos de informática y telecomunicaciones se prevé la gestión de los siguientes RAEE:

- Grandes ordenadores. Miniordenadores. Unidades de impresión.
- Ordenadores personales o portátiles (incluyendo unidad central, ratón, pantalla y teclado), tanto en su versión de sobremesa como en sus formatos *notebook* o *notepad*.
- Impresoras, copiadoras, máquinas de escribir eléctricas o electrónicas.
- Calculadoras de mesa o bolsillo.
- Terminales de usuario, fax, télex, teléfonos, contestadores automáticos.
- Aparatos de telecomunicación, transmisión o audio.

La directiva 76/768/CEE de la Unión Europea ordena que los usuarios (consumidores finales) de RAEE utilizados en sus hogares deberán entregarlos, cuando se deshagan de ellos, para que sean gestionados correctamente. La entrega de los RAEE será sin coste alguno para el último poseedor y podrá realizarse en los puntos de recogida previstos en su área geográfica o, siempre que adquiera un aparato que sea equivalente o que realice las mismas funciones que el aparato que desea, en el comercio correspondiente.



**Fig. 2.27.** Punto limpio para recogida de RAEE. Foto J. Albadalejo, archivo del Ayuntamiento de Cartagena.

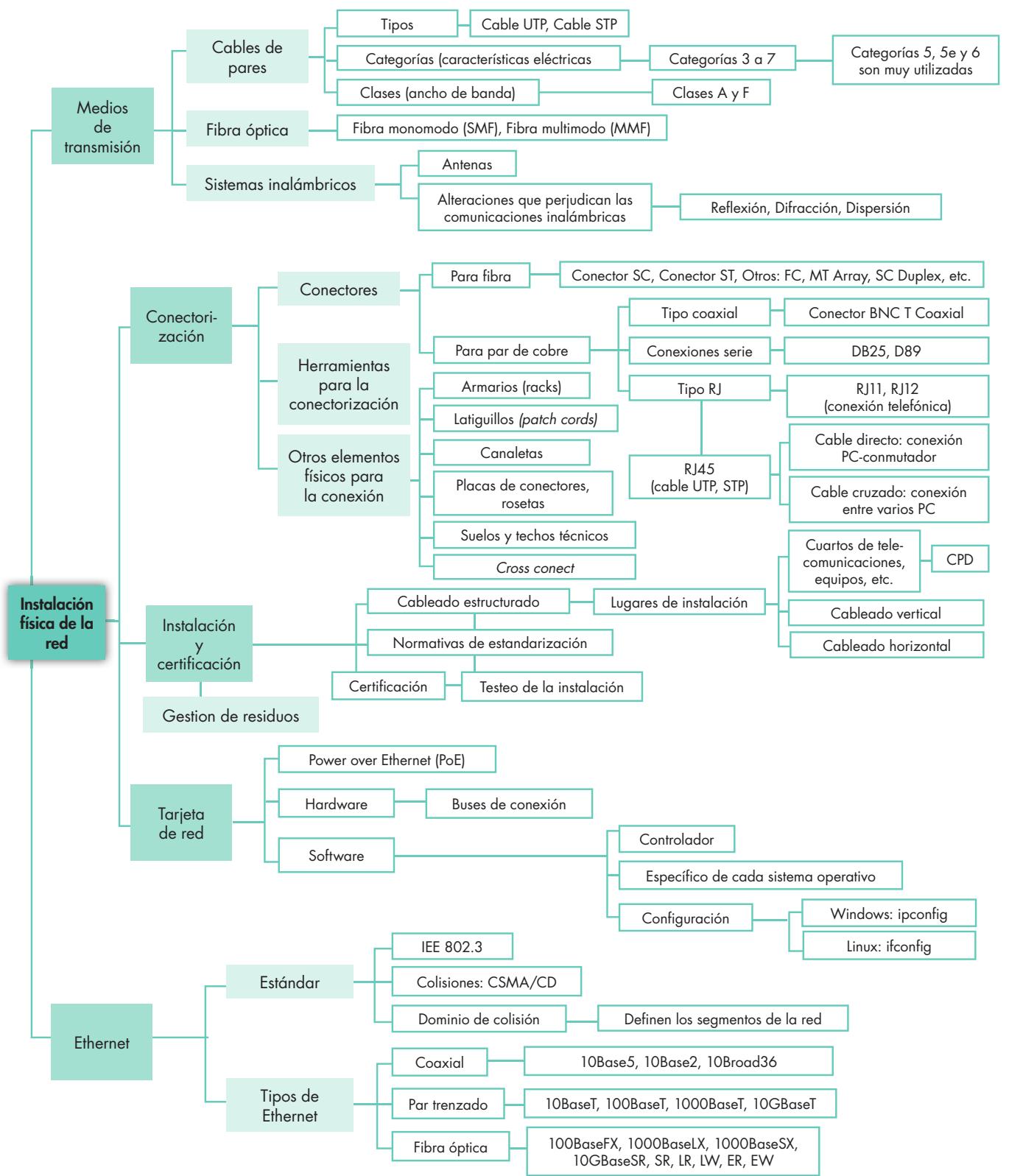


### Vocabulario

**RAEE:** siglas de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. Son los aparatos eléctricos o electrónicos, o sus componentes, al final de su vida útil.

Se considera un aparato eléctrico o electrónico todo aquel que para funcionar necesite corriente eléctrica o campos electromagnéticos, y se utiliza con una tensión nominal no superior a 1000 voltios en corriente alterna y 1500 voltios en corriente continua, además de los aparatos necesarios para generar, transmitir y medir tales corrientes y campos.

## Síntesis





## Test de repaso

**1.** Enlaza los siguientes elementos característicos de distintos tipos de cableado (la tercera columna tiene varias posibilidades):

a) UTP	1) Fibra óptica monomodo	i) Inmune a ruidos
b) STP	2) Par trenzado sin apantallar	ii) Categorías y clases
c) SMF	3) Fibra óptica multimodo	iii) RJ45
d) MMF	4) Par trenzado apantallado	iv) SC y ST

**2.** ¿Qué orden se utiliza para configurar la red en un sistema Linux?

- a) ipconfig.
- b) ifconfig.
- c) netconfig.
- d) net ip config.

**3.** Enlaza los siguientes elementos característicos de distintos tipos de redes (la tercera columna tiene varias posibilidades):

a) 10Base2	1) Fibra multimodo	i) 100 metros
b) 100BaseTX	2) Thin Ethernet	ii) 185 metros
c) 1000BaseTX	3) UTP de categoría 5	iii) 550 metros
d) 1000BaseSX	4) 4 pares UTP de categoría 5 o superior	

**4.** Las colisiones en Ethernet son gestionadas mediante el protocolo:

- a) Collision avoidance.
- b) CSMA/CA.
- c) IEEE 802.1.
- d) CSMA/CD.

**5.** Enlaza los siguientes elementos característicos sobre familias Ethernet:

1. FastEthernet	a. 10 Gbps	i. 10GBaseT
2. GigaEthernet	b. 100 Mbps	ii. 1000BaseT
3. 10GigaEthernet	c. 1000 Mbps	iii. 100BaseT

**6.** A continuación se citan algunas de las tareas necesarias para hacer una instalación de red, pero están desordenadas. Señálalas en el orden cronológico correcto de ejecución en una instalación real.

a) Diseño de la instalación.

b) Instalación de las tomas de corriente.

c) Etiquetado del cable y conectores.

d) Pruebas y tests de los cables.

e) Conectorización.

f) Configuración de la red en clientes y servidores.

g) Tendido del cableado.

**7.** Un SAI es un dispositivo electrónico que:

- a) Permite la comunicación de los dispositivos de red.
- b) Alimenta eléctricamente a los equipos de la red sin cortes de corriente.
- c) Cuyas siglas significan Sistema Automático de Interconexión.
- d) Convierte la corriente eléctrica alterna en continua.

**8.** Se desea construir un cable de red UTP cruzado y se hace de acuerdo con el código de colores que aparece representado más abajo para ambos extremos del cable. Se prueba el cable y no funciona. Descubre el error.

Contacto	Primer conector	Segundo conector
1	Blanco/naranja	Verde
2	Naranja	Blanco/verde
3	Blanco/verde	Blanco/naranja
4	Azul	Azul
5	Blanco/azul	Blanco/azul
6	Verde	Naranja
7	Blanco/marrón	Blanco/marrón
8	Marrón	Marrón

**9.** ¿Qué elemento de los siguientes no pertenece al cableado estructurado?

- a) Cableado vertical.
- b) Cableado horizontal.
- c) Cuarto de comunicaciones.
- d) Cuarto de administradores.

**10.** ¿Qué normativa regula aspectos de la administración del cableado como su etiquetado?

- a) EIA/TIA-606.
- b) TIA/EIA-568.
- c) IEEE 802.5.
- d) CPD.

Solución: 1: a-2-(ii) y (iii), b-4-(i), ii) y iii), c-1-(i) y iv), d-3-(i) y iv). 2: b. 3: a-2-ii, b-3-i, c-4-i, d-1-iii. 4: d. 5: a-2-iii, b-3-ii, c-1-i. 6: a, b, g, e, d, f. 7: b, 8: En el segundo conector deben permutarse los hilos del primer par de modo que sea Verde/Blanco-Verde si no Blanco/Verde-Verde. 9: d. 10: a.

## Comprueba tu aprendizaje

### I. Identificar los espacios físicos de la red documentándolos con aplicaciones gráficas

1. Analiza si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones:
  - a) Un espacio de red de cableado estructurado es cualquier ubicación en donde llegue un cable de la red.
  - b) Los cables de red forman parte del sistema de estructuración del cable.
  - c) En cada cuarto de comunicaciones debe haber al menos un conmutador y un encaminador de red.
  - d) El CPD siempre es un espacio de red privilegiado del cableado estructurado.
  - e) Las canalizaciones de cables siempre han de estar embutidas en tubos.
2. En la dirección web <http://www.novobarra.com.ar> tienes un amplio catálogo de productos para realizar las conducciones de cables entre los distintos espacios físicos por donde se ha de tender la red así como algún ejemplo de suelo técnico. Realiza un pequeño informe sobre los distintos tipos de canalizaciones que puedes encontrar en el mercado.

### II. Desplegar el sistema de cableado de una red local

3. Consigue información sobre las características físicas de los cables UTP y realiza una tabla con los parámetros más significativos. La documentación proporcionada por los fabricantes de los dispositivos certificadores de cables suele ser bastante útil, pero también puedes disponer de mucha información en Internet.
4. Consigue algunos catálogos de cables de fibra óptica de diversos fabricantes y analiza cuáles son los productos comerciales que más se utilizan en la construcción de redes de área local. Fíjate en los precios de fibras semejantes y realiza una tabla comparativa de competencia de precios.
5. En la página web [http://www.une.edu.ve/~iramirez/tel/cableado\\_estructurado1.htm](http://www.une.edu.ve/~iramirez/tel/cableado_estructurado1.htm) tienes una descripción bastante completa de los elementos que intervienen tanto en el subsistema vertical como en el horizontal de un sistema de cableado estructurado. Léelo atentamente y compara el tipo de instalación ideal que refleja el documento con la instalación que utilizas habitualmente. Ahora puedes proponer un conjunto de mejoras para tu instalación.

### III. Montar los sistemas de conectorización de la red

6. Recoge una selección lo más exhaustiva posible de conectores utilizados en el cableado de ordenadores u otros sistemas de comunicaciones de aplicación en redes locales. Incorpora una pegatina con el nombre

técnico del conector a cada uno de ellos por uno de sus lados. Dale la vuelta a todos los conectores y desordénalos. Ahora tendrás que identificar el nombre específico de cada uno de ellos. Comprueba que la identificación que has realizado es correcta dando de nuevo la vuelta al conector y leyendo la pegatina.

7. Busca algunos proveedores de armarios, canalizaciones y accesorios para confeccionar un catálogo de los productos que serían necesarios para realizar una instalación de red extendida por un edificio. Trata de conseguir también listas de precios.
8. En el contenido de la página web a la que puedes acceder en la dirección [http://sauce.pntic.mec.es/~crer0057/docs/cableado\\_estructurado/index.html](http://sauce.pntic.mec.es/~crer0057/docs/cableado_estructurado/index.html) tienes unas fotografías de una instalación real. Estudialas con profundidad y elabora un documento similar para la instalación del aula en la que trabajes. Detalla bien el sistema de conectorización.
9. Consigue las herramientas que deben utilizarse para hacer la conectorización y haz un latiguillo con cada tipo de conector. Pruébalo en una instalación de laboratorio para comprobar que está bien hecho. Puedes ayudarte del blog <http://redmaster-cableadoestructurado.blogspot.com/> en donde podrás encontrar imágenes y vídeos de cómo se fabrican.
10. Utiliza un dispositivo certificador de cables para certificar que los cables que has realizado en el ejercicio anterior cumplen con las exigencias técnicas de la norma que hayas utilizado en su confección.
11. Confecciona una tabla con dos columnas. En la primera columna escribe el nombre de los estándares relacionados con el cableado de redes que hayas aprendido hasta el momento. En la segunda columna indica en qué consiste o para qué se utiliza el estándar.

### IV. Adquirir buenas prácticas profesionales en instalaciones, seguridad laboral y en el cuidado del medioambiente

12. Conéctate a la página web <http://www.ngsoft.es/index.htm> (o a alguna similar) que corresponde a una empresa que ofrece servicios de instalación, certificación y mantenimiento del cableado. Haz un breve informe con los servicios que ofrece y fíjate especialmente en los precios.
13. Confecciona una hoja de cálculo para realizar presupuestos de canalizaciones en las instalaciones de red. Para ello deberás consultar en Internet listas de precios de los componentes que vayas a utilizar. El presupuesto consistirá en describir cuántos componentes hacen falta en la instalación de cada elemento del catálogo para multiplicarlo por su precio unitario



## Práctica final

### **MUY IMPORTANTE:**

Esta realización práctica exige haber realizado previamente las dos actividades siguientes:

1. Haber comprendido bien los contenidos de las Unidades 1 y 2 que constituyen el primer bloque del libro.
2. Haber leído y comprendido el epígrafe 1 de la Unidad final 9, en donde se describe el proyecto cuyas primeras tareas se resolverán a continuación.

Vamos a hacer aquí la ejecución de la primera fase del proyecto sugerido en la unidad práctica final (Unidad 9). Para ello es imprescindible leer detenidamente el epígrafe 1 de esa unidad.

Los objetivos de esta práctica de bloque 1 son:

- Comprender las fases de diseño de un proyecto.
- Diseñar las canalizaciones de una instalación en función de la arquitectura interior.
- Definir el diseño de una instalación de cableado estructurado.

Después de estudiar las dos primeras unidades de este libro, dispones de todos los conocimientos necesarios para conseguir estos objetivos con la realización de esta práctica. Haremos una resolución por etapas según se sugiere en el epígrafe 1.2 de la Unidad 9.

### ● 1. Recogida de documentación y búsqueda de proveedores y profesionales

PHES ha acudido al Ayuntamiento de Torrefría y ha recogido la documentación del concurso público junto con una copia de los planos de la instalación. Con esta información ya se puede poner a trabajar. La primera herramienta de trabajo es la imaginación, puesto que hay que inventarse una solución adecuada que resuelva al más bajo coste posible el problema planteado por el Ayuntamiento.

PHES, que es una PYME, no puede resolver todo el proyecto. Sin embargo, cuenta con la ayuda de proveedores de material y equipos y con otras empresas con las que contrata algunos servicios. El detalle de estos proveedores es el que se describe en la Tabla 1.

Proveedor	Área	Tiempo medio de provisión
Tuboflex	Canalizaciones	1 semana
Elektron	Material eléctrico Instalación eléctrica	2 días
Frigosa	Aire acondicionado	1 mes
Infortec	Equipos informáticos, electrónicos y de comunicaciones	15 días
Telcom	Telefonía e Internet	45 días

**Tabla 1.** Lista de proveedores seleccionados para las instalaciones de PHES.

Los proveedores de PHES han sido seleccionados después de un amplio estudio de mercado para asegurarse de que son de confianza, respetan los plazos de entrega y tienen una buena relación calidad/precio en sus productos. En el caso de los proveedores de servicios como canalizaciones, aire acondicionado o instalación eléctrica también se ha tenido en cuenta que en la ejecución de sus trabajos respetan las normas de seguridad laboral previstas por la legislación vigente.

En el caso de los proveedores de materiales eléctricos y electrónicos se ha comprobado que cumplen la normativa de residuos eléctricos y electrónicos y que además son compañías que poseen una certificación homologada de calidad del tipo ISO 9000. Con esto nos aseguramos de que los proveedores, aun siendo algo más caros que la media —porque cumplir todos estos requisitos cuesta más dinero—, nos proporcionan mayores garantías de eficiencia: el retraso en un pedido puede dar al traste con un proyecto.

En algunos casos, especialmente si la contratación se hace con las Administraciones Públicas (aunque cada vez es más frecuente en otros ámbitos), se exige que las compañías que intervienen en la realización de un proyecto tengan las certificaciones profesionales y de calidad apropiadas para que el contrato sea válido.

### ● 2. Presentación de una propuesta técnica

Una vez bien leída y comprendida la publicación del Ayuntamiento, los dos socios de PHES se han reunido para dar a luz un proyecto de resolución en donde se equilibren los aspectos técnicos con los económicos. No se trata de dar una solución eficaz, sino una solución eficiente.

## Práctica final

ciente, es decir, que resuelva el problema planteado pero no a cualquier coste: como cualquier otra empresa, PHES tiene que ser capaz de obtener beneficios con su actividad profesional.

La propuesta que se les ocurre a los dos socios de PHES es la de las Figs. 1 y 2.

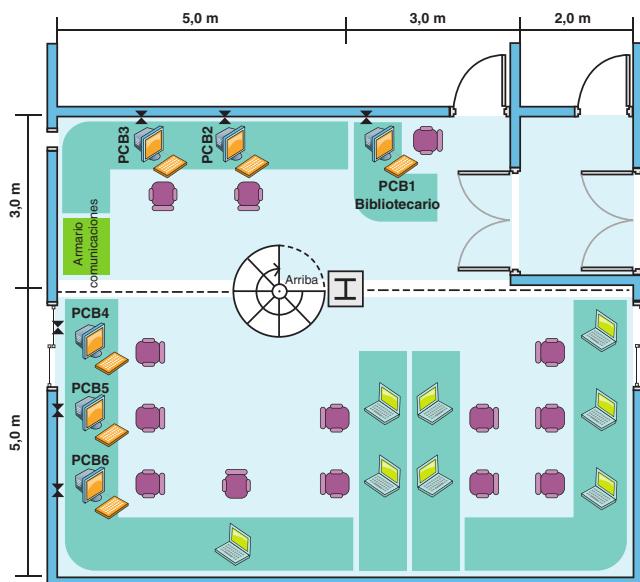


Fig. 1. Propuesta inicial en planta baja.

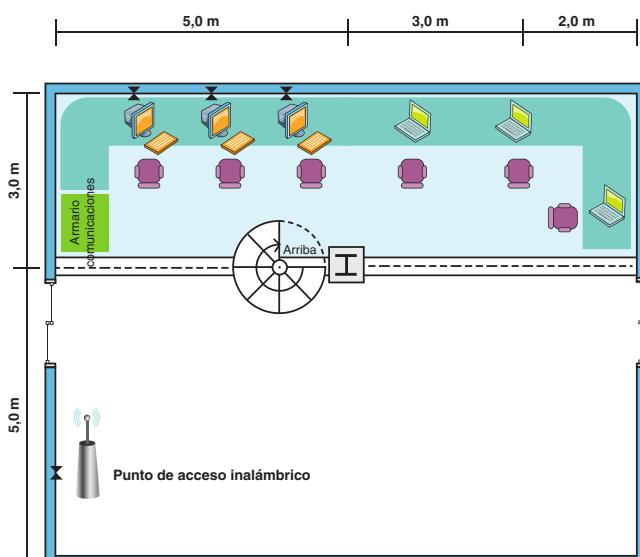


Fig. 2. Propuesta inicial en planta alta.

### 2.1. Hardware

En la propuesta se puede observar el siguiente hardware:

- 5 equipos fijos en planta baja y tres más en planta alta.
- Los portátiles que aparecen en la figura no son de la instalación, representan clientes inalámbricos propiedad de los usuarios de la biblioteca.
- 1 puesto especial para el bibliotecario (en mesa circular, a la entrada).
- 1 punto de acceso inalámbrico para dar soporte a los clientes inalámbricos.
- Dos armarios de comunicaciones para el cableado estructurado (en verde): uno en cada planta.

Los armarios pueden elegirse suficientemente grandes para albergar los equipos servidores que se vayan a utilizar. En principio se proponen dos equipos:

- Un equipo Windows Server para hacer la infraestructura de red básica.
- Un equipo Linux para hacer el proxy/cortafuegos que proporcione un acceso seguro a Internet.

En la pared de la izquierda (en planta baja) se puede observar una abertura en la pared (en la parte superior del plano). Por este orificio es por donde entran los servicios externos al edificio: corriente eléctrica, comunicaciones, etc. Por tanto, ese ángulo del edificio será el candidato para albergar los cuadros eléctricos de entrada y por donde entrará la telefonía e Internet.

Puesto que esa pared es un muro externo, se puede aprovechar ese muro para hacer en él la instalación del aire acondicionado del edificio y, de este modo, asegurarnos de que la temperatura interior es la apropiada para la convivencia humana y la refrigeración de los equipos. La empresa Frigosa se encargará de hacer el cálculo del aire acondicionado necesario y pasará a PHES un presupuesto.

Para la corriente eléctrica se pasará el plano de la propuesta a Elektron para que haga el estudio de los puntos de corriente necesarios y del requisito de cableado de fuerza y la contratación necesaria a la compañía suministradora de electricidad.

### 2.2. Software y contratación de las comunicaciones

En cuanto al software y las comunicaciones se prevé la siguiente contratación:



## Práctica final

Software y comunicaciones	Observaciones
1 Windows Server, con 25 licencias de conexión de cliente.	Cada licencia de cliente puede hacer una conexión al servidor. Software propietario. Este servidor proporcionará los servicios de disco e impresoras.
1 Linux cortafuegos/ proxy.	Distribución IPCOP. Software gratuito.
9 Windows (XP o superior).	Software propietario.
9 licencias antivirus para estación y 1 licencia para servidor.	Dependiendo de la elección del cortafuegos requerirá una licencia más de antivirus o no.
2 pequeños commutadores (uno para cada planta).	Se colocarán dentro de los armarios de comunicaciones.
1 punto de acceso inalámbrico.	Puesto que la planta alta es solo media planta, el vano permite el paso de la señal inalámbrica sin dificultad entre las dos plantas.
1 conexión ADSL.	Bastaría con una conexión de 10 Mbps.
1 teléfono.	Se puede utilizar la misma línea que el ADSL, pero se situará en el puesto del bibliotecario.

**Tabla 2.** Descripción del software necesario y la contratación de comunicaciones.

### ○ 2.3. ¿Qué se puede hacer con esta solución de red?

Ahora hay que plantearse qué es lo que venimos a solucionar con este hardware, software y servicios contratados. Tendremos que revisar punto por punto si con esta solución cumplimos los requisitos de la oferta pública demandada por el Ayuntamiento y observamos que efectivamente los cumplimos. En la Tabla 3 podemos concretar algunos de estos servicios:

Caso	Observaciones
Un usuario de la biblioteca se presenta en un equipo fijo para navegar por Internet.	Puede hacerlo, hay equipos fijos y se ha contratado un acceso de banda ancha.
Un usuario lleva su propio portátil a la biblioteca y desea navegar o consultar los fondos.	Puede hacerlo. Hay una instalación inalámbrica y puntos de corriente por toda la instalación.
Un usuario no sabe cómo configurar en su equipo el acceso a Internet.	La documentación y entrenamiento final del proyecto indica cómo configurar los equipos de los usuarios para que tengan acceso a los distintos servicios.

Caso	Observaciones
¿Pueden varios usuarios acceder a Internet simultáneamente?	Sí. Se va a configurar un servidor proxy para compartir el acceso a Internet.
¿El acceso a Internet es seguro?	Se instalará un cortafuegos asociado al proxy para asegurar la red.
Los usuarios quieren consultar los fondos y archivos de la biblioteca.	Podrán consultarlos a través de los servicios de carpetas compartidas con esa documentación.

**Tabla 3.** Ensayo hipotético de la funcionalidad de algunos servicios de red.

### ● 3. Análisis de fortalezas y debilidades: ¿qué pasa si...?

Una vez que PHES ha estudiado una solución viable y que cumple con las expectativas el proyecto solicitado, se tiene que plantear mejoras al proyecto que, sin encarecerlo sustancialmente, le proporcionen más ventajas competitivas. No tenemos que olvidar dos ideas:

- El documento que contiene la oferta pública del Ayuntamiento de Torrefría nunca podrá ser completo. Será un resumen, frecuentemente realizado por no expertos, de lo que necesitan.
- PHES tendrá que competir con otras posibles ofertas y, si quiere ganar el concurso, deberá proporcionar la mejor relación calidad-servicios/precio dentro del presupuesto con que se dota al proyecto.

Por eso, una vez llegados a este punto, es razonable hacerse preguntas de mejora del estilo: ¿Qué pasaría si...?

### ○ 3.1. Mejoras en el hardware

¿Se puede imprimir? El documento de oferta no especifica este servicio, pero parece razonable que en una biblioteca, que es un lugar en donde se manejan documentos, se pueda imprimir. Decidimos incorporar tres impresoras:

- Una impresora para el puesto de bibliotecario (ImpreB1). En esa impresora se podrán hacer los carnés de socio o imprimir peticiones de tipo facsímil de los documentos protegidos de los fondos bibliográficos históricos. Se elige para esta impresora un modelo conectable en red para que pueda ser móvil por toda la instalación.
- Una impresora para la planta baja (ImpreB2). Decidimos que esta impresora, para abaratar costes, se conecte directamente por un cable USB o paralelo al servidor Windows, que irá dentro del armario de comunicaciones de la planta baja.
- Una impresora de red para la planta alta (ImpreA1).



## Práctica final

### 3.2. Mejoras en el software

La mayor parte de los usuarios están entrenados en sistemas Windows, pero con el auge de Linux es posible que acudan usuarios entrenados solo en Linux. ¿Podría un usuario entrenado en Linux acceder sin dificultad a los servicios de red de la biblioteca? Probablemente no. Para solucionar esto, decidimos que algunos equipos clientes corran Windows y otros corran Linux. Con esto, además, nos ahorraremos el coste de algunas licencias de Windows XP o superior.

- En planta baja, los dos equipos cercanos al puesto de bibliotecario correrán Linux, el resto Windows.
- En planta alta, el equipo más lejano al armario también correrá Linux, los otros dos correrán Windows.

Los equipos portátiles propiedad de los usuarios podrán correr cualquier sistema operativo compatible con TCP/IP, que será la red que vayamos a instalar.

### 3.3 Mejoras en las comunicaciones

Como el número de clientes en la red no es muy elevado, no parece que vaya a haber cuellos de botella en la red de área local. Si necesitáramos mejoras en el acceso a Internet, se podría contratar un acceso ADSL de mayor velocidad, pero esto no modificaría la instalación de la red de área local por lo que no parece relevante en este momento.

Sí cabe preguntarse por la seguridad de los accesos.

- ¿Podemos limitar el acceso a páginas inconvenientes? Tendríamos que contratar ADSL con un proveedor que suministre un servicio de filtrado de páginas o contratar uno para cada PC. Si contratamos uno para cada PC, los clientes inalámbricos (portátiles) no estarán protegidos puesto que al ser propiedad de sus propietarios no tendremos capacidad de asegurar un servicio sobre el que no tenemos autoridad. Por tanto, incluso se podrían cometer delitos desde nuestra instalación sin nosotros advertirlo. Como Telcom proporciona un servicio de filtrado de páginas, decidimos contratar con Telcom un servicio de acceso ADSL filtrado para todas las conexiones.
- ¿Podemos evitar los intrusos en nuestra red desde Internet? De esto se encargará el cortafuegos que instalamos. Decidimos que estará configurado para negar cualquier conexión desde el exterior, puesto que el Ayuntamiento no ha solicitado que haya acceso desde el exterior.

### 3.4. Otras mejoras

Como la distribución de la biblioteca se debe hacer en dos plantas distintas, nos podemos plantear la instalación de una videocámara cerca del punto de acceso de modo que el bibliotecario pueda vigilar la planta superior y la zona de la inferior, oculta por la escalera de caracol de subida a la planta superior. Esta videocámara puede ir volcando sus imágenes a una carpeta compartida en el servidor para su almacenaje. Además, esta videocámara servirá como elemento activo de videovigilancia en los momentos en que la biblioteca esté cerrada al público.

¿Podría el bibliotecario ver por la videocámara en tiempo real? Sí, si elegimos una videocámara que pueda ser accedida directamente desde el puesto del bibliotecario, por ejemplo, a través de su navegador de Internet. Decidimos que la videocámara tenga tecnología de red TCP/IP y que incorpore un servidor web (Webcam) para que se pueda ver imagen en directo desde un navegador de Internet.

### 4. Ajuste de la propuesta

Una vez incorporados los nuevos datos, que hacen más competitiva en cuanto a servicios nuestra propuesta, tenemos que hacer un ajuste a la propuesta inicial. Ahora los planos de instalación quedarían así:

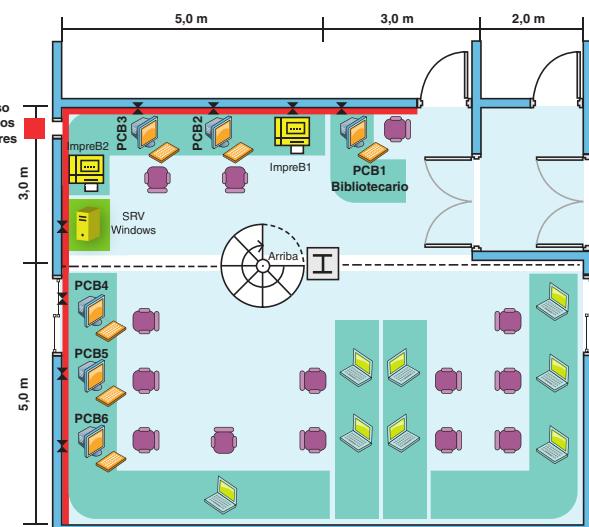


Fig. 3. Propuesta final para planta baja.



## Práctica final

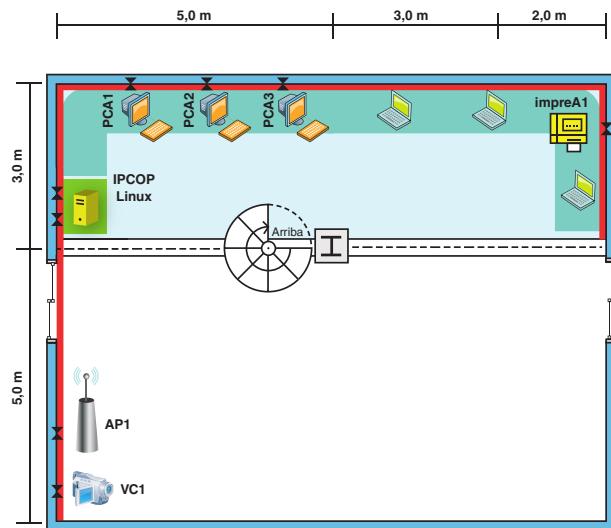


Fig. 4. Propuesta final para planta alta.

En las Figs. 3, 4 y 5 se han marcado en rojo las canalizaciones necesarias para el transporte de cables. Las canaletas se instalarán a un metro de altura del suelo, lo que parece suficiente para que sea cómodo conectar los latiguillos de red y los cables de alimentación de los equipos, salvando la altura de las mesas. También se han especificado los nombres de los diferentes dispositivos de red.

En la canaleta irán insertadas las rosetas de red del cableado estructurado y los puntos de corriente que tendrá que instalarnos Elektron. Se le ha pedido que instale cuatro enchufes por cada puesto de trabajo en el caso de los PC fijos y dos enchufes en el caso de los portátiles. Los puestos de impresoras u otros elementos de red llevarán solo una roseta con dos enchufes. Los servidores y el resto de elementos dentro de los armarios no necesitarán alimentación en canaleta puesto que el armario irá electrificado y tomarán la corriente eléctrica de él. Se elegirán rosetas de fuerza dobles (con dos enchufes) integradas en canaletas.

Tendremos los siguientes elementos de fuerza:

Elemento por alimentar	Número de rosetas dobles	Observaciones
Portátiles	8 en planta baja. 3 en planta alta.	Dos enchufes (una roseta de fuerza) por puesto.
PC fijos	6x2 en planta baja. 3x2 en planta alta.	Cuatro enchufes (dos rosetas de fuerza) por puesto.
Impresoras	2 en planta baja. 1 en planta alta.	Dos enchufes (una roseta de fuerza) por impresora.

Elemento por alimentar	Número de rosetas dobles	Observaciones
Otros elementos	1 videocámara. 1 punto de acceso.	Dos enchufes (una roseta de fuerza) por elemento.
Total rosetas de fuerza dobles	34	Cada roseta lleva dos enchufes.

Tabla 4. Descripción y cómputo de los elementos de fuerza en la instalación.

En la planta alta, la canalización también se hace a la altura de las mesas como en la planta inferior, sin embargo en el ramal que accede al punto de acceso y a la videocámara, debe instalarse un pequeño segmento vertical hacia arriba (un metro por encima de la canaleta horizontal) para que la videocámara sea capaz de ver lo que ocurre en la planta superior. Según podemos ver en la Fig. 5, instalando la videocámara un metro por encima de la canaleta horizontal (o a dos metros de altura con respecto del suelo de la planta alta) se protege la videocámara de accesos físicos y solo tenemos un ángulo de sombra por debajo de 20°.

Con este plano tenemos que ser capaces de resolver el número de rosetas necesarias y el número de metros de cable para después, al ponerle precio, poder realizar el presupuesto de costes.

Dentro de los armarios de comunicaciones Elektron tiene que instalar una bandeja de enchufes para alimentar los dispositivos electrónicos que se alojen en su interior y algunas otras bandejas en donde alojar los servidores y el encaminador ADSL.

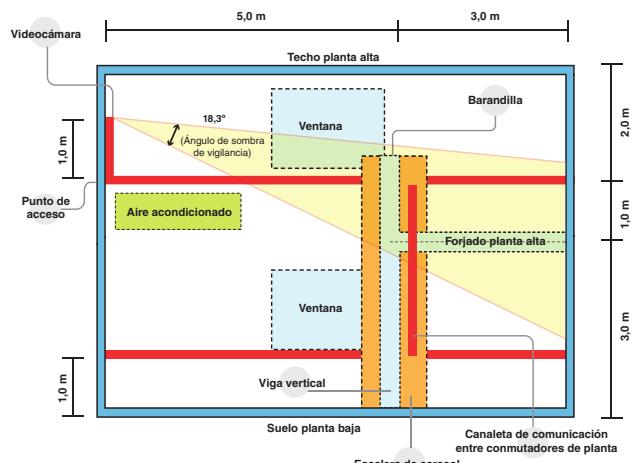


Fig. 5. Plano de alzado (vertical) de las canalizaciones, visto desde la fachada de entrada.



## Práctica final

### 4.1 Topología de la red

Es el momento de elegir la topología de la red. Decidimos hacer una red Ethernet con puntos de al menos 100 Mbps, con una estructuración en dos *switches* conectados por un segmento de red vertical (entre armarios en planta baja y alta) de 1 Gbps y hacer una estrella en cada planta. Todos los puntos de red de cada planta tendrán su cable tendido hacia el *switch* de planta.

Los cables tendidos por las canalizaciones seguirán el esquema de las Figs. 3, 4 y 5. Cada cliente se conecta a la roseta mediante un latiguillo de 1 m de longitud que requiere dos conectores RJ45, aunque estos latiguillos se suelen comprar ya hechos y comprobados. El mismo latiguillo servirá para conectar los elementos del *patch pannel* a los puertos del *switch*, uno por cada conexión de red.

Los elementos del *cross connect* conectarán el interior de la roseta de usuario dentro de la canaleta al *patch pannel* dentro del armario de comunicaciones. Cada uno de estos cables tiene su propia longitud en función de la distancia entre el armario que contiene el *patch pannel* y la localización de la roseta dentro de la canaleta. Cada uno de estos cables consume una roseta y un conector RJ45 hembra del *patch pannel*.

Los servidores, situados dentro de los armarios, no requerirán conexiones *cross-connect* y se conectarán directamente a los comutadores.

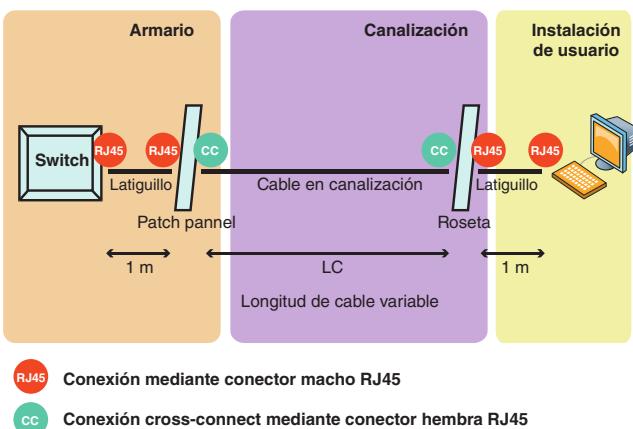


Fig. 6. Esquema de conexión de un cable de red.

Ya estamos en disposición de hacer un cálculo aproximado del número de conectores que utilizaremos y del número de metros de cable de red.

Elemento	RJ45	Rosetas	m de cable (LC)	Latiguillos	Función
PCA1	0	1	8	2	Cliente Windows
PCA2	0	1	7	2	Cliente Windows
PCA3	0	1	6	2	Cliente Linux
IPCOP	0	0	0	2	Cortafuegos Linux
ImpreA1	0	1	14	2	Impresora de red
AP1	0	1	5	2	Punto de acceso Wi-Fi
VC1	0	1	6	2	Videocámara
PCB1	0	1	8	2	Cliente Windows
PCB2	0	1	7	2	Cliente Linux
PCB3	0	1	6	2	Cliente Linux
PCB4	0	1	2	2	Cliente Windows
PCB5	0	1	3	2	Cliente Windows
PCB6	0	1	4	2	Cliente Windows
ImpreB1	0	1	8	2	Impresora de red
ImpreB2	0	0	0	0	Impresora local
SRV	0	0	0	1	Servidor Windows
Router ADSL	0	0	0	1	Acceso a Internet
Conexión entre comutadores	2	0	3	0	Construir un backbone de red
<b>Totales</b>	<b>2</b>	<b>13</b>	<b>87</b>	<b>30</b>	

Tabla 5. Descripción y cómputo de los elementos de cross-connect.



## Práctica final

En IPCOP se han dejado dos latiguillos porque deberá tener dos redes: una interna (la red de área local, LAN) y otra externa (Internet, WAN). Sin embargo, como el servidor cortafuegos estará en el armario no necesitará roseta de red en canaleta.

Suponemos que VC1 es una videocámara IP o webcam.

ImpreB2 no necesita ningún conector de red puesto que se conectará directamente al servidor SRV (Windows) que está dentro del armario. Esto limita que la impresora debe estar tan cerca del armario como le permita el cable USB o paralelo.

SRV, que está dentro de un armario, no necesita roseta y solo un latiguillo para conectar la única red que tiene directamente al conmutador de ese armario.

En el router ADSL, que también se instala dentro del armario, se ha previsto un latiguillo, aunque normalmente viene incluido con el pack del router.

Aunque en la tabla se ha mantenido la columna RJ45, se han puesto los valores a 0 porque se decidió adquirir todos los latiguillos fabricados. Si se decidiera hacerlos en vez de comprarlos, por cada latiguillo añadiríamos 2 conectores RJ45 y un metro más de cable.

No obstante, la conexión entre enrutadores, como requiere un latiguillo muy largo y a medida, se ha decidido fabricarlo con al menos 3 metros de cable y dos conectores RJ45.

### 5. Mapa de profesionales

¿Qué profesionales deben intervenir en la instalación y en qué orden? Han ido apareciendo ya en la descripción del proyecto. Ahora solo hay que poner orden en su actuación.

Suponiendo que ya se haya acabado la obra de albañilería, en primer lugar tienen que entrar los instaladores de aire acondicionado porque tendrán que perforar en los muros exteriores y hacer las canalizaciones de los tubos de aire acondicionado. También tendrán que fijar las consolas de aire a las paredes.

Las tomas eléctricas de los aparatos de aire acondicionado tienen que estar disponibles antes de la conexión de las consolas de aire, pero aquí supondremos que es una instalación eléctrica distinta y separada de la instalación de fuerza para los equipos informáticos.

Al mismo tiempo que los instaladores del aire acondicionado pueden entrar los instaladores de canalizaciones, que tendrán que ponerse de acuerdo con los electricistas que las usarán para los tendidos de cable de fuerza. Normalmente los electricistas harán también los tendidos de cables de red y telefónicos. Si los electricistas son especialistas podrán confeccionar las rosetas.

Los armarios de comunicaciones deberán estar instalados antes de que finalice la actuación de los electricistas ya que estos deberán electrificar los armarios.

Una vez realizadas todas las conexiones del cableado estructurado (salvo los latiguillos) deberán entrar los albañiles y pintores para realizar los remates de rozas y pintura y dejar las paredes limpias.

Seguidamente PHES deberá instalar en su ubicación final todos los equipos. Este será el momento de instalar los latiguillos de red, tanto en los ordenadores de usuario como en los servidores y dentro de los armarios para conectar patch-panels con los puertos de los conmutadores.

También deberá estar ya disponible la conexión ADSL. Solo entonces, podrán comenzar las pruebas de funcionamiento.

### 6. Elaboración de un presupuesto

Se trata de hacer un recuento preciso del material necesario, conseguir una lista de precios competitivos y calcular el coste final del proyecto.

PHES, que se ha puesto en contacto previamente con sus proveedores, ha conseguido los precios unitarios que se especifican en la Tabla 6.



## Práctica final

Área	Concepto	Precio unitario (€)	Cant.	Coste (€, IVA inc.)	Observaciones
<b>Cableado, canalizaciones y elementos en canaleta</b>					
	1 metro cable UTP	0,50	125	72,50	Se presupuestan algunos metros más de los necesarios
	1 conector RJ45	0,25	2	0,58	Para latiguillo entre conmutadores de planta
	1 latiguillo de red	4,00	35	162,40	Se dejarán algunos latiguillos de repuesto
	1 patch pannel 24 conexiones	150,00	2	348,00	Un patch-pannel por cada armario
	1 armario 12 U	450,00	2	1.044,00	Un armario por cada planta
	1 bandeja armario	50,00	3	174,00	Una por cada servidor y otra para encaminador
	1 roseta de red para canaleta	30,00	13	452,40	Tantas como puestos de usuario y periféricos de red
	1 elemento de fuezza con dos enchufes en canaleta	30,00	34	1.183,20	
	1 metro canaleta	35,00	38	1.542,80	16 en planta baja, 19 en planta alta y 3 entre plantas
	1 bandeja electrificación de armario	90,00	2	208,80	Una por cada armario
	1 cable USB de 2 metros	6,00	1	6,96	Para la impresora local
<b>Electrónica de red</b>					
	1 conmutador Ethernet 24 puertos UTP 1Gbps	300,00	2	696,00	Uno en cada armario
	1 encaminador ADSL	0,00	1	0,00	Acceso ADSL para toda la instalación (incluye el router gratuito)
	1 punto de acceso inalámbrico	120,00	1	139,20	Acceso inalámbrico para toda la instalación
	1 videocámara IP	250,00	1	290,00	Videovigilancia
	1 teléfono	20,00	1	23,20	Puesto bibliotecario
<b>Equipos informáticos</b>					
	1 estación de red con monitor	400,00	9	4.176,00	8 estaciones de usuario más 1 estación de bibliotecario
	1 servidor más discos de almacenamiento	1.200,00	1	1.392,00	Servidor Windows en armario de planta baja
	1 servidor para cortafuegos	400,00	1	464,00	Basta un hardware semejante a una estación
	1 impresora de red	300,00	2	696,00	Una en planta alta y otra en puesto de bibliotecario
	1 impresora local	220,00	1	255,20	Cerca del armario en planta baja
<b>Software</b>					
	1 licencia antivirus para estación (1 año)	45,00	9	469,80	
	1 licencia antivirus para servidor (1 año, 25 usuarios)	200,00	1	232,00	

Tabla 6. Presupuesto de ejecución del proyecto (1.ª parte).



## Práctica final

Área	Concepto	Precio unitario (€)	Cant.	Coste (€, IVA inc.)	Observaciones
	1 licencia Windows 7 Pro	180,00	6	1.252,80	
	1 licencia Linux	0,00	3	0,00	
	1 licencia Windows Server para 25 clientes (2008 R2)	650,00	1	754,00	
	1 licencia cortafuegos GNU (IPCOP)	0,00	1	0,00	
<b>Contratación servicios y profesionales (subcontratas)</b>					
	Alta ADSL y línea telefónica			150,00	Oferta del proveedor, que incluye el router
	Instalación aire acondicionado			5.000,00	
	Instalación eléctrica y canaletas			1.500,00	Incluye cables y cuadros eléctricos, conexiones red y certificación
<b>Totales en materiales y contrataciones de servicios:</b>				<b>22.685,84</b>	(IVA incluido)
<b>Horas de trabajo</b>					
	Gestiones de opción a concurso	100,00	10	1.160,00	Documentación de concurso, confección y presentación de la solución
	Gestión comercial con proveedores	80,00	3	278,40	
	Instalación de equipos cliente	80,00	20	1.856,00	Aproximadamente 2 horas por cada equipo
	Instalación de servidores	150,00	10	1.740,00	6 horas para el servidor Windows y 4 horas para el cortafuegos
	Configuración global de la red	100,00	3	348,00	Configuración router y pruebas de funcionamiento
	Elaboración de la documentación	80,00	4	371,20	
	Entrenamiento y formación	80,00	4	371,20	
<b>Totales en horas de trabajo:</b>				<b>6.124,80</b>	(IVA incluido)
<b>Costes totales:</b>				<b>28.810,64</b>	(IVA incluido)

Tabla 6. Presupuesto de ejecución del proyecto (1.<sup>a</sup> parte).

Como se puede apreciar en la tabla, el coste total del proyecto está por debajo de lo especificado por la oferta pública de contratación del Ayuntamiento de Torrefría, por tanto, en principio es una solución válida para el proyecto.

Hay que notar que el hardware del servidor Windows conviene que sea de 64 bits para poder ejecutar las versiones de sistema operativo de 64 bits. Por ejemplo, si elegimos la versión R2 de Windows Server 2008, no tendríamos más remedio puesto que esta versión de sistema operativo solo puede instalarse sobre 64 bits. Este tipo de restricciones deberán ser tenidas en cuenta si no queremos llevar-

nos sorpresas desagradables, por ello hay que conocer muy bien los productos que se adquieren y que son compatibles entre sí.

### 7. Elaboración de un calendario

Teniendo en cuenta los plazos que los proveedores necesitan para suministrar el material y que los profesionales subcontratados consumirán en la ejecución de sus tareas, una propuesta de calendario podría ser la siguiente:

## Práctica final

- Solicitar el 1 de abril (fecha de la adjudicación) los servicios de telefonía que son los que más tardan (45 días).
- El 15 de abril contrataríamos el aire acondicionado (que tarda 30 días).
- Quince días después (el 30 de abril) pediríamos los equipos informáticos y electrónicos, que tardarán 15 días en llegar.

El resto de los proveedores no impone unas fuertes restricciones sobre el calendario ya que sus plazos de respuesta son de pocos días.

Supuestos estos hitos en las contrataciones, la actividad profesional específica de PHES podría comenzar el 15 de mayo, según la Fig. 7.

El proyecto se comenzaría a gestionar el 1 de abril, la operación empezaría el 18 de mayo y estaría finalizado el 8 de junio, por lo que estamos dentro de los plazos previstos por la adjudicación de proyecto, que nos daba tres meses. Nosotros hemos consumido dos meses y ocho días. La Biblioteca estará en funcionamiento el día 9 de junio, justo para el inicio de la época estival.

### 8. Confección del proyecto y presentación a concurso

Una vez elaborados todos estos documentos que hemos estudiado, deben presentarse a concurso la descripción del proyecto y el calendario de ejecución.

El presupuesto no debe presentarse ya que es una adjudicación con una inversión fija. Sin embargo, si el concurso compitiera por la oferta más económica, deberíamos presentar el precio final de presupuesto, lo que nos obligaría a buscar nuevas mejoras presupuestarias para incrementar las posibilidades de adjudicación.

PHES presenta la documentación requerida en la Secretaría del Ayuntamiento de Torrefría unos días antes del final de plazo permitido. En el Ayuntamiento aceptan la documentación, la registran oficialmente y, una vez cumplido el plazo de presentación, una comisión de técnicos administrativos evalúa los proyectos.

Unos días después, PHES recibe la comunicación oficial del Ayuntamiento de que su proyecto ha sido elegido para ser ejecutado. PHES decide esperar al 1 de abril, como tenía previsto, para iniciar las gestiones iniciales de contratación.

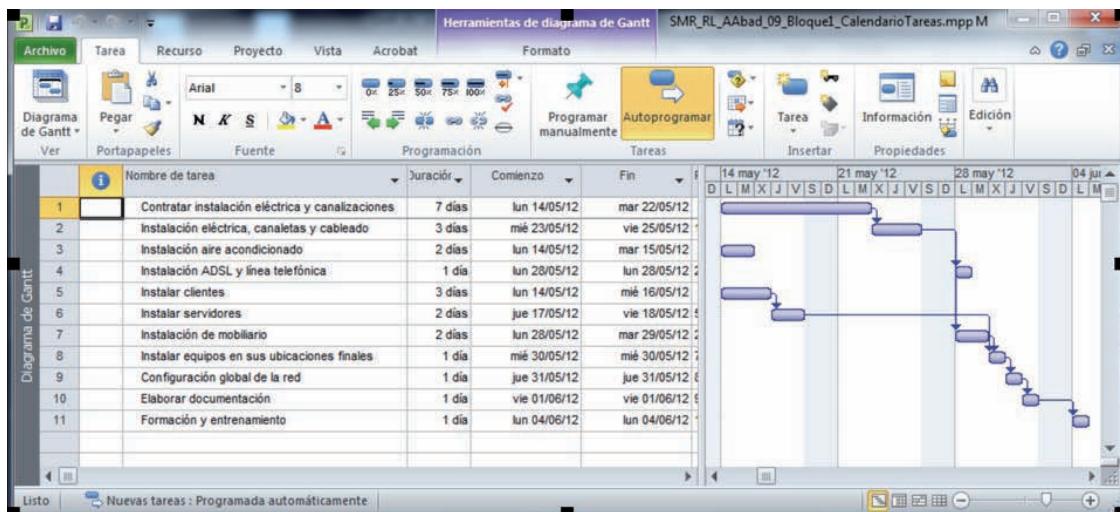


Fig. 7. Diagrama de Gantt de la ejecución del proyecto.