

## Nivel de aplicación

El *nivel de aplicación* en TCP/IP es equivalente a una combinación de los niveles de sesión, presentación y aplicación del modelo OSI. En este nivel se definen muchos protocolos. En los últimos capítulos se cubren muchos de estos protocolos estándar.

## 2.5 DIRECCIONAMIENTO

En una red que utiliza protocolos TCP/IP se utilizan cuatro niveles de direcciones: **direcciones físicas** (enlace), **direcciones lógicas** (IP), **direcciones de puertos** y direcciones específicas (véase la Figura 2.17).

Cada dirección está relacionada con un nivel específico de la arquitectura de TCP/IP, como se muestra en la Figura 2.18.

### Direcciones físicas

La dirección física, también conocida como dirección de enlace, es la dirección de un nodo tal y como viene definida por su LAN o WAN. Se incluye en la trama utilizada por el nivel de enlace de datos. Es la dirección de más bajo nivel.

La dirección física tiene autoridad sobre la red (LAN o WAN). El tamaño y formato de estas direcciones varían dependiendo de la red. Por ejemplo, Ethernet utiliza una dirección física de 6 bytes (48 bits) que se imprimen en la tarjeta interfaz de red (NIC). LocalTalk (Apple), sin embargo, tiene una dirección dinámica de 1 byte que cambia cada vez que la estación arranca.

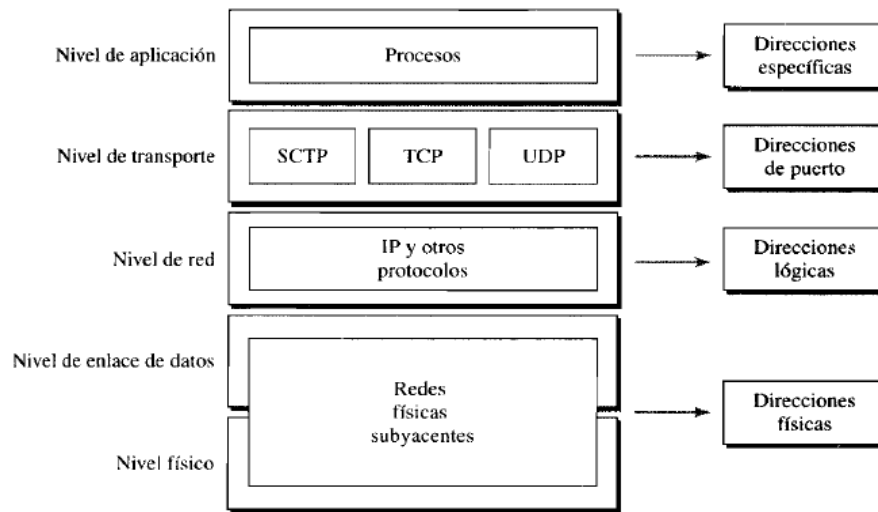
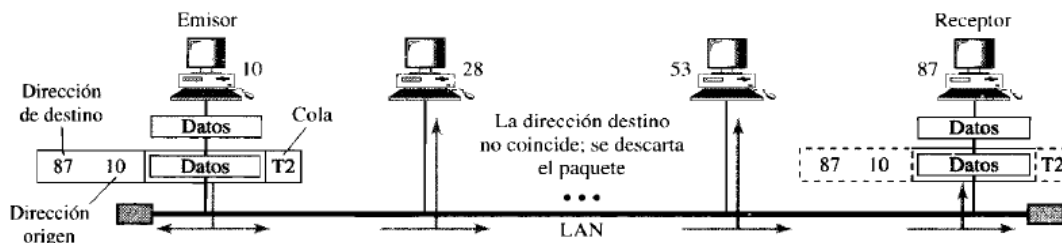
### Ejemplo 2.1

En la Figura 2.19 un nodo con dirección física 10 envía una trama a un nodo con dirección física 87. Los dos nodos están conectados por un enlace (LAN con topología en bus). En el nivel de enlace de datos, esta trama contiene en la cabecera la dirección física (de enlace). Estas son las únicas direcciones necesarias. El resto de la cabecera contiene otra información necesaria para este nivel. La cola normalmente contiene bits extra necesarios para la detección de errores. Como se muestra en la figura, la computadora con dirección física 10 es la emisora y la computadora con dirección física 87 es la receptora. El nivel de enlace de datos en la emisora recibe datos del nivel superior. Encapsula estos datos en una trama y añade una cabecera y una cola. La cabecera, entre otras cosas, transporta las direcciones físicas del emisor y del receptor. Observe que en la mayoría de los protocolos de nivel de enlace de datos, la dirección destino 87 en este caso, se pone antes que la dirección origen (10 en este caso).

Se ha mostrado una topología en bus para una LAN aislada. En una topología en bus, la trama se propaga a todas las direcciones (derecha e izquierda). La trama propagada hacia la izquierda muere cuando alcanza el final del cable, si el cable finaliza apropiadamente. La trama propagada a la derecha se envía a cada estación de la red. Cada estación con

**Figura 2.17** Direcciones en TCP/IP.



**Figura 2.18** Relaciones entre los niveles y las direcciones en TCP/IP.**Figura 2.19** Direcciones físicas.

una dirección física distinta a la 87 descarta la trama debido a que la dirección de destino no coincide con su propia dirección física. La computadora destino correcta, sin embargo, encuentra una trama con una dirección física igual a la suya. Se comprueba la trama, se descarta la cabecera y la cola y se recuperan los datos encapsulados y se entregan al nivel superior.

### Ejemplo 2.2

Como se verá en el Capítulo 12, la mayoría de las redes de área local utilizan una dirección física de 48 bits (6 bytes) escritas con 12 dígitos hexadecimales; cada byte (2 dígitos hexadecimales) se separa por dos puntos, como se muestra a continuación:

**07:01:02:01;2C:4B**

Una dirección física de 6 bytes (12 dígitos hexadecimales)

## Direcciones lógicas

Las direcciones lógicas son necesarias para comunicaciones universales que son independientes de las redes físicas subyacentes. Las direcciones físicas no son adecuadas en un entorno de interconexión donde diferentes redes pueden tener diferentes formatos de dirección. Se necesita un sistema de direccionamiento universal en el que cada *host* pueda ser identificado de forma única, sin tener en cuenta la red física a la que pertenece.

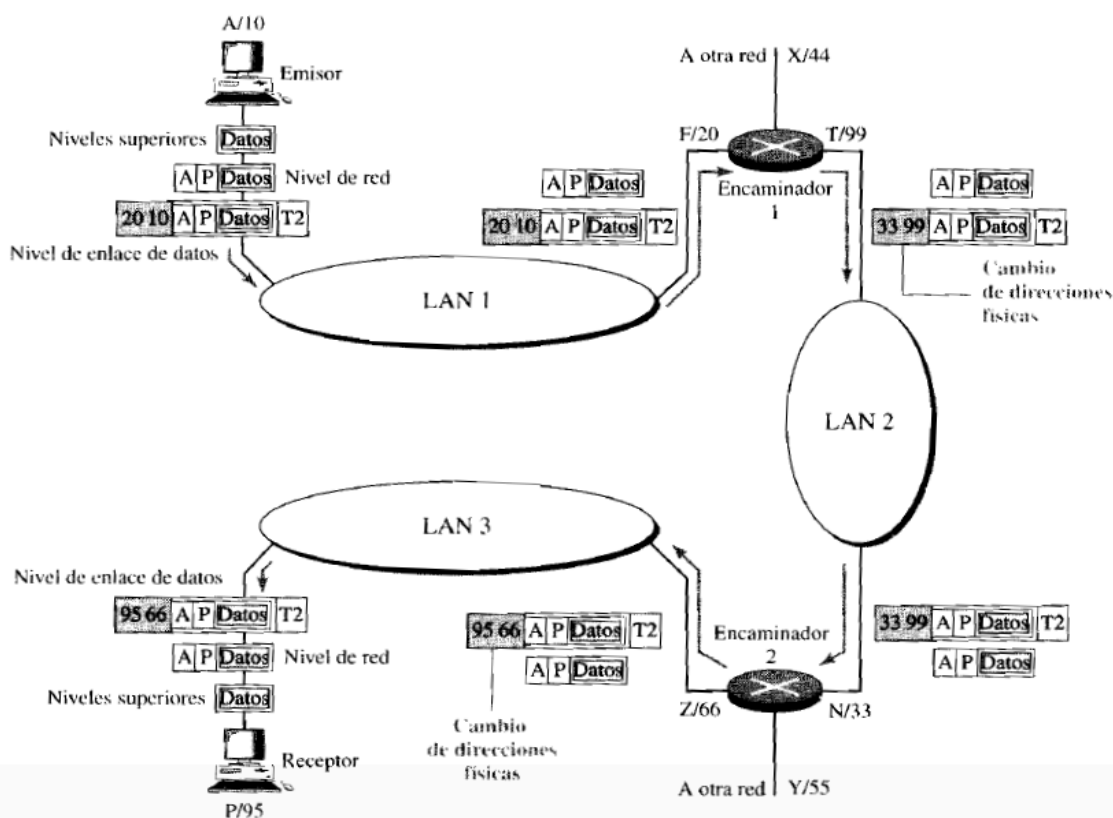
Con este objetivo se han diseñado las direcciones lógicas. Una dirección lógica en Internet es actualmente una dirección de 32 bits que define de forma única a un *host* conectado a Internet. No hay dos *hosts* visibles y con direcciones públicas que puedan tener la misma dirección IP.

### Ejemplo 2.3

La Figura 2.20 muestra una parte de una Internet con dos encaminadores que conectan tres LAN. Cada dispositivo (computadora o encaminador) tiene un par de direcciones (lógica y física) para cada conexión. En este caso, cada computadora se conecta a sólo un enlace y por tanto sólo tiene un par de direcciones. Cada encaminador, sin embargo, se conecta a tres redes (sólo se muestran dos en la figura). De esta forma, cada encaminador tiene tres pares de direcciones, una para cada conexión. Aunque puede parecer obvio que cada encaminador tenga una dirección física distinta para cada conexión, puede no ser tan obvio por qué necesita una dirección lógica para cada conexión. En el Capítulo 22 se tratarán estos aspectos al presentar el encaminamiento.

La computadora con dirección lógica A y dirección física 10 necesita enviar un paquete a la computadora con dirección lógica P y dirección física 95. Se utilizan letras para mostrar las direcciones lógicas y números

**Figura 2.20** Dirección IP.



para las direcciones físicas. Tenga en cuenta, sin embargo, que ambas son en realidad números, como se verá más tarde en este capítulo.

El emisor encapsula sus datos en un paquete en el nivel de red y añade dos direcciones lógicas (A y P). Observe que en la mayoría de los protocolos, la dirección lógica origen se pone antes que la dirección lógica del destino (al contrario de lo que ocurre con las direcciones físicas). El nivel de red, sin embargo, necesita encontrar la dirección física del siguiente salto antes de que el paquete pueda ser entregado. El nivel de red consulta su tabla de encaminamiento (véase el Capítulo 22) y encuentra que la dirección lógica del siguiente salto (encaminador 1) es F. El protocolo ARP presentado anteriormente encuentra la dirección física del encaminador 1 que se corresponde con la dirección lógica 20. Ahora el nivel de red pasa esta dirección al nivel de enlace de datos, que a su vez, encapsula el paquete con la dirección física del destino 20 y su dirección física origen 10.

La trama es recibida por cada dispositivo en la LAN 1, pero es descartada en todos excepto por el encaminador 1, que observa que la dirección física del destinatario incluida en la trama coincide con su propia dirección física. El encaminador extrae el paquete de la trama para leer la dirección lógica del destinatario P. Puesto que la dirección lógica no coincide con la dirección lógica del encaminador, éste se da cuenta de que el paquete debe ser reencaminado. El encaminador consulta su tabla de encaminamiento y utiliza el protocolo ARP para encontrar la dirección física del destinatario del siguiente salto (encaminador 2), crea una nueva trama, la encapsula en un paquete y la envía al encaminador 2.

Observe la dirección física de la trama. La dirección física del origen cambia de 10 a 99. La dirección física del destinatario cambia de 20 (dirección física del encaminador 1) a 33 (dirección física del encaminador 2). Las direcciones lógicas del emisor y del destinatario siguen siendo las mismas, en caso contrario el paquete se perdería.

En el encaminador 2 se produce un escenario similar. Se cambian las direcciones físicas y se envía una nueva trama a la computadora destino. Cuando la trama alcanza el destino, se extrae el paquete de la trama. La dirección lógica del destinatario P coincide con la dirección lógica de la computadora. Se extraen los datos del paquete y se entregan al nivel superior. Observe que aunque las direcciones físicas cambian de nodo a nodo, las direcciones lógicas permanecen sin cambios. Hay algunas excepciones a esta regla que se descubrirán más tarde en el libro.

---

**Las direcciones físicas cambiarán de nodo a nodo,  
pero las direcciones lógicas normalmente permanecen sin cambios.**

---

## Direcciones de puertos

La dirección IP y la dirección física son necesarias para que los datos viajen del *host* origen al destino. Sin embargo, llegar al nodo destino no es el objetivo final de la comunicación de datos en Internet. Hoy en día, las computadoras son dispositivos que pueden ejecutar múltiples procesos al mismo tiempo. El objetivo final de la comunicación en Internet es que un proceso se comuniquen con otro proceso. Por ejemplo, la computadora A puede comunicarse con la computadora C utilizando TELNET. Al mismo tiempo, la computadora A puede comunicarse con la computadora B utilizando el protocolo de transferencia de ficheros (FTP). Para que estos procesos puedan recibir datos simultáneamente, se necesita un método que etiquete a los diferentes procesos. En otras palabras, se necesitan direcciones. En la arquitectura de TCP/IP, la etiqueta asignada a un proceso se denomina puerto. Un puerto en TCP/IP tiene 16 bits.

### Ejemplo 2.4

La Figura 2.21 muestra dos computadoras que se comunican mediante Internet. La computadora emisora está ejecutando tres procesos al mismo tiempo con direcciones de puertos a, b y c. La computadora destino está ejecutando dos procesos

al mismo tiempo en los puertos j y k. El proceso a en la computadora origen necesita comunicarse con el proceso j en la computadora destino. Observe que aunque ambas computadoras están utilizando la misma aplicación, FTP, por ejemplo, los puertos son diferentes debido a que uno es un programa cliente y el otro es un programa servidor, como se verá en el Capítulo 23. Para indicar que los datos del proceso a necesitan entregarse al proceso j y no al k, el nivel de transporte encapsula los datos del nivel de aplicación en un paquete y añade dos direcciones de puertos (a y j), origen y destino. El paquete del nivel de transporte es encapsulado en otro paquete en el nivel de red con las direcciones lógicas del emisor y del receptor (A y P). Finalmente, el paquete se encapsula en una trama con la dirección física del origen y la dirección física del siguiente nodo. No se muestran las direcciones físicas debido a que cambian de nodo a nodo dentro de la nube designada como Internet. Observe que aunque las direcciones físicas cambian de nodo a nodo, las direcciones lógicas y direcciones de puertos permanecen sin cambios desde el origen al destino. Hay algunas excepciones a esta regla que se tratarán más tarde en el libro.

---

**Las direcciones físicas cambian de nodo a nodo, pero las direcciones lógicas y los puertos normalmente permanecen sin cambios.**

---

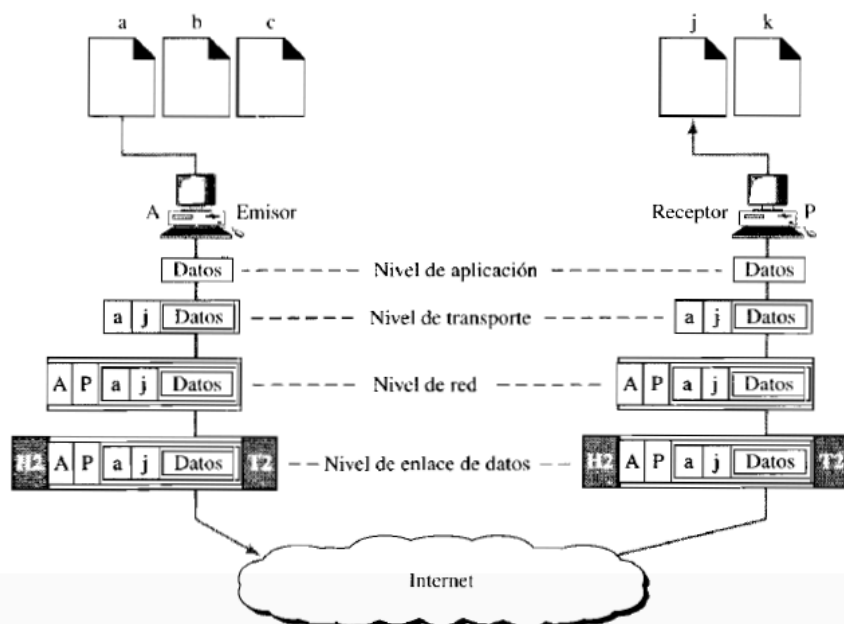
### Ejemplo 2.5

Como se verá en el Capítulo 23, un puerto es una dirección de 16 bits representada por un número decimal como se muestra a continuación.

753

Un puerto es un número de 16 bits representado como un único número.

**Figura 2.21** Direcciones de puertos.



### Direcciones específicas

Algunas aplicaciones tienen direcciones amigables para el usuario que se designan para esas direcciones específicas. Ejemplos incluyen las direcciones de correo electrónico (por ejemplo, *forouzan@fhda.edu*) y el localizador de recursos universal (URL) (por ejemplo, *www.mhhe.com*). La primera define el receptor de un correo electrónico (véase el Capítulo 26); la segunda se utiliza para encontrar un documento en la World Wide Web (véase el Capítulo 27). Estas direcciones, sin embargo, se cambian a sus direcciones de puertos y direcciones lógicas correspondientes en la computadora origen, como se verá en el Capítulo 25.