

Fundamentos de las redes

Este capítulo sirve de introducción a parte de la terminología utilizada por los profesionales de las redes y a varios tipos de redes de computadoras. Explica cómo los estándares aseguran una mayor compatibilidad e interoperabilidad entre distintos tipos de tecnologías de red. También describe cómo el esquema de red del modelo de referencia OSI cubre los estándares de red. Además, este capítulo describe las funciones básicas que tienen lugar en cada una de las capas del modelo OSI, explicaciones que le servirán de base para empezar a diseñar, construir y resolver problemas en las redes.

Por último, este capítulo describe distintos dispositivos de red y los esquemas de cableado físico y lógico.

Consulte los capítulos e-Lab Activities, Videos y PhotoZooms asociados que encontrará en el CD-ROM que incluye este libro. Los elementos de dicho CD-ROM están diseñados para complementar el material y reforzar los conceptos introducidos en este capítulo.

Terminología de las redes

Esta sección introduce el concepto y la historia de las redes de datos. También explica las características básicas de los siguientes tipos de redes:

- Redes de área local (LAN, *Local-Area Networks*).
- Redes de área amplia (WAN, *Wide-Area Networks*).
- Redes de área metropolitana (MAN, *Metropolitan-Area Networks*).
- Redes de área de almacenamiento (SAN, *Storage-Area Networks*).
- Centros de datos.
- Intranets.
- Extranets.
- Redes privadas virtuales (VPN, *Virtual Private Networks*).

Redes de datos

Las redes de datos se desarrollaron como consecuencia de que las agencias del gobierno y las empresas necesitaban intercambiar información electrónica a grandes distancias. En ese momento, las microcomputadoras no estaban conectadas como terminales a los

mainframe, de modo que no había forma de compartir datos eficazmente entre las microcomputadoras. La Figura 2.1 ilustra una empresa con muchas microcomputadoras sin conexión de red.

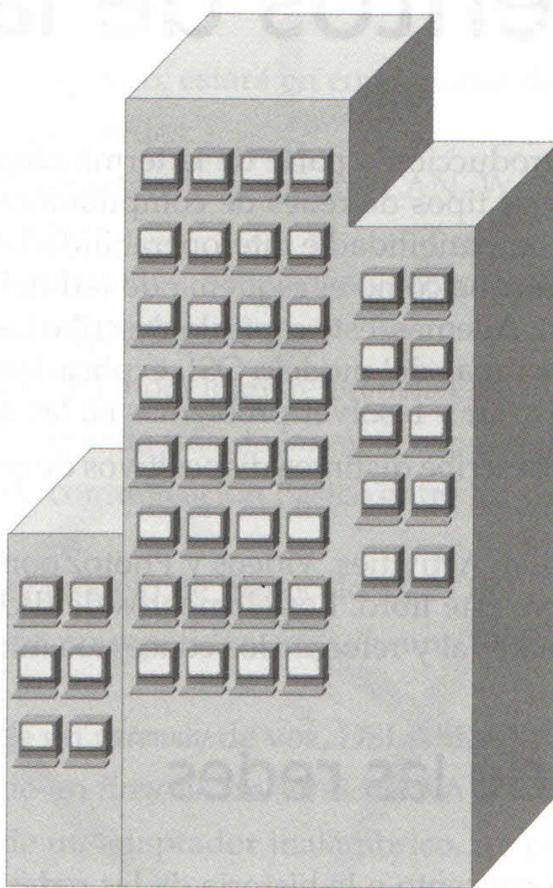


Figura 2.1. Empresa con muchas computadoras aisladas.

NOTA

Antiguamente, las empresas utilizaban computadoras como dispositivos aislados que, en ocasiones, tenían impresoras conectadas. Cuando los empleados que no tenían impresora querían imprimir un documento, tenían que copiar un fichero en un disquete, cargarlo en la computadora de un compañero que tuviera conectada una impresora e imprimirlo. Esta versión más bien cruda de una red se conoció como *sneakernet* (véase la Figura 2.2).

Parece claro que la compartición de datos mediante el uso de un disquete no es la forma más eficaz y barata de dirigir un negocio. Cada vez que se modificaba un fichero, debía ser compartido de nuevo con todos los demás que lo necesitaran. Si dos personas modificaban el fichero y después intentaban compartirlo, uno de los dos conjuntos de cambios se perdía.

Las empresas necesitaban una solución que resolviera los siguientes problemas:

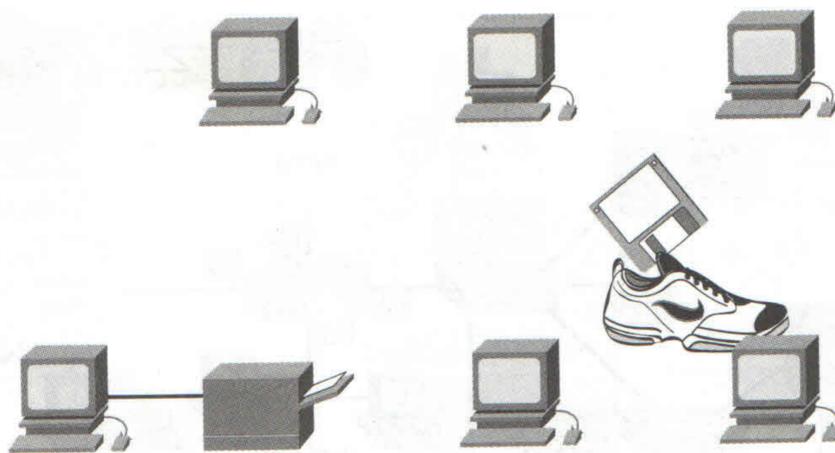


Figura 2.2. Sneakernet.

- Cómo evitar la duplicidad de equipamiento y recursos.
- Cómo comunicarse de forma eficaz.
- Cómo configurar y administrar una red.

Las empresas se dieron cuenta de que la tecnología de red podía incrementar la productividad al tiempo que suponía un ahorro de dinero. Las redes se extendieron casi tan rápidamente como se introducían nuevas tecnologías de red y productos. En la década de los 80, las redes vivieron una tremenda expansión, aunque los primeros intentos de desarrollo de una red fueron caóticos.

Las tecnologías de red que surgieron a mediados de la década de los 80 fueron creadas con variedad de hardware y software. Las empresas que se dedicaban a la creación de hardware y software para redes utilizaban sus propios estándares, desarrollados en respuesta a la competencia de otras empresas. En consecuencia, muchas de las nuevas tecnologías de red eran incompatibles con las demás. Cada vez era más difícil para las redes que utilizaban especificaciones diferentes comunicarse entre sí, lo que requería a menudo eliminar el equipamiento antiguo y sustituirlo por uno nuevo.

Una primera solución fue la creación de los estándares LAN (**red de área local**). Como los estándares LAN proporcionaban un conjunto abierto de pautas para la creación de hardware y software de red, la capacidad de mezclar y emparejar equipos de distintos fabricantes facilitó la estabilidad en la implementación LAN. La Figura 2.3 muestra una LAN sencilla.

A medida que aumentó el uso de computadoras en las empresas, se hizo obvio que incluso las LAN eran insuficientes. En un sistema LAN, cada departamento o empresa es un tipo de isla electrónica, como puede ver en la Figura 2.4.

Antes de que las LAN fueran creadas, había necesidad de mover la información eficaz y rápidamente, no sólo dentro de la empresa, sino también de una empresa a otra. La solución fue la creación de las MAN (**red de área metropolitana**) y las WAN (**red de área amplia**). Como las WAN pueden conectar redes de usuario sobre áreas geográficas muy grandes, hacen posible que las empresas puedan comunicarse entre sí a grandes distancias (véase la Figura 2.5).

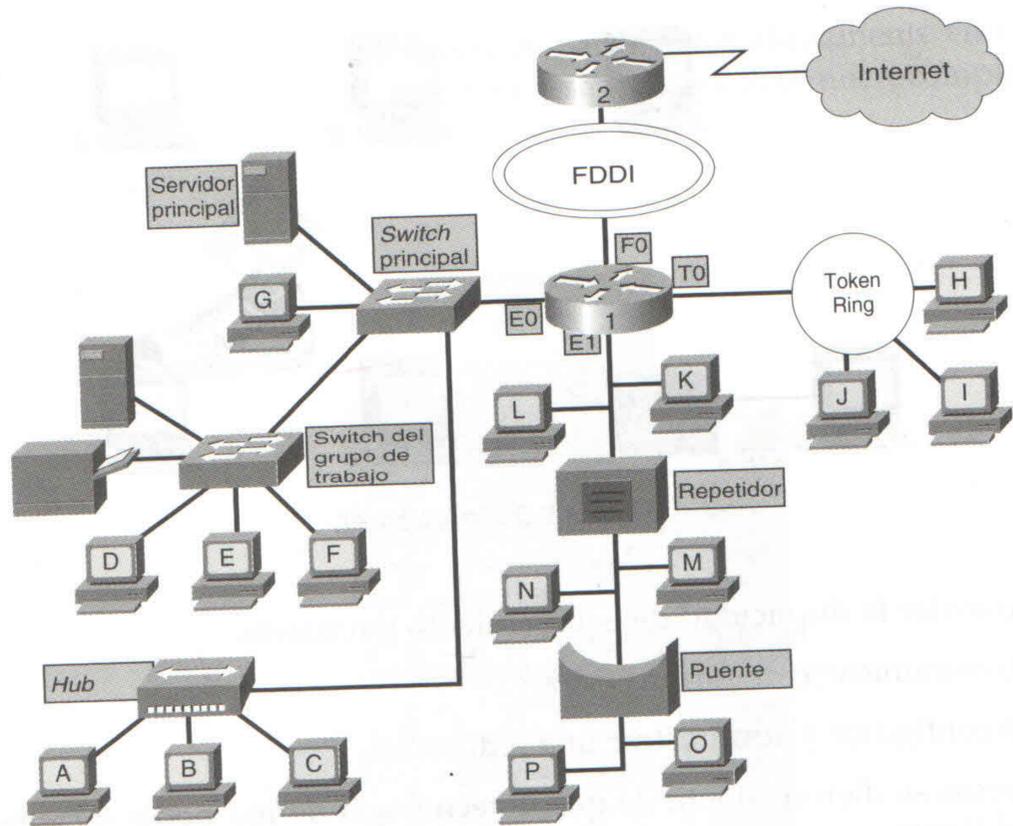


Figura 2.3. Una LAN sencilla.

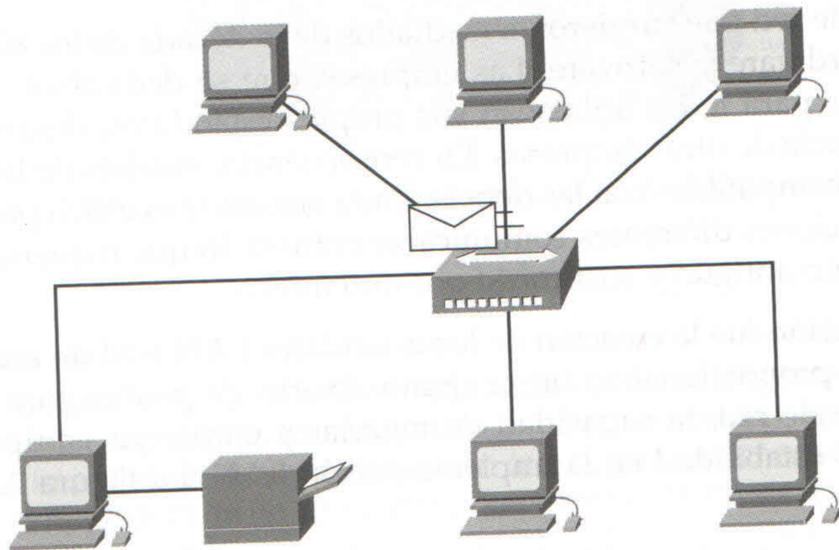


Figura 2.4. LAN.

Historia de las redes de computadoras

La historia de las redes de computadoras es compleja e involucra a muchas personas de todo el mundo durante los últimos 35 años. La Tabla 2.1 presenta una visión simplifi-

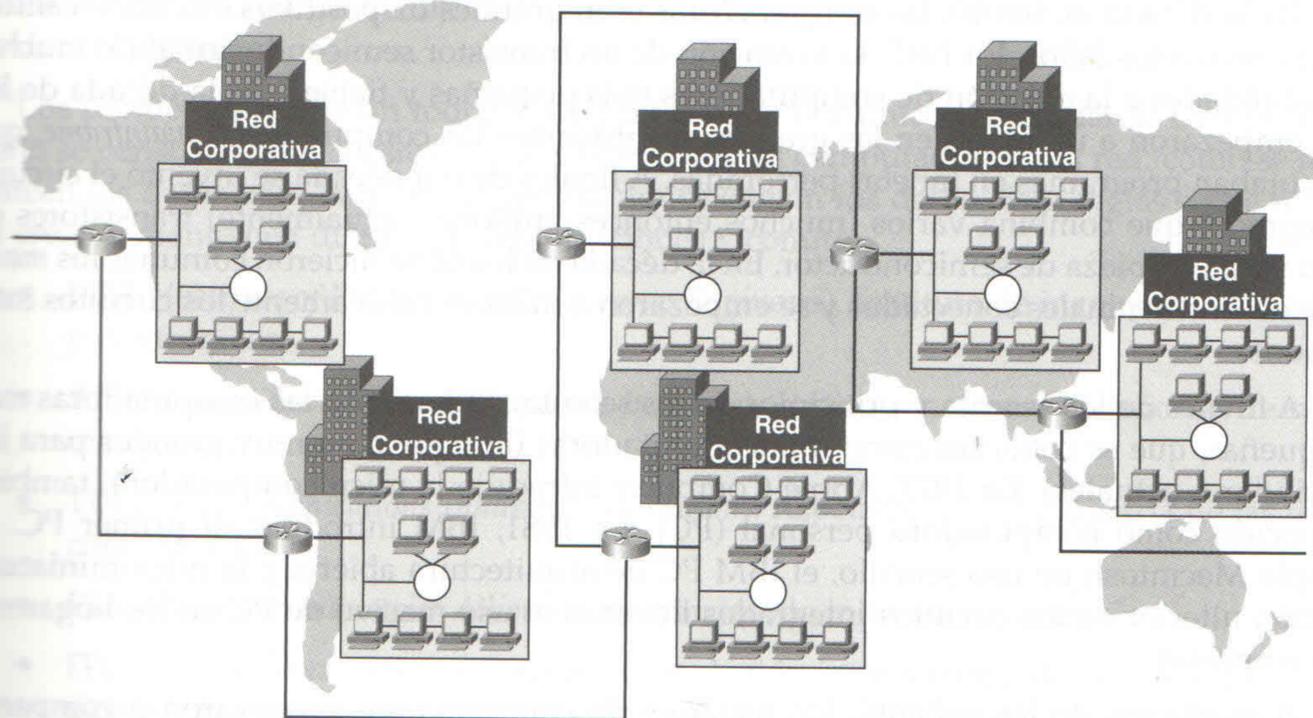


Figura 2.5. WAN.

cada de cómo evolucionó Internet. Los procesos de invención y comercialización son más complejos, pero resulta de utilidad echar un vistazo al desarrollo fundamental.

Tabla 2.1. Línea de tiempo del desarrollo de microcomputadoras.

Periodo	Desarrollo
Década de los 40	Dispositivos electromagnéticos grandes propensos a fallos.
1947	La invención del transistor semiconductor abrió muchas posibilidades para fabricar computadoras más pequeñas y fiables.
Década de los 50	Se inventó el circuito integrado. Combinaba varios (entonces muchos, ahora millones) transistores en una pequeña pieza de semiconductor.
Década de los 60	Eran comunes los <i>mainframes</i> con terminales y los circuitos integrados se utilizaban extensamente.
Finales de la década de los 60 y década de los 70	Nacieron las computadoras más pequeñas, denominadas minicomputadoras.
1977	Apple Computer introdujo la microcomputadora, también conocida como computadora personal (PC).
1981	IBM introduce su primer PC.
Mediados de la década de los 80	Los usuarios de computadoras autónomas empiezan a compartir datos (ficheros) mediante módems conectados con otra computadora. Esto se conocía como comunicación por marcación o punto-a-punto.

En la década de los 40, las computadoras eran grandes dispositivos electromecánicos propensos a los fallos. En 1947, la invención de un transistor semiconductor abrió muchas posibilidades a la creación de computadoras más pequeñas y fiables. En la década de los 50, empezaron a utilizarse en las grandes instituciones las computadoras *mainframe*, que ejecutaban programas en tarjetas perforadas. A finales de esa década se inventó el circuito integrado, que combina varios (muchos entonces, millones actualmente) transistores en una pequeña pieza de semiconductor. En la década de los 60 se hicieron comunes los *mainframes* con terminales conectados y se empezaron a utilizar masivamente los circuitos integrados.

A finales de los sesenta y principios de los setenta, aparecieron las computadoras más pequeñas, que se conocían como minicomputadoras (aunque eran muy grandes para los estándares actuales). En 1977, Apple Computer introdujo la microcomputadora, también conocida como computadora personal (PC). En 1981, IBM introdujo su primer PC. El Apple Macintosh de uso sencillo, el IBM PC de arquitectura abierta y la microminiaturización ulterior de los circuitos integrados llevaron al uso masivo de PC en los hogares y las empresas.

A mediados de los ochenta, los usuarios de computadoras empezaron a compartir datos (ficheros) mediante un módem conectado con otra computadora, a lo que se conocía como comunicación por marcación o punto-a-punto. Ese concepto se fue extendiendo gracias al uso de computadoras que eran el punto central de comunicación en una conexión por marcación. Esas computadoras se llamaban **tablones de anuncios** (BBS). Los usuarios se conectaban al tablón de anuncios, dejaban y recogían mensajes, y cargaban y descargaban ficheros. El inconveniente de ese tipo de sistema es que había una comunicación directa muy pequeña, si la había, y sólo con aquellos que conocieran la existencia del tablón de anuncios. Otra limitación era que la computadora del tablón de anuncios necesitaba un módem por conexión. Para que cinco personas se conectaran simultáneamente, se necesitaban cinco módems conectados a cinco líneas telefónicas independientes. Imagínese si 500 personas querían conectarse al mismo tiempo.

Desde la década de los 60 y hasta la de los 90, el Departamento de defensa de Estados Unidos (DoD, Department of Defense) desarrolló unas WAN grandes y fiables por razones militares y científicas. Esa tecnología era diferente de la de la comunicación punto-a-punto utilizada en los tablones de anuncios. Permitía la conexión de varias computadoras utilizando diferentes rutas. La propia red determinaba cómo mover los datos de una computadora a otra. En lugar de poder comunicar con sólo una computadora en cada momento, muchas computadoras pueden ser alcanzadas utilizando la misma conexión. Al final, la WAN del DoD se convirtió en Internet.

Protocolos de red

Las **suites de protocolos** son colecciones de protocolos que habilitan la comunicación entre dos *hosts* a través de una red. Un **protocolo** es una descripción formal de un conjunto de reglas y convenciones que gobiernan el modo en que se comunican los dispositivos en una red. Los protocolos determinan el formato, la temporización, la secuenciación y el control de errores en la comunicación de datos. Sin los protocolos, la computadora no

puede crear o reconstruir el flujo de bits entrante desde otra computadora a fin de obtener los datos originales.

Los protocolos controlan todos los aspectos de la comunicación de datos. Determinan cómo se construye la red física, cómo se conectan las computadoras a la red, cómo se formatean los datos para la transmisión y cómo se envían los datos. Esas reglas sobre redes las crean y mantienen diferentes organizaciones y comités:

- **IEEE** (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*), Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos.
- **ANSI** (*American National Standards Institute*), Instituto nacional americano de normalización.
- **TIA** (*Telecommunications Industry Association*), Asociación de la industria de las telecomunicaciones.
- **EIA** (*Electronic Industries Alliance*), Asociación de industrias electrónicas.
- **ITU** (*International Communications Union*, Unión internacional de las telecomunicaciones), antiguamente conocido como CCITT (*Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique*, Comité de consultoría internacional para telefonía y telegrafía).

Redes de área local (LAN)

Las LAN están constituidas por computadoras, tarjetas de interfaz de red, dispositivos periféricos, medios de red y dispositivos de red. La Figura 2.6 ilustra una LAN.

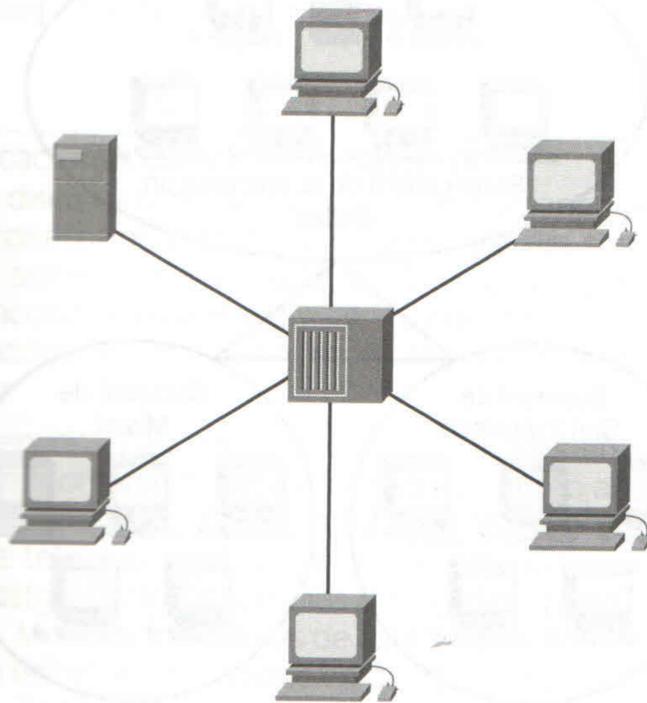


Figura 2.6. LAN.

Las LAN permiten a las empresas que emplean tecnología de computación compartir local y eficazmente ficheros e impresoras, y posibilitar las comunicaciones internas, como el correo electrónico. Unen entre sí datos, comunicaciones locales y equipos de computación.

Las LAN están diseñadas para hacer lo siguiente:

- Operar dentro de una zona geográfica limitada.
- Permitir a muchos usuarios acceder a medios de gran ancho de banda.
- Proporcionar conectividad a tiempo completo a los servicios locales.
- Conectar físicamente dispositivos adyacentes.

Algunas tecnologías LAN comunes son:

- Ethernet.
- Token Ring.
- FDDI.

Redes de área amplia (WAN)

Las WAN interconectan LAN, que proporcionan acceso a las computadoras o servidores de ficheros en otros lugares. Como las WAN conectan redes de usuario sobre un área geográfica grande, como muestra la Figura 2.7, hace posible que las empresas puedan comunicarse a grandes distancias.

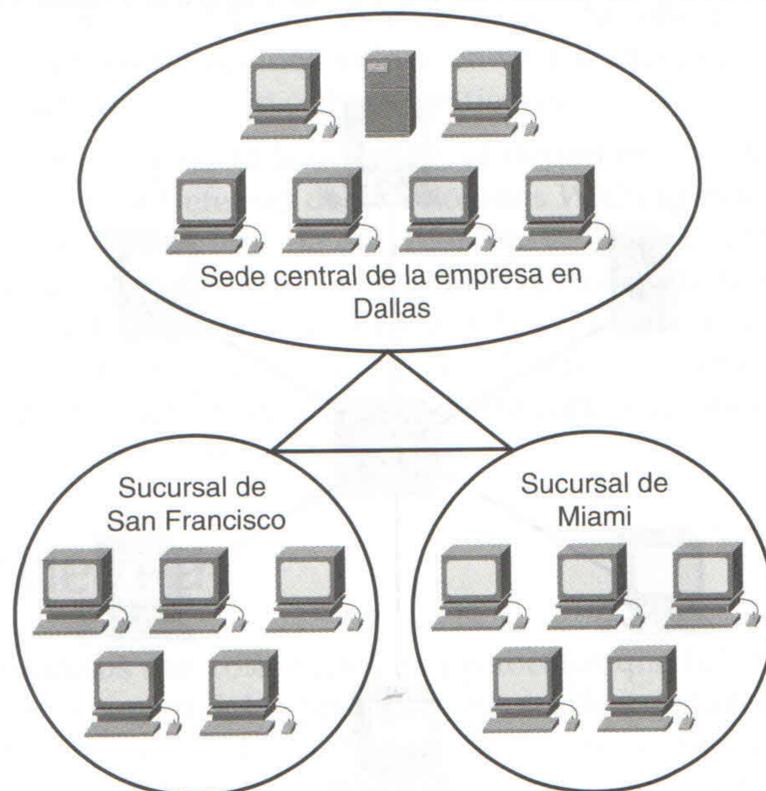


Figura 2.7. WAN.

Mediante el uso de WAN es posible que computadoras, impresoras y otros dispositivos de una LAN compartan y sean compartidos con lugares distantes. Las WAN proporcionan comunicaciones instantáneas a través de grandes áreas geográficas. La posibilidad de enviar un mensaje instantáneo a alguien en cualquier lugar del mundo ofrece las mismas capacidades de comunicación que sólo eran posibles si las personas estaban en la misma oficina física. El software de colaboración ofrece acceso a los recursos y la información en tiempo real, permitiendo reuniones remotas en lugar de en persona. Las redes de área amplia también han creado una nueva clase de trabajadores denominada **teletrabajadores**; personas que no tienen que abandonar su casa para ir a trabajar.

Las WAN están diseñadas para hacer lo siguiente:

- Operar sobre grandes áreas geográficamente separadas.
- Permitir que los usuarios mantengan una comunicación en tiempo real con otros usuarios.
- Proporcionar recursos remotos a tiempo completo conectados a los servicios locales.
- Ofrecer servicios de correo electrónico, WWW, transferencia de ficheros y comercio electrónico.

A continuación tiene algunas tecnologías WAN comunes:

- Módems.
- RDSI (Red Digital de Servicios Integrados).
- DSL (*Digital Subscriber Line*) o línea de abonado digital.
- Frame Relay.
- Series de portadoras T (EE.UU.) y E (Europa): T1, E1, T3, E3, etcétera.
- Red óptica síncrona (SONET, *Synchronous Optical Network*), Capa 1 de la señal de transporte síncrono (STS-1, *Synchronous Transport Signal Level 1*) (portadora óptica [OC, *Optical Carrier*]-1), STS-3 (OC-3), etcétera.

MÁS INFORMACIÓN

Aparición de las aplicaciones de redes domésticas

Actualmente, la gente diseña y construye sus hogares pensando en Internet, cableándolos para disponer de conectividad Ethernet. La gente integra sus computadoras con su sistema telefónico, su sistema de seguridad, su sistema audiovisual, su sistema de aire acondicionado y calefacción, su sistema de iluminación y otros componentes electrónicos, para tener la capacidad de controlarlos todos con un clic de ratón o incluso mediante un comando de voz.

Los proveedores de servicios han construido redes basadas en portadoras celulares y satélites que actualmente ofrecen servicios sofisticados, como acceso a Internet inalámbrico. Además, las portadoras de intercambio local (LECs, *Local Exchange Carriers*), es decir, las compañías de telefonía local, están implementando servicios de alta velocidad para transferencia de datos, como los servicios DSL, a un coste suficientemente bajo para el mercado doméstico. Muchos operadores de cable, además de la TV por cable, ofrecen acceso a Internet a alta velocidad que puede compartirse entre las computadoras conectadas en red de la casa. Los productos de Cisco soportan las últimas tecnologías inalámbricas, DSL y por cable.

La gente también está integrando el PC, teléfono y fax, lo que les permite que el contestador automático y el almacenamiento de mensajes y su recuperación funcionen a través de la computadora. Además, el teléfono por Internet, que emplea la tecnología de telefonía IP y VoIP (*Voice over IP*, voz sobre IP), permite a los usuarios dejar completamente de lado las líneas telefónicas mediante una conexión a Internet a través de cable, inalámbrica o de cualquier otro tipo, para realizar llamadas de larga distancia sin los costes de este tipo de llamadas.

Redes de área metropolitana (MAN)

Una MAN es una red que se extiende por un área metropolitana, como una ciudad o un área suburbana. Las MAN son redes que conectan LAN separadas por la distancia y que están ubicadas dentro de un área geográfica común (véase la Figura 2.8). Por ejemplo, un banco con varias sucursales puede utilizar una MAN. Normalmente, un proveedor de servicios conecta dos o más sitios LAN utilizando líneas de comunicación privadas o servicios ópticos. Una MAN también puede crearse utilizando tecnología de puente inalámbrica por señales radiantes a través de áreas públicas. Los anchos de banda ópticos más grandes actualmente disponibles hacen de las MAN una opción más funcional y económicamente factible que en el pasado.

Las siguientes características diferencian a las MAN de las LAN y las WAN:

- Las MAN interconectan usuarios en un área o región geográfica más grande que la cubierta por una LAN, pero más pequeña que la cubierta por una WAN.
- Las WAN conectan redes en una ciudad formando una sola red grande (que entonces también puede ofrecer una conexión eficaz a una WAN).
- Las MAN también se utilizan para interconectar varias LAN puenteándolas con líneas *backbone*.

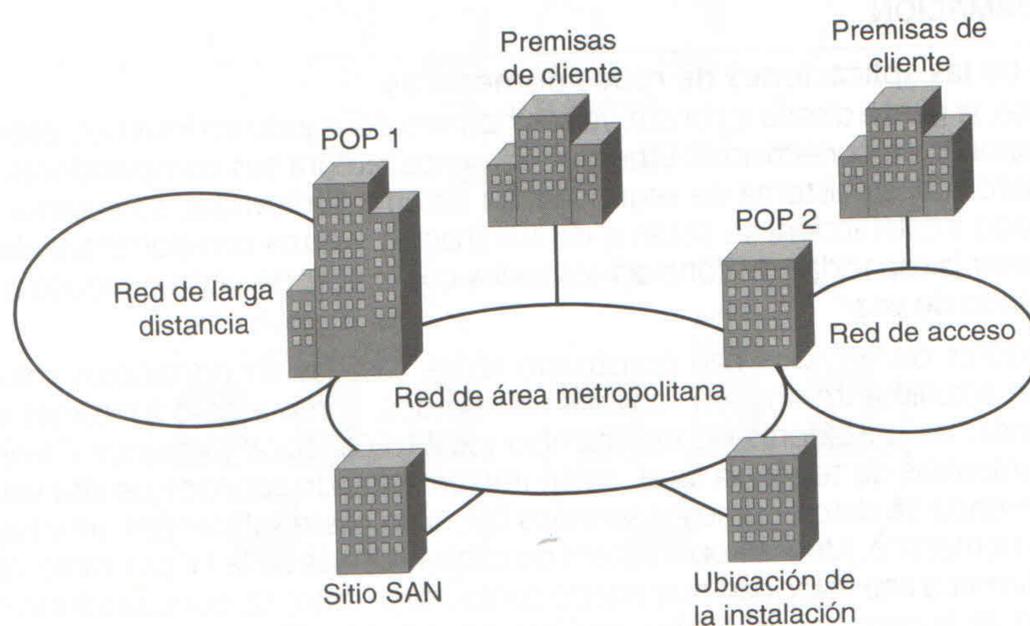


Figura 2.8. MAN.

Redes especializadas ubicadas dentro de una LAN

En ocasiones, dentro de una LAN pueden residir redes más pequeñas y especializadas. Más notablemente, esas redes especializadas se utilizan para acceder a sistemas de almacenamiento, dispositivos y sistemas con tecnología de centro de datos, intranets o extranets, y VPN. Dichas redes especializadas se explican en este capítulo.

Redes de área de almacenamiento (SAN)

Una **red de área de almacenamiento (SAN)** es una red de alto rendimiento dedicada que mueve datos entre servidores y recursos de almacenamiento. Como es una red dedicada separada, evita cualquier tráfico conflictivo entre clientes y servidores, como muestra la Figura 2.9.

La tecnología SAN permite una conectividad de alta velocidad servidor-a-almacenamiento, almacenamiento-a-almacenamiento o servidor-a-servidor. Este método utiliza una infraestructura de red separada que mitiga cualesquiera problemas asociados con la conectividad de red existente.

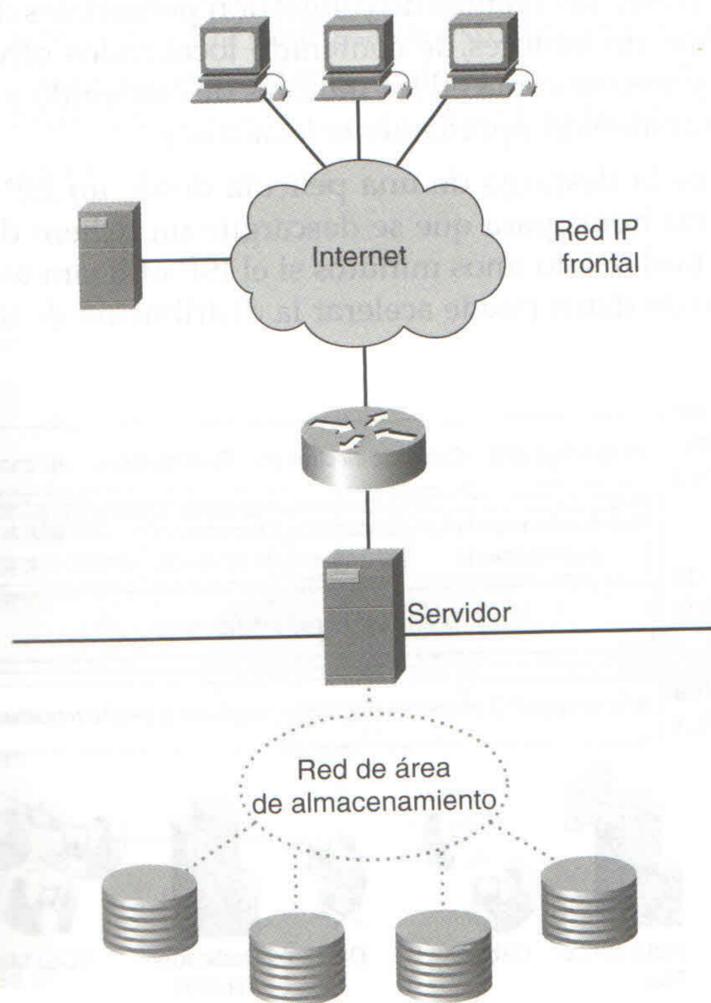


Figura 2.9. SAN.

Las SAN tienen las siguientes características:

- **Rendimiento.** Las SAN permiten a dos o más servidores un acceso concurrente a alta velocidad a los discos o arrays de cintas, ofreciendo un rendimiento del sistema mejorado.
- **Disponibilidad.** Las SAN tienen integrada una tolerancia al desastre, porque puede hacerse un espejo de los datos utilizando una SAN de hasta 10 km de distancia.
- **Escalabilidad.** Al igual que una LAN/WAN, una SAN puede usar variedad de tecnologías. Esto permite una fácil recolocación de operaciones de *backup* de datos, migración de ficheros y duplicación de datos entre sistemas.

Tecnología de centro de datos

Un **centro de datos**, como muestra la Figura 2.10, es una red globalmente coordinada de dispositivos designados para acelerar la distribución de información por la infraestructura de Internet. Aprovechándose de los servicios en la red IP central, las empresas y los proveedores de servicios pueden acelerar y mejorar el uso de contenido masivo, como los medios de flujo de datos de banda amplia. La tecnología de centro de datos mejora el rendimiento de la red y elimina la necesidad de medios de flujo en la infraestructura.

Un centro de datos sortea las fuentes de congestión potenciales distribuyendo la carga a través de una colección de motores de contenido localizados cerca de la audiencia. El contenido multimedia y web se copia en los motores de contenido y los usuarios son conducidos a un motor de contenido óptimamente localizado.

Por ejemplo, imagine la descarga de una película desde un ISP (proveedor de servicios); en lugar de esperar horas para que se descargue un fichero de película enorme, la misma película podría tardar sólo unos minutos si el ISP utilizara tecnología de centro de datos, porque un centro de datos puede acelerar la distribución de información.

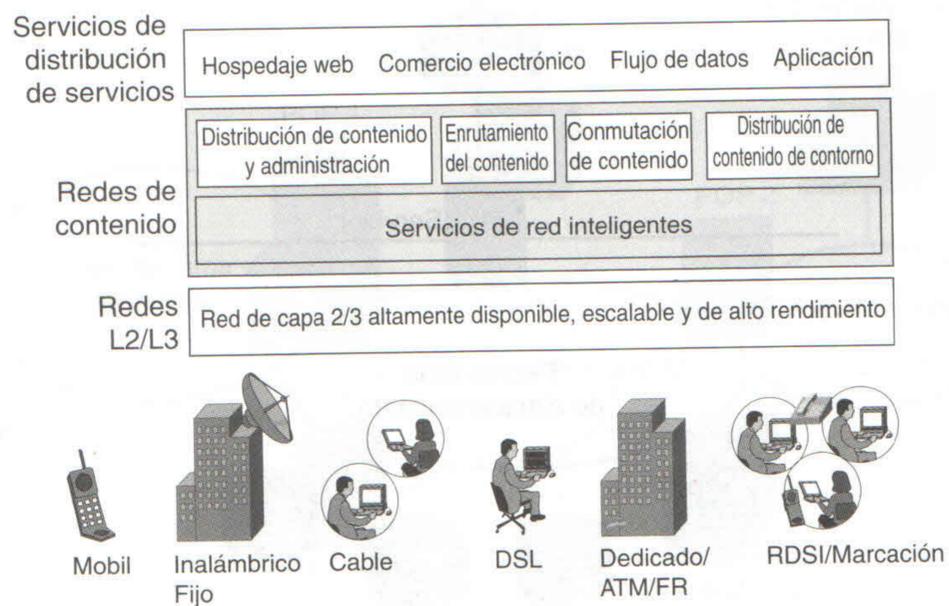


Figura 2.10. Centro de datos.

Intranets y extranets

Una configuración común de una LAN es una **intranet**. Los servidores web intranet difieren de los servidores web públicos en que estos últimos no tienen acceso a la intranet de una empresa sin los permisos y las contraseñas adecuadas. Las intranets están diseñadas para que accedan a ellas los usuarios que tienen privilegios de acceso a una LAN interna de la empresa. En una intranet, los servidores web están instalados en la red y la tecnología de navegador se utiliza como frontal común para acceder a información de tipo financiero o datos basados en texto o gráficos almacenados en esos servidores.

Una **extranet** es una intranet parcialmente accesible para los foráneos autorizados. Mientras que una intranet reside dentro de un *firewall* y es accesible sólo para las personas que son miembros de la misma empresa u organización, una extranet proporciona varios niveles de accesibilidad a los foráneos. Puede acceder a una extranet sólo si dispone de un nombre de usuario y una contraseña válidos, y su identidad determina qué partes de la extranet puede ver. Las extranets ayudan a extender el alcance de las aplicaciones y los servicios basados en intranet, asegurando el acceso a usuarios o empresas externos. Normalmente, este proceso se ejecuta mediante contraseñas, ID de usuario y cualquier otra medida de seguridad a nivel de aplicación. Por consiguiente, una extranet es la extensión de dos o más estrategias de intranet con una interacción segura entre empresas participantes y sus respectivas intranets. La extranet mantiene el control del acceso a las intranets dentro de cada empresa en este despliegue. Las extranets enlazan clientes, proveedores, socios o comunidades de interés a una intranet corporativa sobre una infraestructura compartida utilizando conexiones dedicadas. La Figura 2.11 muestra una intranet y una extranet.

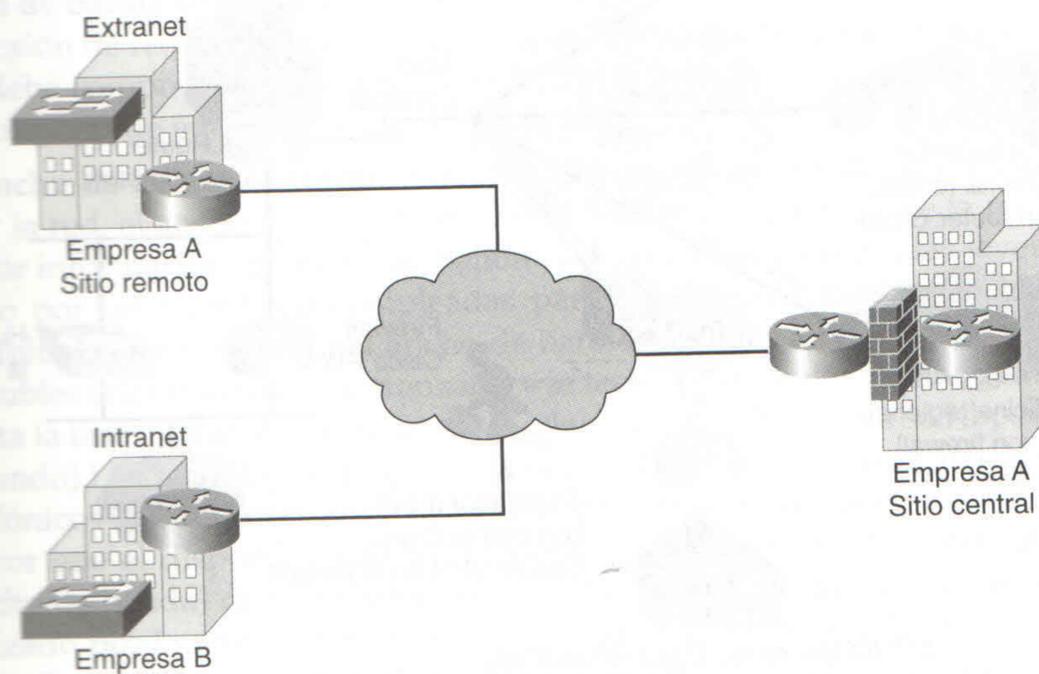


Figura 2.11. Intranet y extranet.

Redes privadas virtuales

Una **red privada virtual (VPN)** es una red privada construida dentro de una infraestructura de red pública, como Internet. Por ejemplo, gracias a una VPN, un teletrabajador puede acceder a la red de la sede central de la empresa a través de Internet construyendo un túnel seguro entre el PC del teletrabajador y un *router* VPN en la sede central.

Los productos de Cisco soportan la última tecnología VPN. Una VPN es un servicio que ofrece una conectividad segura y fiable sobre la infraestructura de una red pública compartida como la de Internet, por ejemplo. Las VPN mantienen la misma seguridad y normas de administración que una red privada. Representan el método más rentable de establecer una conexión punto-a-punto entre usuarios remotos y la red de un cliente de la empresa.

Hay tres tipos principales de VPN, como muestra la Figura 2.12:

- Las **VPN de acceso** ofrecen acceso remoto a la intranet o la extranet de la sede central tanto al trabajador móvil como a la SOHO (*Small Office/Home Office*, oficina pequeña/oficina en casa) sobre una infraestructura compartida. Las VPN de acceso utilizan marcación analógica, RDSI, DSL, IP móvil y tecnologías de cable para conectar con seguridad a usuarios móviles, teletrabajadores y sucursales.
- Las **VPN intranet** enlazan oficinas regionales y remotas con la red interna de la sede central sobre una infraestructura compartida utilizando conexiones dedicadas. Las VPN intranet difieren de las VPN extranet en que sólo permiten el acceso a los empleados del cliente de la empresa.

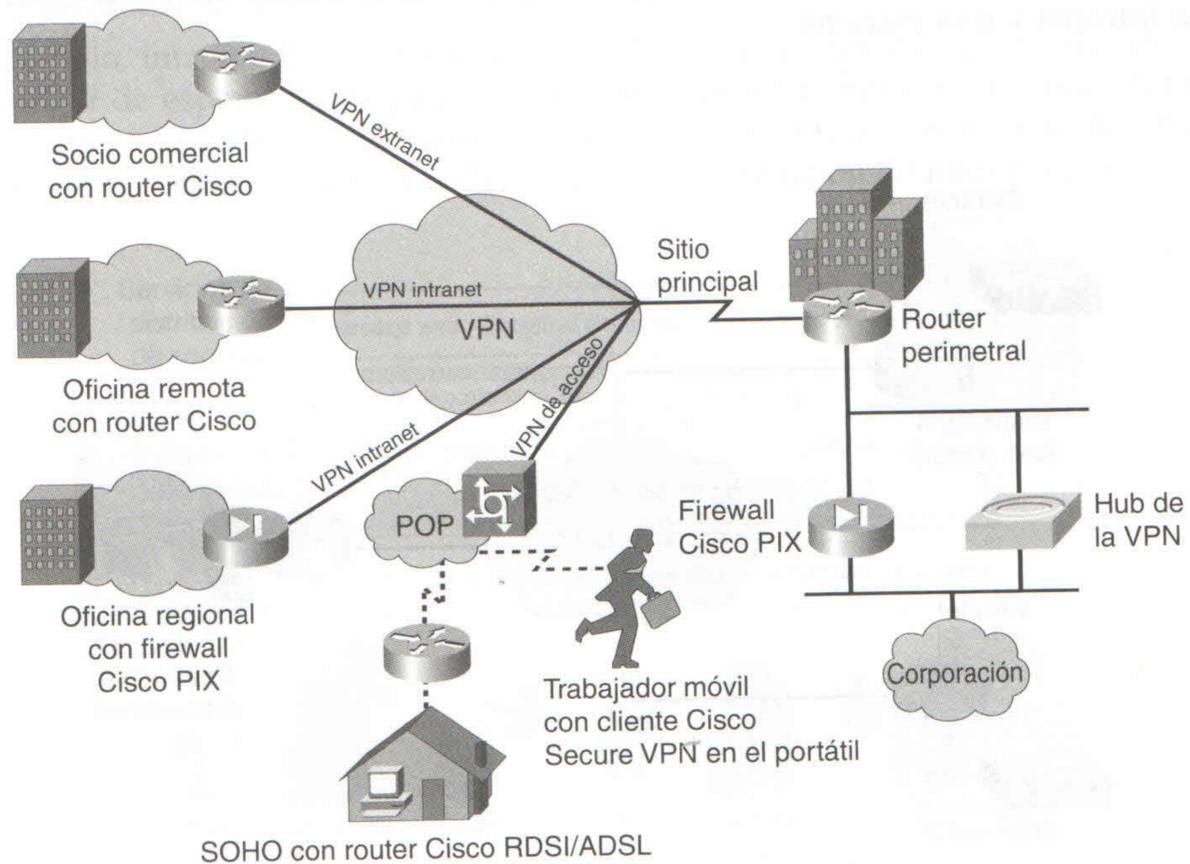


Figura 2.12. Tecnologías VPN.

- Las VPN **extranet** enlazan socios comerciales con la red de la sede central sobre una infraestructura compartida utilizando conexiones dedicadas. Las VPN extranet difieren de las VPN intranet en que sólo permiten el acceso a los usuarios externos a la empresa.

Las VPN tienen las siguientes ventajas:

- Una sencilla tecnología VPN puede proporcionar privacidad a varias aplicaciones TCP/IP, algo especialmente importante en entornos en los que quiere ofrecer acceso seguro a socios o teletrabajadores.
- Los servicios de encriptación se pueden proporcionar a todas las comunicaciones TCP/IP entre el cliente y el servidor VPN. Este escenario tiene la ventaja de ser transparente al usuario final. Como la encriptación está activada, el servidor puede reforzarla.
- La VPN ofrece movilidad a los empleados y les permite acceder con seguridad a la red corporativa.

Ancho de banda digital

Las LAN y las WAN han tenido siempre una cosa en común: el uso del término **ancho de banda** para describir sus posibilidades. Este término es esencial para entender las redes, pero puede resultar confuso al principio. Veamos en detalle este concepto antes de profundizar más en las redes.

La importancia del ancho de banda

El **ancho de banda** se define como la cantidad de información que puede fluir a través de una conexión de red en un periodo de tiempo dado. Esta definición puede resultar sencilla, pero debe comprender el concepto de ancho de banda para estudiar las redes. ¿Por qué es tan importante entender el ancho de banda?

- El **ancho de banda es finito**. Independientemente del medio utilizado para construir la red, el ancho de banda está limitado por la capacidad de la red para transportar información. El ancho de banda está limitado, tanto por las leyes de la física como por las tecnologías empleadas para colocar información en el medio. Por ejemplo, las limitaciones del ancho de banda (debidas a las propiedades físicas de los cables telefónicos de par trenzado y la tecnología de voz del módem) son lo que limita la tasa de transferencia de los módems convencionales a 56 Kbps (kilobits por segundo). Las tecnologías empleadas por DSL también utilizan los mismos cables telefónicos de par trenzado, pero DSL proporciona un ancho de banda mucho mayor que el disponible con los módems convencionales. El rango de frecuencia (ancho de banda) que DSL utiliza es mucho más ancho que el rango de frecuencia utilizado por la voz (y por los módems POTS). Por ello puede enviar más bits por segundo (bps) a través de DSL. La fibra óptica tiene el potencial físico para proporcionar ancho de banda ilimitado. Aun así, no se puede hacer uso de todo el poten-



cial de la fibra óptica hasta que se desarrollen tecnologías que se beneficien por completo de ese potencial.

- **El ancho de banda no es libre.** Es posible comprar equipamiento para una LAN que proporcione un ancho de banda casi ilimitado durante mucho tiempo. Para las conexiones WAN, casi siempre es necesario comprar ancho de banda a un proveedor de servicios. En ambos casos, una comprensión del ancho de banda y los cambios en la demanda para un ancho de banda durante un periodo de tiempo dado, pueden ahorrar a una persona o una empresa una cantidad de dinero significativa. Un administrador de redes necesita tomar las decisiones correctas acerca de qué clases de equipamiento y servicios adquirir.
- **El ancho de banda es un factor clave para analizar el rendimiento de la red, diseñar nuevas redes y entender Internet.** Un profesional de las redes debe entender el tremendo impacto del ancho de banda y del rendimiento en el desarrollo y el diseño de una red. La información fluye como una cadena de bits desde una computadora a otra a través del mundo. Internet son billones de billones de bits que representan cantidades de información masivas circulando de un lado a otro por todo el globo en segundos, o en menos tiempo. En cierto sentido, podría ser apropiado decir que Internet es ancho de banda.
- **La demanda de ancho de banda es siempre creciente.** En cuanto aparecen nuevas tecnologías e infraestructuras de red, se crean nuevas aplicaciones que se benefician de la mayor capacidad. La distribución por la red de contenido multimedia, incluyendo flujos de datos de vídeo y audio, requiere enormes cantidades de ancho de banda. Los sistemas de telefonía IP que se están instalando en sustitución de los sistemas de voz tradicionales, suponen mayor necesidad de ancho de banda. El profesional de las redes debe anticiparse a la necesidad de incrementar el ancho de banda y planificar en consecuencia.

Analogías que describen el ancho de banda digital

La idea de que la información fluye sugiere dos analogías que pueden facilitarle la comprensión del ancho de banda en una red. Como se dice que el tráfico y el agua “fluyen”, considere lo siguiente:

- **El ancho de banda es como la anchura de una tubería, como muestra la Figura 2.13.** Piense en la red de tuberías que proporciona agua a su hogar y que saca las aguas residuales del mismo. Estas tuberías tienen diferentes diámetros: la tubería de agua principal de la ciudad puede tener 2 metros de diámetro, mientras que la del grifo de la cocina puede tener tan sólo 2 centímetros. La anchura de la tubería determina la capacidad de transportar agua de la tubería. En esta analogía, el agua es como la información, y la anchura de la tubería, como el ancho de banda. De hecho, muchos expertos en redes hablan en términos de “colocar tuberías más grandes” refiriéndose a añadir mayor capacidad de transporte de información.

- **El ancho de banda es como el número de carriles de una autopista, como muestra la Figura 2.14.** Una red de carreteras sirve a cualquier ciudad o municipio. Las autopistas grandes con muchos carriles son unión de carreteras más pequeñas con pocos carriles. Esas carreteras llevan a otras aún más pequeñas y estrechas y, en definitiva, hasta el camino de entrada de las casas y las empresas. Cuando unos cuantos automóviles utilizan el sistema de autopistas, cada uno de ellos puede moverse libremente. Cuando se añade más tráfico, los vehículos se mueven con más lentitud, especialmente en las carreteras con menos carriles. En definitiva, cuanto más tráfico entre en el sistema de autopistas, más congestionadas y lentas se volverán incluso las autopistas con muchos carriles. Una red de datos es como el sistema de autopistas, siendo los paquetes de datos análogos a los automóviles y el ancho de banda análogo al número de carriles de la autopista. Cuando se ve una red de datos como un sistema de autopistas, es fácil ver cómo las conexiones de poco ancho de banda pueden provocar tráfico que congestione toda la red.

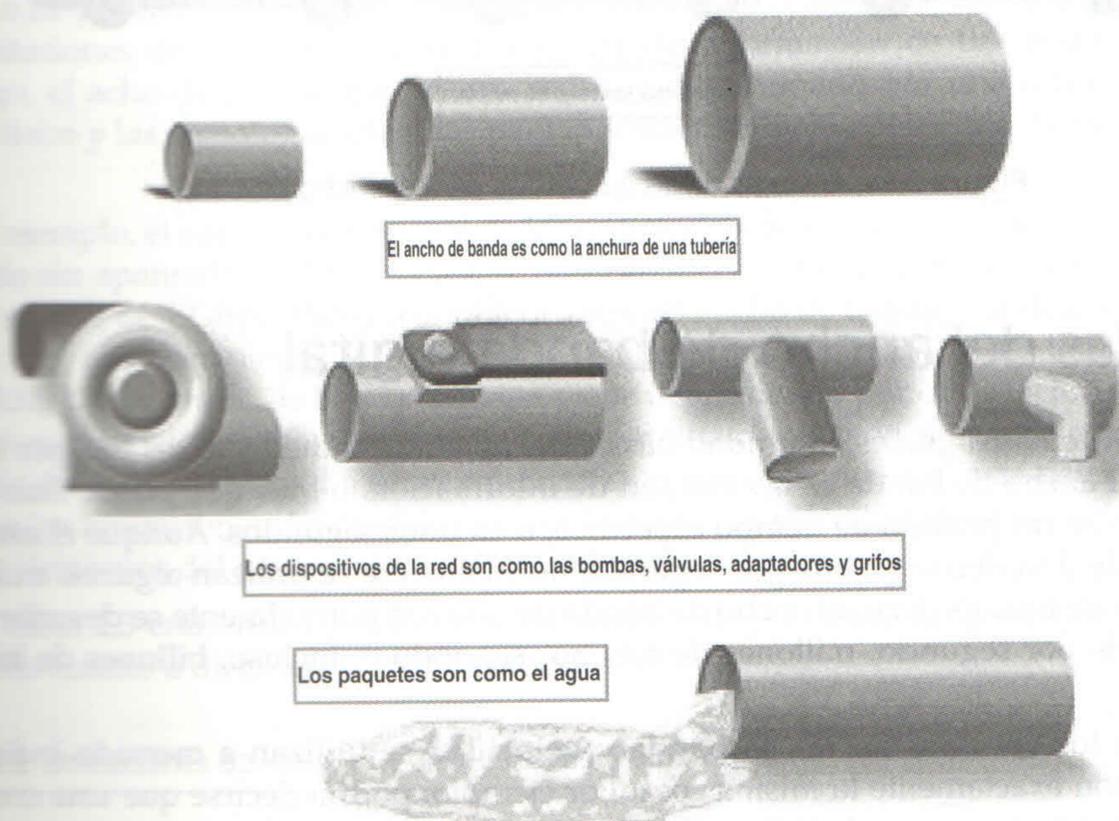


Figura 2.13. Analogía de tuberías para el ancho de banda.

Tenga en cuenta que el verdadero y real significado de ancho de banda, en este contexto, es el número máximo de bits que teóricamente puede pasar a través de un espacio concreto en una cantidad de tiempo específica (bajo ciertas condiciones). Estas analogías sirven para facilitar la comprensión del concepto de ancho de banda.

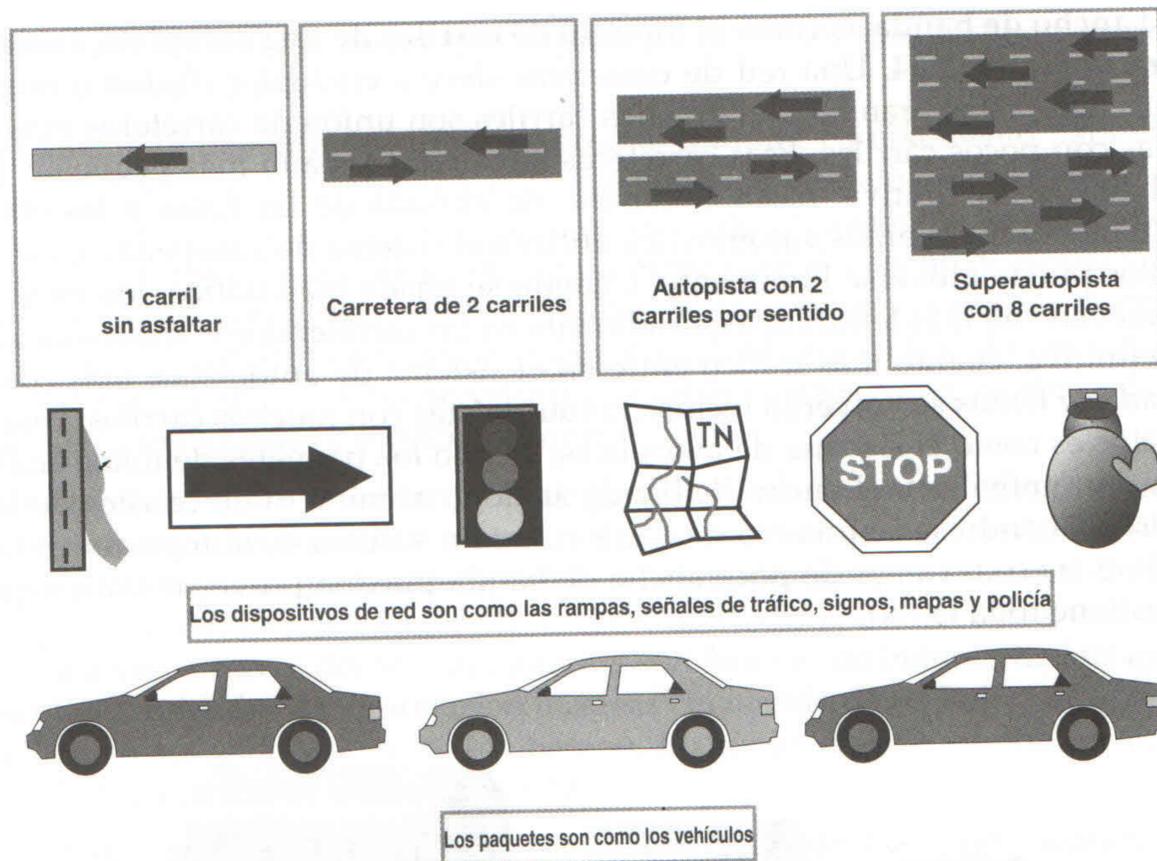


Figura 2.14. Analogía de las autopistas para el ancho de banda.

Medidas del ancho de banda digital

En los sistemas digitales, la unidad básica del ancho de banda son los bits por segundo (bps). El ancho de banda es la cantidad de información, o bits, que puede fluir de un lugar a otro en un periodo de tiempo específico, o en unos segundos. Aunque el ancho de banda puede describirse en bits por segundo, normalmente se utilizan algunos múltiplos del número de bps. Es decir, el ancho de banda de una red normalmente se describe como miles de bits por segundo, millones de bits por segundo o, incluso, billones de bits por segundo.

Aunque los términos **ancho de banda** y **velocidad** se utilizan a menudo indistintamente, no son exactamente la misma cosa. Por ejemplo, podría decirse que una conexión T3 a 45 megabits por segundo (Mbps) funciona a mayor velocidad que una conexión T1 a 1,544 Mbps. Sin embargo, si sólo se está utilizando una pequeña cantidad de su capacidad de transporte de datos, los dos tipos de conexión transportarían los datos aproximadamente a la misma velocidad, del mismo modo que una pequeña cantidad de agua fluye con la misma proporción por una tubería pequeña que por una tubería mayor. Por consiguiente, es más preciso decir que una conexión T3 tiene un mayor ancho de banda que una T1, porque puede transportar más información en el mismo periodo de tiempo, no porque tenga una velocidad mayor.

La Tabla 2.2 resume las distintas unidades del ancho de banda.

Tabla 2.2. Unidades del ancho de banda.

Unidad de ancho de banda	Abreviatura	Equivalente
Bits por segundo	bps	1 bps = unidad fundamental del ancho de banda
Kilobits por segundo	Kbps	1 Kbps = 1000 bps = 10^3 bps
Megabits por segundo	Mbps	1 Mbps = 1.000.000 bps = 10^6 bps
Gigabits por segundo	Gbps	1 Gbps = 1.000.000.000 bps = 10^9 bps

Limitaciones del ancho de banda

El ancho de banda varía en función del tipo de medio, así como de las tecnologías LAN y WAN utilizadas. Las características físicas del medio cuentan para algunas de las diferencias. Las diferencias físicas en los caminos de las señales que viajan a través del cable de cobre de par trenzado, coaxial, fibra óptica e, incluso, el aire resultan fundamentales en las limitaciones de la capacidad de transporte de información de un medio dado. Sin embargo, el ancho de banda real de una red está determinado por una combinación del medio físico y las tecnologías elegidas para la señalización y la detección de las señales de la red.

Por ejemplo, el entendimiento real de las características físicas del cable de cobre de par trenzado sin apantallar (UTP, *Unshielded Twisted-Pair*) coloca el límite teórico de ancho de banda en más de 1 Gbps. Pero en la práctica real, el ancho de banda está determinado por el uso de una tecnología en particular, como Ethernet 10BASE-T, 100BASE-TX o 1000BASE-TX. El ancho de banda también viene determinado por otros factores variantes, como el número de usuarios en la red, el equipamiento utilizado, las aplicaciones, la cantidad de difusión, etcétera. En otras palabras, el ancho de banda real está determinado no sólo por las limitaciones del medio, sino también por los métodos de señalización, las NIC y otros elementos del equipamiento de red elegidos.

La Tabla 2.3 enumera algunos tipos de medios de red comunes, junto con sus limitaciones en cuanto a distancia y ancho de banda.

Tabla 2.3. Limitaciones de longitud y anchos de banda máximos.

Medio	Ancho de banda máximo teórico	Distancia física máxima
Cable coaxial de 50 ohmios (Ethernet 10Base2, ThinNet)	10 Mbps	185 m
Cable coaxial de 50 ohmios (Ethernet 10BASE5, Thicknet)	10 Mbps	500 m
Cable UTP de categoría 5 (Ethernet 10BASE-T)	10 Mbps	100 m

(continúa)

Tabla 2.3. Limitaciones de longitud y anchos de banda máximos (continuación).

Medio	Ancho de banda máximo teórico	Distancia física máxima
Cable UTP de categoría 5 (Ethernet 100BASE-TX)	100 Mbps	100 m
Cable UTP de categoría 5 (Ethernet 1000BASE-TX)	1000 Mbps	100 m
Fibra óptica multimodo (62.5/125 μm) (Ethernet 100BASE-FX)	100 Mbps	2000 m
Fibra óptica multimodo (62.5/125 μm) (Ethernet 1000BASE-SX)	1000 Mbps	220 m
Fibra óptica multimodo (50/125 μm) (Ethernet 1000BASE-SX)	1000 Mbps	550 m
Fibra óptica monomodo (9/125 μm) (Ethernet 1000BASE-LX)	1000 Mbps	5000 m

La Tabla 2.4 resume los servicios WAN comunes y el ancho de banda asociado a cada uno.

Tabla 2.4. Servicios y anchos de banda WAN.

Servicio WAN	Usuario típico	Ancho de banda
Módem	Particulares	56 kbps = 0,056 Mbps
ADSL	Particulares, teletrabajadores y pequeñas empresas	12 kbps a 6,1 Mbps = 0,128 Mbps a 6,1 Mbps
RDSI	Teletrabajadores y pequeñas empresas	128 kbps = 0,128 Mbps
Frame Relay	Pequeñas instituciones (escuelas) y empresas de tamaño medio	56 kbps a 44,736 Mbps (EE.UU.) o 34,368 Mbps (Europa) = 0,056 Mbps a 44,736 Mbps (EE.UU.) o 34,368 Mbps (Europa)
T1	Grandes entidades	1,544 Mbps
T3	Grandes entidades	44,736 Mbps
STS-1 (OC-1)	Compañías telefónicas; <i>backbones</i> de compañías de datos	51,840 Mbps
STS-3 (OC-3)	Compañías telefónicas; <i>backbones</i> de compañías de datos	155,251 Mbps
STS-48 (OC-48)	Compañías telefónicas; <i>backbones</i> de compañías de datos	2,488 Gbps

Tasa de transferencia

El ancho de banda es la medida de la cantidad de información que puede moverse a través de la red en un periodo de tiempo dado. Por consiguiente, la cantidad de ancho de

banda disponible es una parte crítica de la especificación de la red. Puede construirse una LAN típica para proporcionar 100 Mbps a cualquier estación de trabajo de escritorio, pero eso no significa que cada usuario pueda mover realmente un centenar de megabits de datos a través de la red en cada segundo de uso. Eso sólo es cierto bajo las circunstancias más ideales. El concepto de tasa de transferencia de datos puede ayudar a explicar por qué es así.

La **tasa de transferencia (o rendimiento)** se refiere al ancho de banda real, medido en un momento concreto del día, empleando rutas concretas de Internet, mientras se transmite un conjunto específico de datos por la red. Desafortunadamente, por muchas razones, la tasa de transferencia es con frecuencia menor que el máximo ancho de banda digital posible del medio que se está empleando. Los siguientes son algunos de los factores que determinan la tasa de transferencia:

- Dispositivos de *internetworking*.
- Tipos de datos que se van a transferir.
- Topología de la red.
- Número de usuarios en la red.
- La computadora del usuario.
- El servidor.
- Condiciones de la energía.
- Congestión.

El ancho de banda teórico de la red es una consideración importante en el diseño de la red, porque la tasa de transferencia de la red nunca es mayor que dicho ancho de banda, debido a las limitaciones impuestas por el medio y las tecnologías de red elegidas. La Figura 2.15 enumera algunas de las variables que afectan a la tasa de transferencia. Sin embargo, para un administrador y un diseñador de redes es importante considerar los factores que pueden afectar a la tasa de transferencia real. Midiendo dicho rendimiento en unas condiciones básicas, un administrador de redes será consciente de los cambios en el rendimiento de la red y de los cambios en las necesidades de los usuarios de la misma. La red pueden ajustarse entonces en consecuencia.

Cálculo de la transferencia de datos

Los administradores y diseñadores de redes con frecuencia deben tomar decisiones acerca del ancho de banda. ¿Debe incrementarse el tamaño de la conexión WAN para acomodar una nueva base de datos? ¿El *backbone* actual de la LAN tiene suficiente ancho de banda para un flujo de datos de vídeo de un programa de aprendizaje? Las respuestas a preguntas parecidas a éstas no siempre son fáciles de encontrar, pero un buen punto por donde empezar es con un cálculo sencillo de la transferencia de datos.

La fórmula $T = S / BW$ (tiempo de transferencia = tamaño del fichero / ancho de banda) permite al administrador de la red estimar algunos de los componentes del rendimiento de la red. Si se conoce el tamaño típico de fichero para una determinada aplicación,

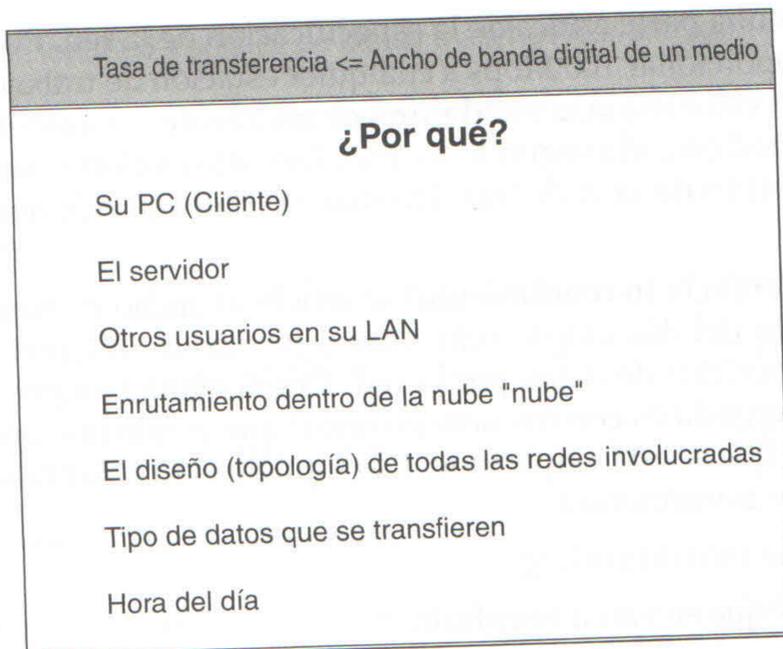


Figura 2.15. Variables de la tasa de transferencia.

dividiendo el tamaño de fichero por el ancho de banda de la red se tiene una estimación del tiempo más rápido de transferencia del fichero.

Deben considerarse dos puntos importantes al hacer este cálculo:

- El resultado es sólo una estimación porque el tamaño del fichero no incluye ningún consumo de recursos añadido por el proceso que tiene lugar para preparar los datos que serán transmitidos por la red. Ese proceso se denomina encapsulación, de la que hablaremos más en detalle en próximos capítulos.
- Es probable que el resultado sea un tiempo de transferencia en el mejor de los casos, porque el ancho de banda disponible casi nunca coincide con el máximo teórico para ese tipo de red. (Puede lograrse una estimación más exacta si la tasa de transferencia se sustituye por el ancho de banda en la ecuación.)

Aunque el cálculo de la transferencia de datos es muy sencillo, puede ser peligroso no utilizar las mismas unidades en toda la ecuación. Es decir, si el ancho de banda está medido en Mbps, el tamaño del fichero debe estarlo en megabits (Mb), no en megabytes (MB). Como el tamaño de los ficheros normalmente se mide en megabytes, debe multiplicar el número de megabytes por 8 para convertirlo en megabits.

Intente contestar a la siguiente pregunta utilizando la fórmula $T = S / BW$. (Asegúrese de convertir las unidades de medida que sean necesarias.)

¿Tardaría menos tiempo en enviar el contenido de un disquete repleto de datos (1,44 MB) por una línea RDSI o en enviar el contenido de un disco duro de 10 GB repleto de datos por una línea OC-48?

La Figura 2.16 resume una sencilla fórmula para el cálculo del tiempo de transferencia de un fichero.

Mejor descarga $T = \frac{S}{BW}$	Descarga típica $T = \frac{S}{P}$
BW =	Ancho de banda teóricamente máximo del "enlace más lento" entre los hosts de origen y de destino (medido en bits por segundo).
P =	Tasa de transferencia real en el momento de la transferencia (medido en bits por segundo).
T =	Tiempo para la transferencia de un fichero (medido en segundos)
S =	Tamaño del fichero en bits.

Figura 2.16. Cálculo del tiempo de transferencia de un fichero.

Ancho de banda digital frente a ancho de banda analógico

Hasta no hace mucho tiempo, las transmisiones de radio, televisión y teléfono se enviaban a través del aire y por cables utilizando ondas electromagnéticas. Esas ondas se llaman *analógicas* porque tienen la misma forma que las ondas de luz y sonido producidas por los transmisores. Al igual que las ondas de luz y sonido cambian de tamaño y forma, la señal eléctrica que transporta la transmisión cambia proporcionalmente. En otras palabras, las ondas electromagnéticas son análogas a las ondas de luz y sonido.

El ancho de banda analógico se mide según la cantidad de espectro electromagnético que está ocupado por cada señal. La unidad básica de ancho de banda analógico es el **hercio (Hz)**, o ciclos por segundo. Normalmente, se utilizan múltiplos de la unidad básica del ancho de banda analógico, como ocurre con el ancho de banda digital. Las unidades de medida más comunes son kilohercio (KHz), megahercio (MHz) y gigahercio (GHz). Son las unidades utilizadas para describir el ancho de banda de los teléfonos inalámbricos (que normalmente operan a 900 MHz o 2,4 GHz). Las frecuencias de red inalámbrica 802.11a y 802.11b normalmente operan a 5 GHz y 2,4 GHz.

Aunque las señales analógicas pueden transportar varios tipos de información, tienen algunos inconvenientes en comparación con las transmisiones digitales. La señal de vídeo analógica que requiere un rango de frecuencia ancho para la transmisión no puede comprimirse en una banda más pequeña. Por consiguiente, si no está disponible el ancho de banda analógico necesario, la señal no puede enviarse. Lo mismo ocurre con el ancho de banda digital; sin embargo, es menos común que ocurra debido a que su capacidad de ancho de banda es mucho más grande.

En la señalización digital, toda la información se envía como bits, independientemente del tipo de información de que se trate. Voz, vídeo y datos son flujos de bits cuando se preparan para su transmisión a través de medios digitales, lo que otorga una importante ventaja al ancho de banda digital frente al analógico. Pueden enviarse cantidades de información limitadas por el canal digital más pequeño (ancho de banda más pequeño). Independientemente del tiempo necesario, cuando la información digital llega a su destino y

es reensamblada, puede visualizarse, escucharse, leerse o procesarse en su formato original.

Es importante entender las diferencias y similitudes entre el ancho de banda digital y el analógico. Ambos tipos son frecuentes en el campo de la tecnología de la información. Sin embargo, como este curso está enfocado principalmente a las redes digitales, el término **ancho de banda** se refiere al ancho de banda digital.

Modelos de red

El aprendizaje de cómo funciona la red resulta mucho más fácil cuando se inicia con unos conceptos y una teoría, y después se va avanzando en aspectos más concretos de la implementación. Al igual que los profesionales de las redes, necesitará aprender la teoría sobre la comunicación entre las redes antes de diseñar, crear o hacer el mantenimiento de las mismas. Comprender el concepto de capas puede servirle para entender la acción que se produce durante la comunicación entre dos computadoras.

Esta sección explica los conceptos de capa y cómo se aplican específicamente a los modelos de comunicación. Dos modelos específicos, OSI y TCP/IP, son los que se describen, así como la comunicación de capa punto a punto y la encapsulación.

Uso de capas para analizar problemas en un flujo de materiales

El concepto de capas ayuda a entender la acción que se produce durante la comunicación entre dos computadoras. Las siguientes preguntas implican al movimiento de objetos físicos, como el tráfico de una autopista o los datos electrónicos:

- ¿Qué es el flujo?
- ¿Qué formas diferentes de flujos hay?
- ¿Qué normas gobiernan el flujo?
- ¿Dónde se produce el flujo?

Ese movimiento de objetos, ya sea físico o lógico, se llama **flujo**. Muchas capas ayudan a describir los detalles del proceso del flujo. Otros ejemplos de sistemas de flujo son el sistema público de agua, el tráfico de una autopista, el correo postal y el sistema de telefonía.

Ahora examine la Tabla 2.5. ¿Qué red está examinando? ¿Cuál es el flujo? ¿Cuáles son las formas diferentes del objeto que fluye? ¿Qué normas lo dirigen? ¿Dónde tiene lugar el flujo? Las redes que se muestran en la tabla le aportarán analogías que le servirán para entender las redes de computadoras.

Tabla 2.5. Comparaciones de redes.

Red	¿Cuál es el flujo?	Diferentes formas	Normas	¿Dónde?
Agua	Agua	Fría, caliente, potable, residual/alcantarilla	Normas de acceso (grifo), no tirar ciertas cosas al alcantarillado	Tuberías
Autopista	Vehículos	Camiones, coches, motos	Leyes de tráfico y normas de urbanidad	Carreteras y autopistas
Correos	Objetos	Cartas (información escrita), paquetes	Normas de empaquetado y franqueo	Buzones, oficinas, camiones, aviones y personal de reparto
Teléfono	Información	Mensajes hablados	Normas para acceder al teléfono y reglas de educación	Cables del sistema telefónico, ondas EM, etc.

El proceso de comunicación de redes es complejo. Los datos, en forma de señales electrónicas, deben viajar a través de los medios hasta la computadora de destino adecuada, y después convertirse de nuevo en datos para que puedan ser leídos por el destinatario. Este proceso consta de varios pasos y, por este motivo, la manera más eficiente de implementar las comunicaciones de red es mediante un proceso por capas. En el proceso de comunicación por capas, cada capa realiza una tarea específica.

En las siguientes secciones verá cómo se interrumpe el proceso de comunicación por red utilizando un modelo por capas. Observará también cómo los datos se envían a través de la red y cómo alcanzan su destino correcto. Mientras aprende el proceso de comunicación entre redes, es muy importante que comprenda sus distintos pasos, componentes y protocolos, para que le proporcionen una información valiosa sobre la resolución de problemas que pueda serle útil cuando el proceso de comunicación no funcione correctamente.

Uso de capas para describir la comunicación de datos

La dificultad de tratar con comunicaciones por red es que se trata de un proceso muy complejo. Sería sumamente difícil para alguien entender este proceso si observara la comunicación en red sólo como un todo. La solución a este tema es dividir el sistema de comunicación por red en una serie de capas. Cada una es responsable de una parte específica de la comunicación por red. Esas capas sólo interactúan con las capas que tienen inmediatamente encima y debajo. Esta interacción define exactamente el propósito de una capa. Los dos modelos de red comunes que utilizan capas son el modelo de referencia OSI (*Open System Interconnection, Internetworking* de sistemas abiertos) y el modelo de referencia TCP/IP.

El modelo de referencia OSI

El primer desarrollo de las LAN, MAN y WAN fue en muchos sentidos caótico. A principios de los 80, se vieron aumentos tremendos en el número y tamaño de las redes. Mientras las empresas se daban cuenta que podían ahorrar dinero y ganar en productividad usando tecnología de red, añadieron redes y expandieron las ya existentes casi tan rápidamente como se introducían las nuevas tecnologías de redes y los nuevos productos.

A mediados de los 80, esas empresas comenzaron a experimentar las secuelas del crecimiento en todas las expansiones que realizaron. Incluso fue más difícil para las redes que emplearon especificaciones e implementaciones diferentes para comunicarse entre sí. Comprendieron entonces que necesitaban apartarse de los sistemas de red propietarios (patentados). Los sistemas patentados se desarrollan, poseen y controlan en privado. En la industria de las computadoras, patentado es lo opuesto a abierto. Patentado quiere decir que un grupo, o un pequeño grupo de empresas, controla toda la evolución y utilización de una tecnología. **Abierto** significa el libre uso de la tecnología disponible para el gran público.

Para solucionar el problema de incompatibilidad e incapacidad de comunicación entre los diferentes sistemas de red, la Organización internacional de normalización (ISO, *International Organization for Standardization*) investigó los esquemas de red, como DECnet, SNA (*Systems Network Architecture*, Arquitectura de sistemas de red) y TCP/IP, para encontrar un conjunto de normas. Como resultado de la investigación, la ISO creó un modelo de red que podía ayudar a los fabricantes a crear redes que fuesen compatibles y que pudiesen operar con otras redes.

El proceso de dividir las comunicaciones complejas en tareas más pequeñas y sencillas se podría comparar con el proceso de construcción de un automóvil. Cuando se toma como un todo, el diseño, la fabricación y el ensamblaje de un automóvil es un proceso muy complejo. Es improbable que una persona sepa cómo realizar todas las tareas que se llevar a cabo para construir un automóvil desde el principio. Éste es el motivo por el que los ingenieros diseñan el coche, los técnicos de fabricación diseñan los moldes para crear las partes y los técnicos de ensamblaje unen cada parte del coche.

El **modelo de referencia OSI**, lanzado en 1984, fue el esquema descriptivo que creó la ISO. Este modelo proporcionó a los fabricantes un conjunto de normas que podían facilitar una mayor compatibilidad e interoperatividad entre los diferentes tipos de tecnologías de red producidos por muchas de las empresas de todo el mundo.

El modelo de referencia OSI es el modelo principal para las comunicaciones de red. Aunque existen otros modelos, la mayoría de los fabricantes actuales relacionan sus productos con el modelo de referencia OSI, especialmente cuando quieren educar a los usuarios en el empleo de sus productos. Lo consideran la mejor herramienta disponible para enseñar cómo se envían y reciben datos en la red.

El modelo de referencia OSI define las funciones de red que suceden en cada capa. Y lo más importante, este modelo es un armazón que se puede emplear para comprender cómo viaja la información a través de la red. Además, puede usarse para visualizar cómo la información, o paquetes de datos, viaja desde las aplicaciones (hojas de cálculo, documentos, etc.), por un medio de red (por ejemplo, los cables), hasta otras aplicaciones que

están ubicadas en otra computadora de la red, aunque el emisor y el receptor tengan diferentes tipos de medios de red.

El modelo de referencia OSI tiene siete capas numeradas, cada una ilustrando una función de red en particular:

- Capa 7: capa de aplicación.
- Capa 6: capa de presentación.
- Capa 5: capa de sesión.
- Capa 4: capa de transporte.
- Capa 3: capa de red.
- Capa 2: capa de enlace de datos.
- Capa 1: capa física.

Esta separación de las funciones de la red se llama división en capas. Dividir la red en estas siete capas proporciona las siguientes ventajas:

- Divide la comunicación de red en partes más pequeñas y sencillas.
- Facilita la normalización de los componentes de la red, al permitir el desarrollo y el soporte de múltiples fabricantes.
- Permite que diferentes tipos de hardware y software de red se comuniquen entre sí.
- Impide que los cambios en una capa afecten a las otras, por lo que se pueden desarrollar más rápidamente.
- Divide la comunicación de la red en partes más pequeñas para hacer más fácil su comprensión y entendimiento.

Al trabajar con las capas del modelo de referencia OSI, entenderá cómo viajan los paquetes de datos a través de una red y qué dispositivos operan en cada capa. Como resultado, entenderá cómo solucionar problemas en la red si se producen durante el flujo del paquete de datos.

Funciones y capas OSI

Cada capa OSI tiene un conjunto de funciones que debe ejecutar un paquete de datos para viajar desde el origen hasta el destino en una red. Las secciones siguientes describen cada capa del modelo de referencia OSI.

Capa 7: la capa de aplicación

La **capa de aplicación** es la capa OSI más cercana al usuario. Proporciona servicios de red, como acceso e impresión de los ficheros para las aplicaciones del usuario. Difiere de otras capas en que no proporciona servicio a ninguna otra capa OSI, sino sólo a las aplicaciones externas al modelo OSI. Ejemplos de dichas aplicaciones son los programas de hoja de cálculo y los procesadores de texto. La capa de aplicación establece la disponibilidad de servicios de comunicación deseados. También sincroniza y establece un acuerdo en los pro-

cedimientos para la recuperación de errores e integridad en el control de datos. Ejemplos de aplicaciones de la capa 7 son Telnet y HTTP.

Capa 6: la capa de presentación

La **capa de presentación** asegura que la información que se envía a la capa de aplicación de un sistema se va a poder leer por la capa de aplicación de otro sistema. Si es necesario, la capa de presentación traduce múltiples formatos de datos empleando un formato común. Una de las tareas más importantes de esta capa es el cifrado y el descifrado. Los estándares gráficos comunes de la capa 6 son PICT, TIFF y JPEG. Ejemplos de los estándares de esta capa que rigen la presentación del sonido y las películas son MIDI y MPEG.

Capa 5: la capa de sesión

Como su nombre indica, la **capa de sesión** establece, administra y finaliza las sesiones entre dos *hosts* de comunicación. La capa de sesión proporciona sus servicios a la capa de presentación. También sincroniza el diálogo entre las capas de presentación de los dos *hosts* y administra el intercambio de datos. Además de regular la sesión, la capa de sesión ofrece abastecimiento para una eficiente transferencia de datos, clase de servicio y, excepcionalmente, informa de problemas en las capas de sesión, presentación y aplicación. Ejemplos de protocolos de la capa 5 son NFS (*Network File System*, Sistema de archivos de red), sistema X-Window y ASP (*AppleTalk Session Protocol*, Protocolo de sesión de AppleTalk).

Capa 4: la capa de transporte

La **capa de transporte** segmenta los datos del sistema del *host* remitente y los reordena en un flujo de datos en el sistema del *host* receptor. El límite entre la capa de transporte y la capa de sesión puede imaginarse como el límite entre los protocolos de aplicación y los de flujo de datos. Mientras que las capas de aplicación, presentación y sesión se preocupan por los temas de la aplicación, las cuatro capas inferiores se preocupan por los temas del transporte de datos.

La capa de transporte intenta proporcionar un servicio de transporte de datos que proteja a las capas superiores de los detalles de la implementación del transporte. Específicamente, lograr un transporte fiable entre dos *hosts* es el objetivo de la capa de transporte. Al proporcionar un servicio de comunicación, la capa de transporte establece, mantiene y finaliza adecuadamente los circuitos virtuales. Para suministrar un servicio fiable, se emplea la detección y recuperación de errores en el transporte y la información en el control del flujo. Ejemplos de protocolos de la capa 4 son TCP (*Trasmisión Control Protocol*, Protocolo para el control de la transmisión), UDP (*Use Datagram Protocol*, Protocolo de datagrama de usuario) y SPX (*Sequenced Packet Exchange*, Intercambio de paquetes secuenciado).

Capa 3: la capa de red

La **capa de red** es una capa compleja que proporciona conectividad y una selección de ruta entre dos sistemas *host* que pueden estar ubicados en redes geográficamente separadas. Además, la capa de red se ocupa del direccionamiento lógico. Ejemplos de protocolos de la capa 3 son IP (*Internet Protocol*, Protocolo Internet), IPX (*Internetwork Packet Exchange*, Intercambio de paquetes entre redes) y AppleTalk.

Capa 2: la capa de enlace de datos

La **capa de enlace de datos** proporciona un tránsito de datos fiable a través de un enlace físico. De este modo, la capa de enlace de datos se ocupa del direccionamiento físico (lo contrario a lógico), de la topología de la red, del acceso a la red, de la notificación de errores, de la distribución ordenada de tramas y del control del flujo.

Capa 1: la capa física

La **capa física** define las especificaciones eléctricas, mecánicas, procedimentales y funcionales para activar, mantener y desactivar el enlace físico entre sistemas finales. Características como niveles de voltaje, cronometraje de los cambios de voltaje, velocidad de los datos físicos, distancias máximas de transmisión, conectores físicos y otros atributos similares, se definen mediante las especificaciones de la capa física.

Comunicaciones de igual a igual

Para que los paquetes de datos viajen desde el origen hasta el destino, cada capa del modelo OSI del origen debe comunicarse con la misma capa del destino. Esta forma de comunicación se llama **comunicación de igual a igual** (*peer-to-peer*). Durante este proceso, los protocolos de cada capa intercambian información, llamada **unidad de datos del protocolo** (*PDU*, *Protocol Data Unit*), entre las capas iguales. Cada capa de comunicación de la computadora de origen se comunica con una PDU específica de capa y con su capa igual de la computadora de destino, como muestra la Figura 2.17.

Los paquetes de datos de una red se crean en el origen y después viajan hasta el destino. Cada capa depende de la función del servicio de la capa OSI que esté debajo. Para proporcionar este servicio, la capa inferior utiliza la encapsulación para colocar la PDU de la capa superior en su campo de datos. Entonces, cada capa añade cualesquiera cabeceras que necesite para realizar su función. Mientras los datos se mueven entre las capas del modelo OSI, se añaden cabeceras adicionales. La agrupación de datos en la PDU de la capa se llama **segmento**.

La **capa de red** proporciona un servicio a la capa de transporte. La capa de red mueve los datos a través de la red encapsulándolos y adjuntando una cabecera para crear un paquete (la PDU de la capa 3). La cabecera contiene la información necesaria para completar la transferencia, como las direcciones lógicas de origen y destino.

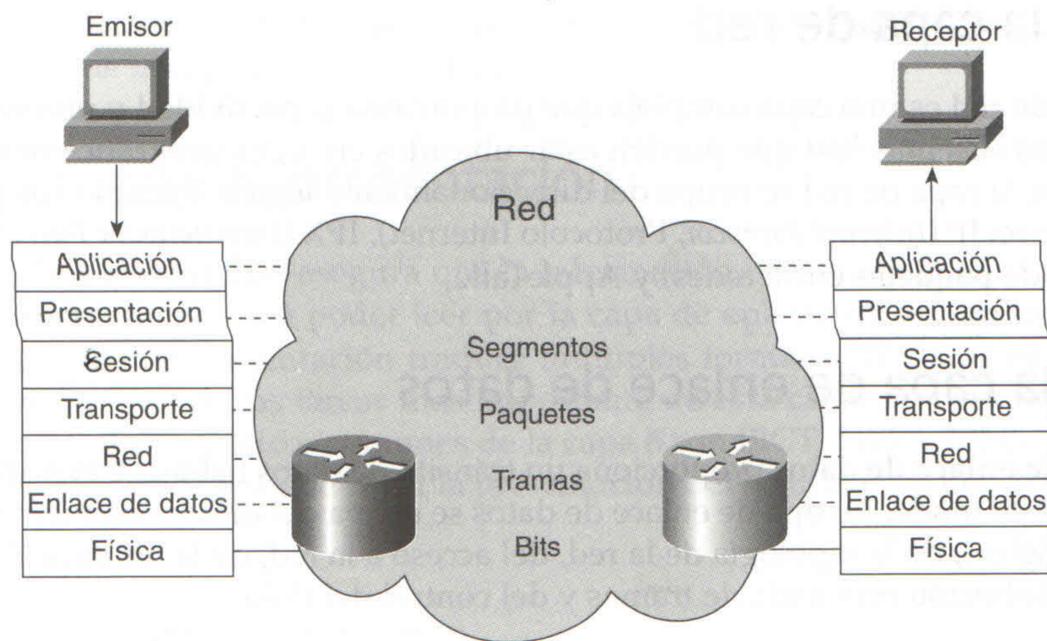


Figura 2.17. Comunicación de igual a igual.

La capa de enlace de datos proporciona un servicio a la capa de red. Encapsula la información de la capa de red en una **trama** (la PDU de la capa 2). La cabecera de la trama contiene las direcciones físicas necesarias para completar las funciones de enlace de datos y la información final de la trama contiene la secuencia de verificación de trama (FCS, Frame Check Sequence), que utiliza el receptor para detectar si los datos tienen errores. Después se convierten en los datos que se pasan hacia abajo, a la capa física.

La capa física también proporciona un servicio a la capa de enlace de datos. La capa física codifica la trama de enlace de datos en un patrón de 1 y 0 (bits) para la transmisión por el medio (normalmente un cable) en la Capa 1. Los dispositivos de red como *hubs*, *switches* y *routers* trabajan en las tres capas inferiores. Los *hubs* operan en la capa 1, los *switches* en la capa 2 y los *routers* en la capa 3. La primera capa que negocia con el transporte de extremo a extremo entre usuarios finales es la capa de transporte (capa 4).

Modelo DoD (TCP/IP)

Aunque el modelo de referencia OSI está universalmente reconocido, el estándar abierto histórica y técnicamente de Internet es el Protocolo para el control de la transmisión/Protocolo Internet (TCP/IP). El modelo de referencia TCP/IP y el protocolo TCP/IP apilan la posible comunicación de datos entre dos computadoras de cualquier parte del mundo, a casi la velocidad de la luz. El modelo TCP/IP tiene una importancia histórica, al igual que las normas que permitieron florecer a las industrias de telefonía, electricidad, ferrocarril, televisión y vídeo.

El Departamento de defensa de EE UU. (DoD) creó el modelo de referencia TCP/IP porque quería una red que pudiese sobrevivir en cualquier condición, incluso a una guerra nuclear. Para ilustrarlo mejor, imagine una guerra mundial, con todo el mundo entre-

creado por diferentes tipos de conexiones: cables, microondas, fibras ópticas y enlaces por satélite. Suponga ahora que necesita que fluya la información/datos (en forma de paquetes), sin importarle la condición de cada nodo de la red o de la *internetwork* en particular (en este caso, podrían haber sido destruidos). El DoD quería que sus paquetes llegaran en todo momento y bajo cualquier condición, desde cualquier punto hasta otro punto. Este fue el difícil problema de diseño que provocó la creación del modelo de referencia TCP/IP, que es el estándar por el que ha crecido Internet.

Mientras vaya leyendo sobre las capas del modelo TCP/IP, recuerde la intención original de Internet; puede que le ayude a explicarle ciertas cosas tal y como son. El modelo TCP/IP, como muestra la Figura 2.18, tiene cuatro capas:

- Capa de aplicación.
- Capa de transporte.
- Capa de Internet.
- Capa de acceso a la red.

OSI	TCP/IP
Aplicación (Capa 7)	Aplicación
Presentación (Capa 6)	
Sesión (Capa 5)	
Transporte (Capa 4)	Transporte
Red (Capa 3)	Internet
Enlace de datos (Capa 2)	Acceso a la red
Física (Capa 1)	

Figura 2.18. El modelo TCP/IP.

Es importante observar que algunas de las capas del modelo TCP/IP tienen los mismos nombres que las capas del modelo OSI. No confunda las capas de los dos modelos. Incluso con el mismo nombre, la mayoría de las capas tienen las mismas funciones en cada modelo, pero otras no.

ACTIVIDAD DE LABORATORIO

Modelos OSI y TCP/IP

En este ejercicio describirá y comparará las capas de los modelos OSI y TCP/IP. También nombrará los protocolos y utilidades TCP/IP que operan en cada capa.

Proceso de encapsulación detallado

Todas las comunicaciones en una red se generan en un origen y se envían a un destino. La información que se envía a una red se denomina datos o paquetes de datos. Si una com-