

## 7- CAPA DE ENLACE DE DATOS

### 7.0 INTRODUCCIÓN DEL CAPITULO

#### 7.0.1 Introducción del capítulo

Para sostener nuestras comunicaciones, el modelo OSI divide las funciones de una red de datos en capas.

Para resumir:

- La capa de aplicación provee la interfaz al usuario.
- La capa de transporte es responsable de dividir y manejar las comunicaciones entre los procesos que funcionan en los dos sistemas finales.
- Los protocolos de capa de red organizan nuestros datos de comunicación para que puedan viajar a través de internetworks desde el host que los origina hasta el host destino.

Para que los paquetes de capa de red sean transportados desde el host origen al host destino deben recorrer diferentes redes físicas. Estas redes físicas pueden componerse de diferentes tipos de medios físicos, tales como alambres de cobre, microondas, fibras ópticas y enlaces satelitales. Los paquetes de capas de red no tienen una manera de acceder directamente a estos diferentes medios.

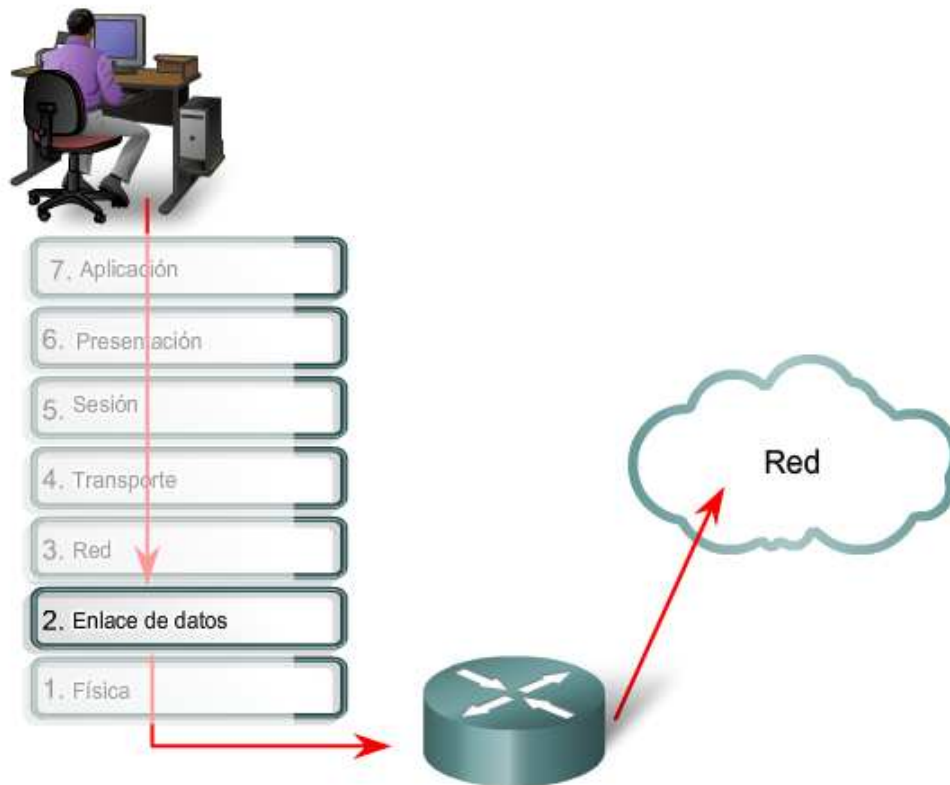
La función de la capa de enlace de datos de OSI es preparar los paquetes de la capa de red para ser transmitidos y controlar el acceso a los medios físicos.

Este capítulo presenta las funciones generales de la capa de enlace de datos y de los protocolos asociados con ella.

#### Objetivos de aprendizaje

Al completar este capítulo, usted podrá:

- Explicar el papel de los protocolos de capa de enlace de datos en la transmisión de datos.
- Describir cómo la capa de enlace de datos prepara los datos para transmitirlos sobre los medios de red.
- Describir los diferentes tipos de métodos de control de acceso a los medios.
- Identificar varias topologías comunes de red lógica y describir cómo la topología lógica determina el método de control de acceso a los medios para esa red.
- Explicar el propósito de encapsular paquetes en tramas para facilitar el acceso a los medios.
- Describir la estructura de trama de la Capa 2 e identificar campos genéricos.
- Explicar el papel de los campos clave de encabezado de trama y tráiler, lo que incluye direccionamiento, calidad de servicio, tipo de protocolo y secuencia de verificación de trama.



La capa de enlace de datos prepara datos de red para la red física.

## 7.1 CAPA DE ENLACE DE DATOS: ACCESO AL MEDIO

### 7.1.1 Capa de enlace de datos: soporte y conexión a servicios de capa superior

La capa de enlace de datos proporciona un medio para intercambiar datos a través de medios locales comunes.

La capa de enlace de datos realiza dos servicios básicos:

Permite a las capas superiores acceder a los medios usando técnicas, como tramas.

Controla cómo los datos se ubican en los medios y son recibidos desde los medios usando técnicas como control de acceso a los medios y detección de errores.

Como con cada una de las capas OSI, existen términos específicos para esta capa:

Trama: el PDU de la capa de enlace de datos.

Nodo: la notación de la Capa 2 para dispositivos de red conectados a un medio común.

Medios/medio (físico)\*: los medios físicos para la transferencia de información entre dos nodos.

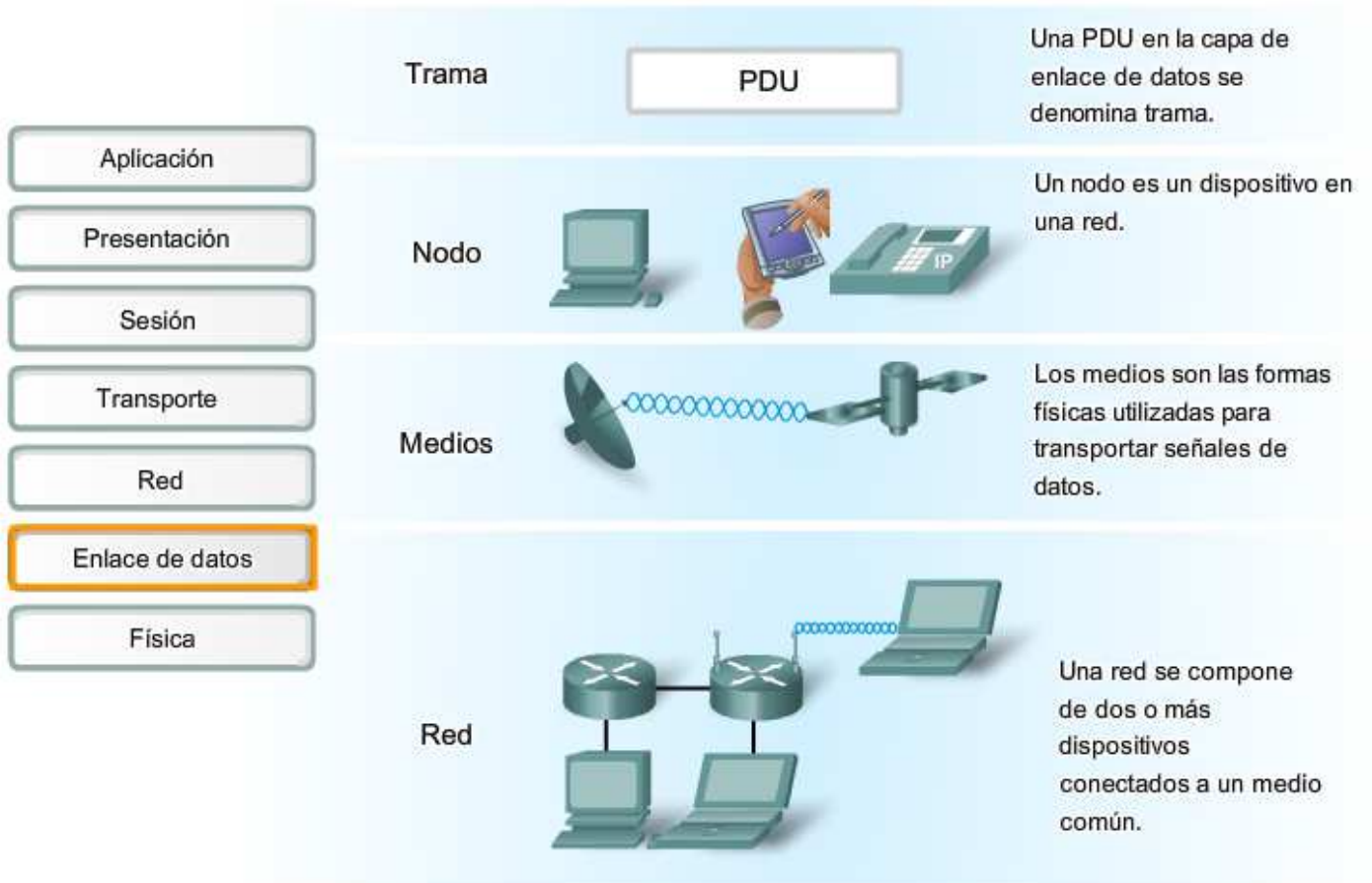
Red (física)\*\*: dos o más nodos conectados a un medio común.

La capa de enlace de datos es responsable del intercambio de tramas entre nodos a través de los medios de una red física.

\*Es importante comprender el significado de las palabras medio y medios en el contexto de este capítulo. Aquí, estas palabras se refieren al material que realmente transporta las señales que representan los datos transmitidos. Los medios son el cable de cobre, la fibra óptica físicos o el entorno a través de los cuales la señal viaja. En este capítulo, medios no se refiere a programación de contenido tal como audio, animación, televisión y video, como se utiliza al referirse a contenidos digitales y multimedia.

\*\*Una red física es diferente de una red lógica. Las redes lógicas se definen en la capa de red mediante la configuración del esquema de direccionamiento jerárquico. Las redes físicas representan la interconexión de dispositivos de medios comunes. Algunas veces, una red física también es llamada segmento de red.

### Términos de la capa de enlace de datos



### Acceso al medio de la capa superior

Como hemos mencionado, un modelo de red permite que cada capa funcione con un mínimo interés por los papeles de las otras capas. La capa de enlace de datos releva a las capas superiores de la responsabilidad de colocar datos en la red y de recibir datos de la red. Esta capa proporciona servicios para soportar los procesos de comunicación para cada medio por el cual se transmitirán los datos.

En cualquier intercambio de paquetes de capas de red, puede haber muchas transiciones de medios y capa de enlace de datos. En cada salto a lo largo de la ruta, un dispositivo intermediario, generalmente un router, acepta las tramas de un medio, desencapsula la trama y luego envía el paquete a una nueva trama apropiada para los medios de tal segmento de la red física.

Imagine una conversación de datos entre dos hosts distantes, como una PC en París con un servidor de Internet en Japón. Aunque los dos hosts puedan comunicarse con sus Protocolos de capa de red par (por ejemplo, IP) es probable que numerosos Protocolos de capa de enlace de datos se estén usando para transportar paquetes IP a través de varios tipos de LAN y WAN. Este intercambio de paquetes entre dos hosts requiere una diversidad de protocolos que debe existir en la capa de enlace de datos. Cada transición a un router puede requerir un protocolo de capa de enlace de datos diferente para el transporte a un medio nuevo.

Observe en la figura que cada enlace entre dispositivos utiliza un medio diferente. Entre la PC y el router puede haber un enlace Ethernet. Los routers están conectados a través de un enlace satelital y la computadora portátil está conectada a través de un enlace inalámbrico al último router. En este ejemplo, como un paquete IP viaja desde la PC hasta la computadora portátil, será encapsulado en la trama Ethernet, desencapsulado, procesado y luego encapsulado en una nueva trama de enlace de datos para cruzar el enlace satelital. Para el enlace final, el paquete utilizará una trama de enlace de datos inalámbrica desde el router a la computadora portátil.

La capa de enlace de datos aísla de manera efectiva los procesos de comunicación en las capas superiores desde las transiciones de medios que pueden producirse de extremo a extremo. Un paquete se recibe de un protocolo de capa superior y se dirige a éste, en este caso Ipv4 o Ipv6, que no necesita saber qué medio de comunicación utilizará.

Sin la capa de enlace de datos, un protocolo de capa de red, tal como IP, tendría que tomar medidas para conectarse con todos los tipos de medios que pudieran existir a lo largo de la ruta de envío. Más aún, IP debería adaptarse cada vez que se desarrolle una nueva tecnología de red o medio. Este proceso dificultaría la innovación y desarrollo de protocolos y medios de red. Éste es un motivo clave para usar un método en capas en interconexión de redes.

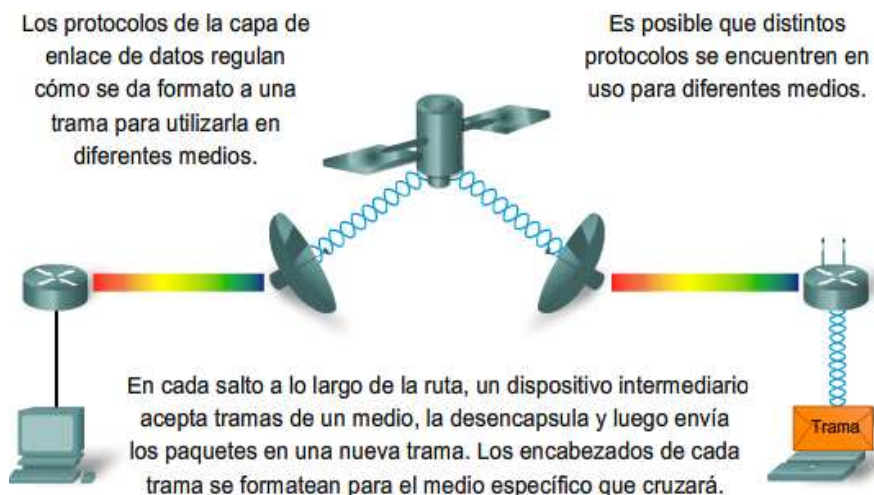
El rango de los servicios de la capa de enlace de datos tiene que incluir todos los tipos de medios actualmente utilizados y los métodos para acceder a ellos. Debido a la cantidad de servicios de comunicación provistos por la capa de enlace de datos, es difícil generalizar su papel y proporcionar ejemplos de un conjunto de servicios genéricos. Por esa razón, note que cualquier protocolo dado puede o no puede soportar todos estos Servicios de capa de enlace de datos.

ISO 7498 – [http://www.sigcomm.org/standards/iso\\_std/OSI\\_MODEL/ISO\\_IEC\\_7498-1.TXT](http://www.sigcomm.org/standards/iso_std/OSI_MODEL/ISO_IEC_7498-1.TXT)

Internetworking Basics – [http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito\\_doc/introint.htm#wp1020777](http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/introint.htm#wp1020777)

MTU – [http://www.tcpipguide.com/free/t\\_IPDatagramSizeMaximumTransmissionUnitMTUFragmentat.htm](http://www.tcpipguide.com/free/t_IPDatagramSizeMaximumTransmissionUnitMTUFragmentat.htm)

#### Capa de enlace de datos



## 7.1.2 Capa de enlace de datos: control de la transferencia a través de medios locales

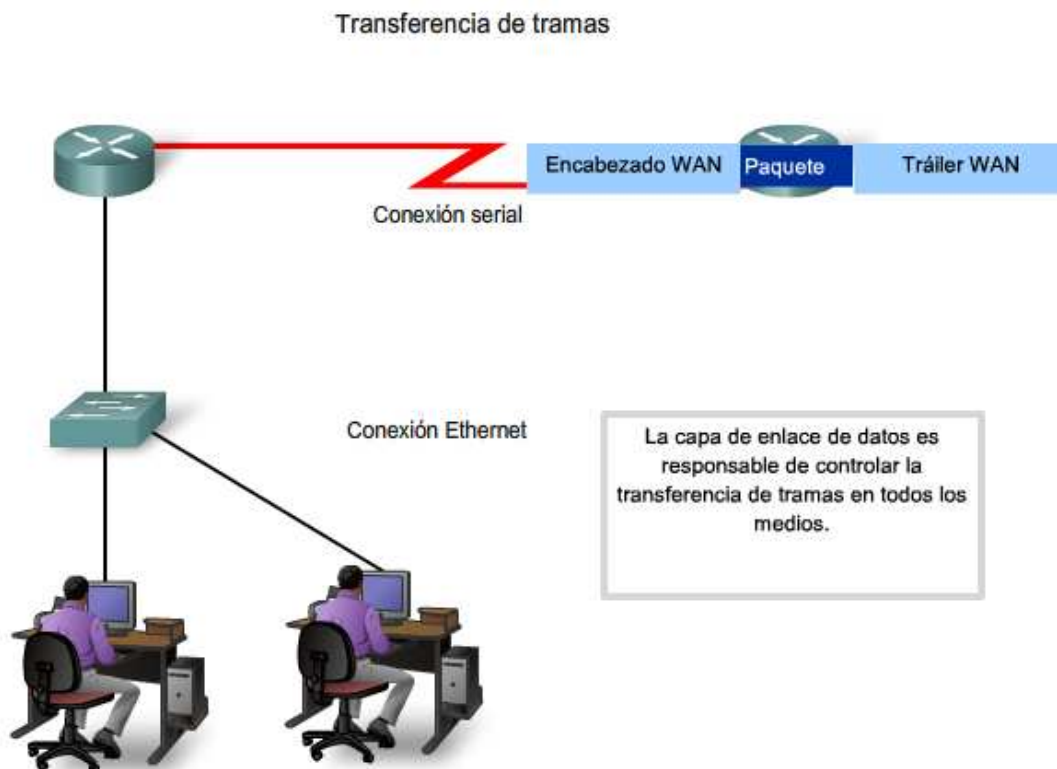
Los protocolos de la Capa 2 especifican la encapsulación de un paquete en una trama y las técnicas para colocar y sacar el paquete encapsulado de cada medio. La técnica utilizada para colocar y sacar la trama de los medios se llama método de control de acceso al medio. Para que los datos se transfieran a lo largo de una cantidad de medios diferentes, puede que se requieran diferentes métodos de control de acceso al medio durante el curso de una única comunicación.

Cada entorno de red que los paquetes encuentran cuando viajan desde un host local hasta un host remoto puede tener características diferentes. Por ejemplo: un entorno de red puede componerse de muchos hosts disputando el acceso a un medio de red de forma ad hoc. Otro entorno puede componerse de una conexión directa entre sólo dos dispositivos sobre los cuales fluyen los datos de manera secuencial como bits de manera ordenada.

**Los métodos de control de acceso al medio descritos en los protocolos de capa de enlace de datos definen los procesos por los cuales los dispositivos de red pueden acceder a los medios de red y transmitir marcos en diferentes entornos de red.**

Un nodo que es un dispositivo final utiliza un adaptador para hacer la conexión a la red. Por ejemplo: para conectarse a una LAN, el dispositivo usaría la tarjeta de interfaz de red (NIC) para conectarse a los medios LAN. El adaptador administra la trama y el control de acceso a los medios.

En dispositivos intermediarios, tales como un router donde los tipos de medios pueden cambiar para cada red conectada, se utilizan diferentes interfaces físicas en el router para encapsular el paquete en la trama apropiada y se utiliza un método de control de acceso a los medios adecuado para acceder a cada enlace. El router de la figura tiene una interfaz Ethernet para conectarse a la LAN y una interfaz serial para conectarse a la WAN. A medida que el router procesa tramas, utilizará los servicios de la capa de enlace de datos para recibir la trama desde un medio, desencapsularlo en la PDU de la Capa 3, reencapsular la PDU en una trama nueva y colocar la trama en el medio del siguiente enlace de la red.



### 7.1.3 Capa de enlace de datos: creación de una trama

La descripción de una trama es un elemento clave de cada protocolo de capa de enlace de datos. Los protocolos de capa de enlace de datos requieren información de control para permitir que los protocolos funcionen. La información de control puede indicar:

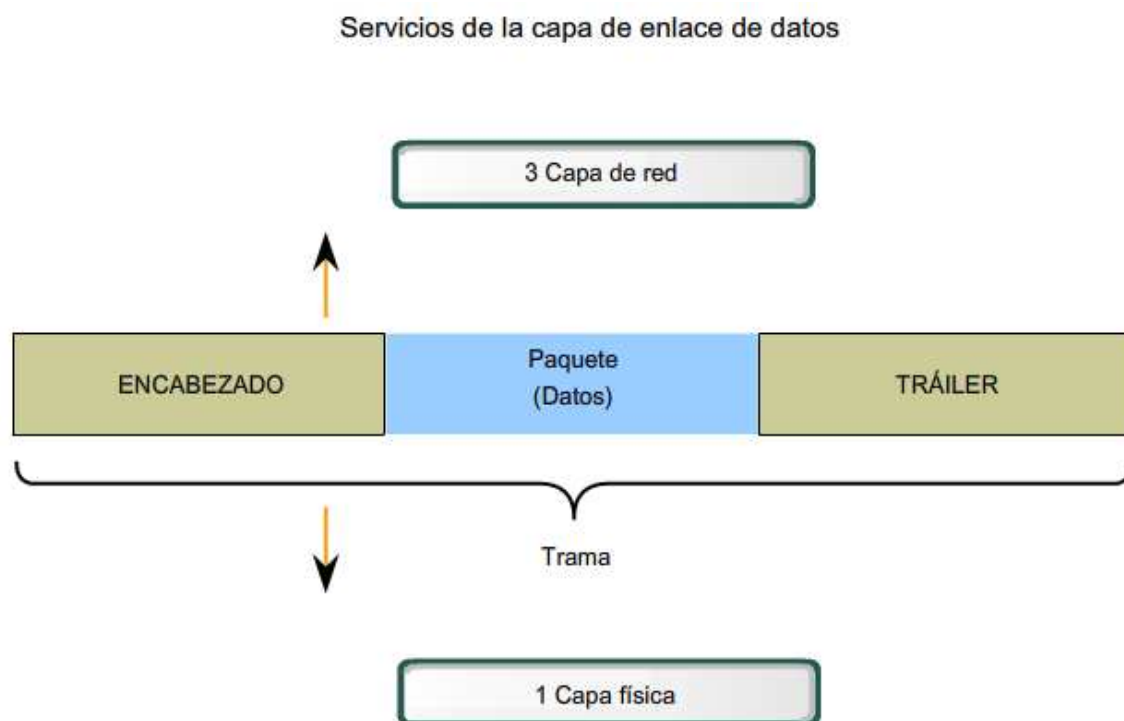
- Qué nodos están en comunicación con otros
- Cuándo comienza y cuándo termina la comunicación entre nodos individuales
- Qué errores se producen mientras los nodos se comunican
- Qué nodos se comunicarán luego

La Capa de enlace de datos prepara un paquete para transportar a través de los medios locales encapsulándolo con un encabezado y un tráiler para crear una trama.

A diferencia de otros PDU que han sido analizados en este curso, la trama de la capa de enlace de datos incluye:

- Datos: El paquete desde la Capa de red
- Encabezado: contiene información de control como direccionamiento y está ubicado al comienzo del PDU
- Tráiler: contiene información de control agregada al final del PDU

Estos elementos de trama se analizarán detalladamente más adelante en este capítulo.



#### Formateo de datos para la transmisión

Cuando los datos viajan por los medios, se convierten en un stream de bits, o en 1 y 0. Si un nodo está recibiendo streams de bits largos ¿cómo determina dónde comienza y termina la trama o qué bits representan una dirección?

El tramado rompe el stream en agrupaciones descifrables, con la información de control insertada en el encabezado y tráiler como valores en campos diferentes. Este formato brinda a las señales físicas una estructura que puede ser recibida por los nodos y decodificada en paquetes en el destino.

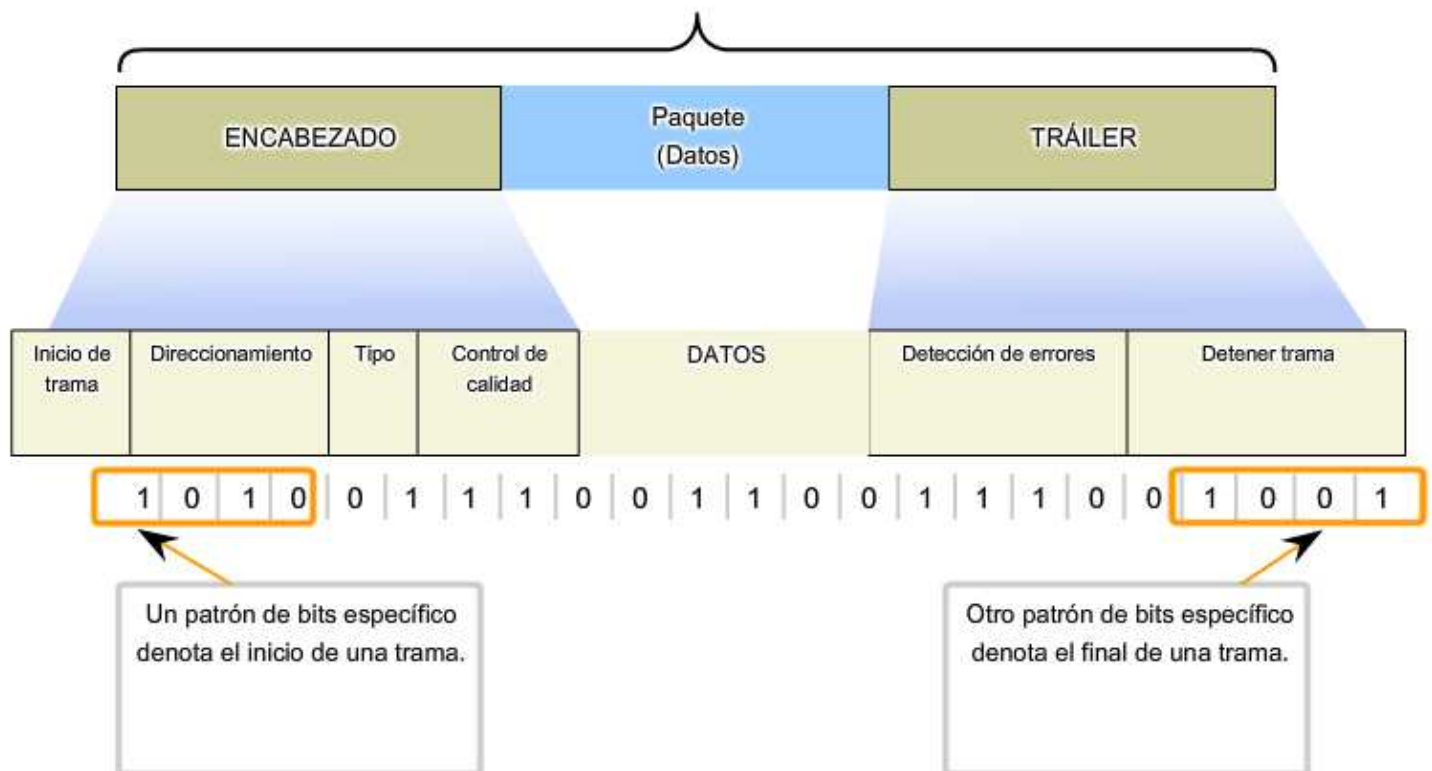
Los tipos de campos típicos incluyen:

- Campos indicadores de comienzo y detención: Límites de comienzo y finalización de la trama
- Nombrar o direccionar campos
- Campo tipo: El tipo de PDU contenido en la trama
- Calidad: campos de control
- Campo de datos: Carga de tramas (Paquete de capa de red)

Campos en el extremo final de la trama desde el tráiler. Estos campos se utilizan para la detección de errores y marcan el final de la trama.

No todos los protocolos incluyen todos estos campos. Los estándares para un protocolo de enlace de datos definen el formato real de la trama. Los ejemplos de formatos de tramas se analizarán al final de este capítulo.

#### Formateo de datos para la transmisión



#### 7.1.4 Capa de enlace de datos: conexión de servicios de capa superior a los medios

La capa de enlace de datos existe como una capa de conexión entre los procesos de software de las capas por encima de ella y la capa física debajo de ella. Como tal, prepara los paquetes de capa de red para la transmisión a través de alguna forma de medio, ya sea cobre, fibra o entornos o medios inalámbricos.

En muchos casos, la Capa de enlace de datos está incorporada en una entidad física como tarjeta de interfaz de red (NIC) de Ethernet, que se inserta dentro del bus del sistema de una computadora y hace la conexión entre los procesos de software que se ejecutan en la computadora y los medios físicos. Sin embargo, la NIC no es solamente una entidad física.

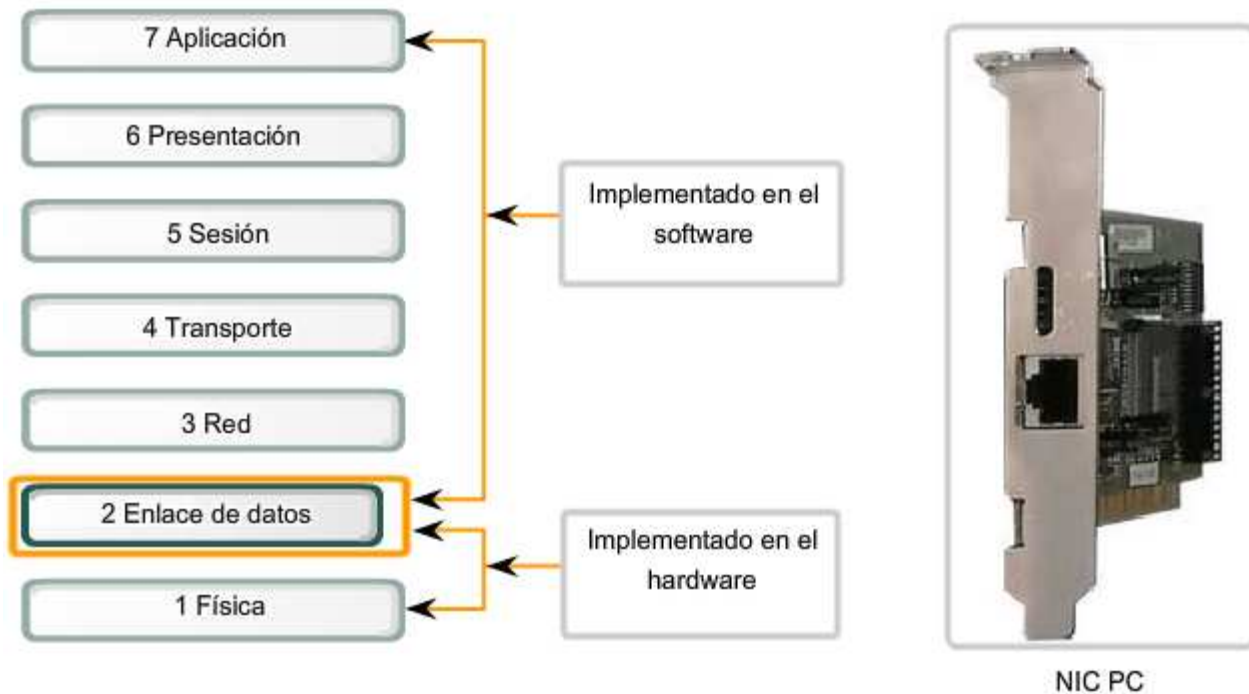


El software asociado con la NIC permite que la NIC realice sus funciones de intermediaria preparando los datos para la transmisión y codificando los datos como señales que deben enviarse sobre los medios asociados.

### Conexión de los servicios de la capa superior con los medios

La capa de enlace de datos conecta las capas del software y del hardware.

Los dispositivos físicos dedicados a la capa de enlace de datos tienen los componentes de hardware y software.



### Subcapas de enlace de datos

Para sostener una gran variedad de funciones de red, la capa de enlace de datos a menudo se divide en dos subcapas: una subcapa superior y una subcapa inferior.

- La subcapa superior define los procesos de software que proveen servicios a los Protocolos de capa de red.
- La subcapa inferior define los procesos de acceso a los medios realizados por el hardware.

Separar la Capa de enlace de datos en subcapas permite a un tipo de trama definida por la capa superior acceder a diferentes tipos de medios definidos por la capa inferior. Tal es el caso en muchas tecnologías LAN, incluida Ethernet.

Las dos subcapas comunes de LAN son:

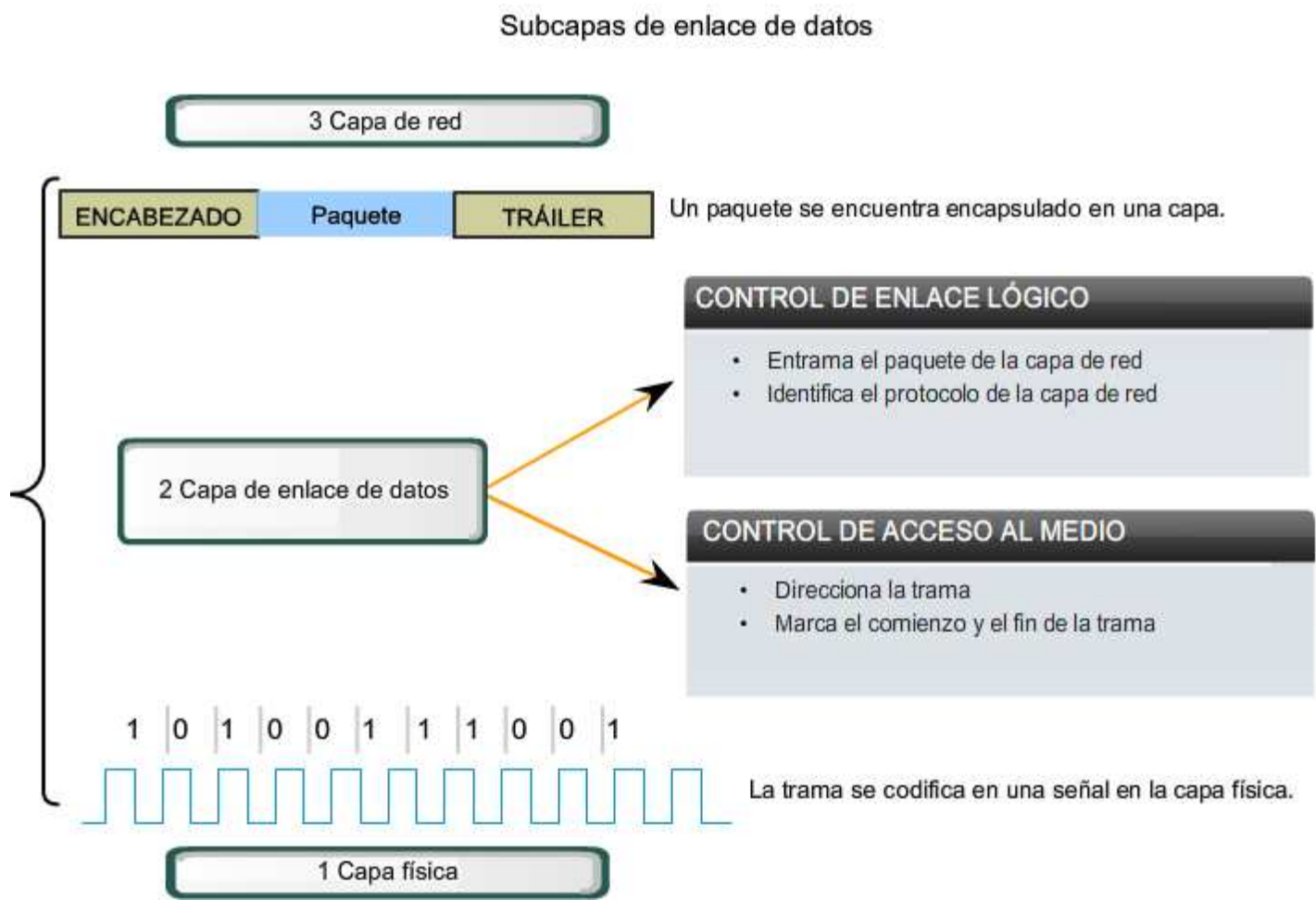
### Control de enlace lógico

El control de enlace lógico (LLC) coloca información en la trama que identifica qué protocolo de capa de red está siendo utilizado por la trama. Esta información permite que varios protocolos de la Capa 3, tales como IP e IPX, utilicen la misma interfaz de red y los mismos medios.

### Control de acceso al medio



El control de acceso al medio (MAC) proporciona a la capa de enlace de datos el direccionamiento y la delimitación de datos de acuerdo con los requisitos de señalización física del medio y al tipo de protocolo de capa de enlace de datos en uso.



### 7.1.5 Capa de enlace de datos: Estándares

A diferencia de los protocolos de las capas superiores del conjunto TCP/IP, los protocolos de capa de enlace de datos generalmente no están definidos por solicitudes de comentarios (RFC). A pesar de que el Grupo de trabajo de ingeniería de Internet (IETF) mantiene los protocolos y servicios funcionales para la suite de protocolos TCP/IP en las capas superiores, la IETF no define las funciones ni la operación de esa capa de acceso a la red del modelo. La capa de acceso de red TCP/IP es el equivalente de las capas de enlace de datos OSI y la física. Estas dos capas se verán en capítulos separados para un análisis más detallado.

Los protocolos y servicios funcionales en la Capa de enlace de datos son descriptos por organizaciones de ingeniería (como IEEE, ANSI y ITU) y compañías en comunicaciones. Las organizaciones de ingeniería establecen estándares y protocolos públicos y abiertos. Las compañías de comunicaciones pueden establecer y utilizar protocolos propios para aprovechar los nuevos avances en tecnología u oportunidades de mercado.

Los servicios y especificaciones de la capa de enlace de datos se definen mediante varios estándares basados en una variedad de tecnologías y medios a los cuales se aplican los protocolos. Algunos de estos estándares integran los servicios de la Capa 2 y la Capa 1.

Las organizaciones de ingeniería que definen estándares y protocolos abiertos que se aplican a la capa de enlace de datos incluyen:

- Organización Internacional para la Estandarización (ISO)
- Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE)
- Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI)
- Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU)

A diferencia de los protocolos de la capa superior que están implementados principalmente en el software como el sistema operativo de host o aplicaciones específicas, los procesos de la Capa de enlace de datos se producen tanto en el software como en el hardware. Los protocolos en esta capa se implementan dentro de la electrónica de los adaptadores de red con los que el dispositivo se conecta a la red física.

Por ejemplo: un dispositivo que implementa la capa de enlace de datos en una computadora sería la tarjeta de interfaz de red (NIC). En una computadora portátil, se utiliza comúnmente un adaptador PCMCIA inalámbrico. Cada uno de estos adaptadores es el hardware que cumple con los estándares y protocolos de la Capa 2.

<http://www.iso.org>

<http://www.ieee.org>

<http://www.ansi.org>

<http://www.itu.int>

#### Estándares para la capa de enlace de datos

ISO:	HDLC (Control de enlace de datos de alto nivel)
IEEE:	802.2 (LLC), 802.3 (Ethernet) 802.5 (Token Ring) 802.11(Wireless LAN [LAN inalámbrico])
ITU:	Q.922 (Estándar de Frame Relay) Q.921 (Estándar de enlace de datos ISDN) HDLC (Control de enlace de datos de alto nivel)
ANSI:	3T9.5 ADCCP (Protocolo de control de comunicación avanzada de datos)

## 7.2 TECNICAS DE CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

### 7.2.1 Colocar tramas en los medios

La regulación de la colocación de tramas de datos en los medios es conocida como **control de acceso al medio**. Entre las diferentes implementaciones de los protocolos de la capa de enlace de datos, hay diferentes métodos de control de acceso a los medios. Estas técnicas de control de acceso al medio definen si los nodos comparten los medios y de qué manera lo hacen.

El control de acceso al medio es el equivalente a las reglas de tráfico que regulan la entrada de vehículos a una autopista. La ausencia de un control de acceso al medio sería el equivalente a vehículos ignorando el resto del tráfico e ingresando al camino sin tener en cuenta a los otros vehículos.

Sin embargo, no todos los caminos y entradas son iguales. El tráfico puede ingresar a un camino confluyendo, esperando su turno en una señal de parada o respetando el semáforo. Un conductor sigue un conjunto de reglas diferente para cada tipo de entrada.

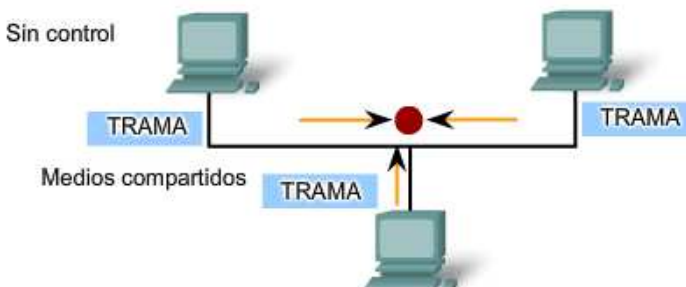
De la misma manera, hay diferentes formas de regular la colocación de tramas en los medios. Los protocolos en la capa de enlace de datos definen las reglas de acceso a los diferentes medios. Algunos métodos de control de acceso al medio utilizan procesos altamente controlados para asegurar que las tramas se coloquen con seguridad en los medios. Estos métodos se definen mediante protocolos sofisticados, que requieren mecanismos que introducen sobrecargas a la red.

El método de control de acceso al medio utilizado depende de:

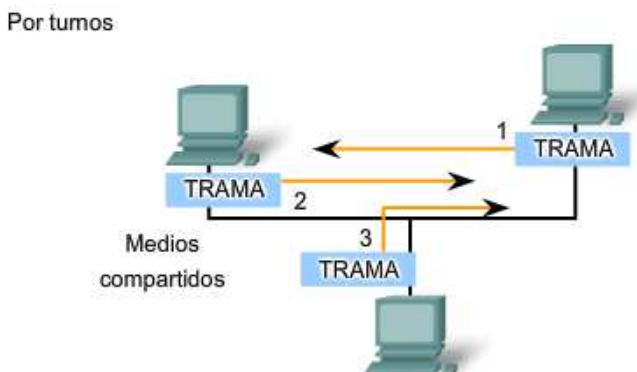
- Compartir medios: si y cómo los nodos comparten los medios.
- Topología: cómo la conexión entre los nodos se muestra a la capa de enlace de datos.

#### Métodos de control de acceso al medio

Si no se realiza ningún control, se producirían muchas colisiones. Las colisiones producen tramas corruptas que deben volver a enviarse.



Los métodos que cumplen con un alto grado de control impiden las colisiones, pero el proceso tiene muchas sobrecargas.



Los métodos que cumplen con un bajo nivel de control tienen pocas sobrecargas, pero hay colisiones con mayor frecuencia.

## 7.2.2 Control de acceso al medio para medios compartidos

Algunas topologías de red comparten un medio común con varios nodos. En cualquier momento puede haber una cantidad de dispositivos que intentan enviar y recibir datos utilizando los medios de red. Hay reglas que rigen cómo esos dispositivos comparten los medios.

Hay dos métodos básicos de control de acceso al medio para medios compartidos:

- Controlado: Cada nodo tiene su propio tiempo para utilizar el medio
- Basado en la contención: Todos los nodos compiten por el uso del medio

Haga clic en las fichas de la figura para ver las diferencias en los dos métodos.

### Acceso controlado para medios compartidos

Al utilizar el método de acceso controlado, los dispositivos de red toman turnos, en secuencia, para acceder al medio. A este método se lo conoce como acceso programado o determinístico. Si un dispositivo no necesita acceder al medio, la oportunidad de utilizar el medio pasa al siguiente dispositivo en línea. Cuando un dispositivo coloca una trama en los medios, ningún otro dispositivo puede hacerlo hasta que la trama haya llegado al destino y haya sido procesada por el destino.

Aunque el acceso controlado está bien ordenado y provee rendimiento predecible, los métodos determinísticos pueden ser ineficientes porque un dispositivo tiene que esperar su turno antes de poder utilizar el medio.

### Acceso por contención para medios compartidos

Estos métodos por contención, también llamados no deterministas, permiten que cualquier dispositivo intente acceder al medio siempre que haya datos para enviar. Para evitar caos completo en los medios, estos métodos usan un proceso de Acceso múltiple por detección de portadora (CSMA) para detectar primero si los medios están transportando una señal. Si se detecta una señal portadora en el medio desde otro nodo, quiere decir que otro dispositivo está transmitiendo. Cuando un dispositivo está intentando transmitir y nota que el medio está ocupado, esperará e intentará después de un período de tiempo corto. Si no se detecta una señal portadora, el dispositivo transmite sus datos. Las redes Ethernet e inalámbricas utilizan control de acceso al medio por contención.

Es posible que el proceso CSMA falle si dos dispositivos transmiten al mismo tiempo. A esto se lo denomina colisión de datos. Si esto ocurre, los datos enviados por ambos dispositivos se dañarán y deberán enviarse nuevamente.

Los métodos de control de acceso al medio por contención no tienen la sobrecarga de los métodos de acceso controlado. No se requiere un mecanismo para analizar quién posee el turno para acceder al medio. Sin embargo, los sistemas por contención no escalan bien bajo un uso intensivo de los medios. A medida que el uso y el número de nodos aumenta, la probabilidad de acceder a los medios con éxito sin una colisión disminuye. Además, los mecanismos de recuperación requeridos para corregir errores debidos a esas colisiones disminuyen aún más el throughput.

CSMA es generalmente implementado junto con un método para resolver la contención del medio. Los dos métodos comúnmente utilizados son:

#### CSMA/Detección de colisión

En CSMA/Detección de colisión (CSMA/CD), el dispositivo monitorea los medios para detectar la presencia de una señal de datos. Si no hay una señal de datos, que indica que el medio está libre, el dispositivo transmite los datos. Si luego se

detectan señales que muestran que otro dispositivo estaba transmitiendo al mismo tiempo, todos los dispositivos dejan de enviar e intentan después. Las formas tradicionales de Ethernet usan este método.

#### CSMA/Prevención de colisiones

En CSMA/Prevención de colisiones (CSMA/CA), el dispositivo examina los medios para detectar la presencia de una señal de datos. Si el medio está libre, el dispositivo envía una notificación a través del medio, sobre su intención de utilizarlo. El dispositivo luego envía los datos. Este método es utilizado por las tecnologías de redes inalámbricas 802.11.

Nota: CSMA/CD será explicado más detalladamente en el Capítulo 9.

## Control de acceso al medio para medios compartidos



## Control de acceso al medio para medios compartidos

### Acceso controlado



Método	Características	Ejemplo
Acceso controlado	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sólo transmite una estación a la vez</li><li>• Los dispositivos que desean transmitir deben esperar su turno</li><li>• No hay colisiones</li><li>• Algunas redes deterministas utilizan el paso de tokens</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Token Ring</li><li>• FDDI</li></ul>

REESTABLECER

CONTROLADO

POR CONTENCIÓN

## Control de acceso al medio para medios compartidos

### Acceso por contención



### 7.2.3 Control de acceso al medio para medios no compartidos

Los protocolos de control de acceso al medio para medios no compartidos requieren poco o ningún control antes de colocar tramas en los medios. Estos protocolos tienen reglas y procedimientos más simples para el control de acceso al medio. Tal es el caso de las topologías punto a punto.

En las topologías punto a punto, los medios interconectan sólo dos nodos. En esta configuración, los nodos no necesitan compartir los medios con otros hosts ni determinar si una trama está destinada para ese nodo. Por lo tanto, los protocolos de capa de enlace de datos hacen poco para controlar el acceso a medios no compartidos.

#### Full Duplex y Half Duplex

En conexiones punto a punto, la Capa de enlace de datos tiene que considerar si la comunicación es half-duplex o full-duplex.

Haga clic en las fichas de la figura para ver las diferencias entre los dos métodos.

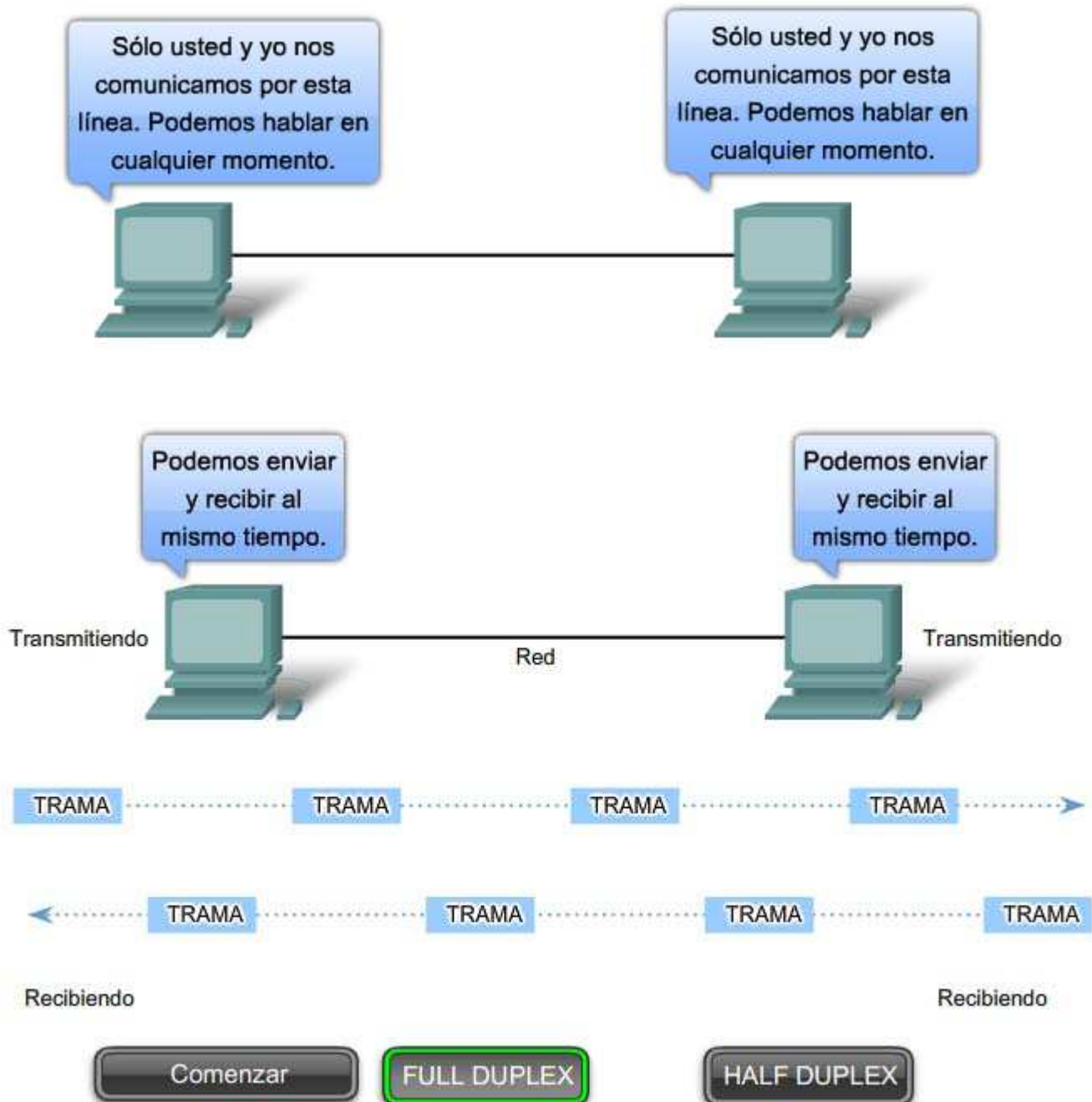
Comunicación half-duplex quiere decir que los dispositivos pueden transmitir y recibir en los medios pero no pueden hacerlo simultáneamente. Ethernet ha establecido reglas de arbitraje para resolver conflictos que surgen de instancias donde más de una estación intenta transmitir al mismo tiempo.

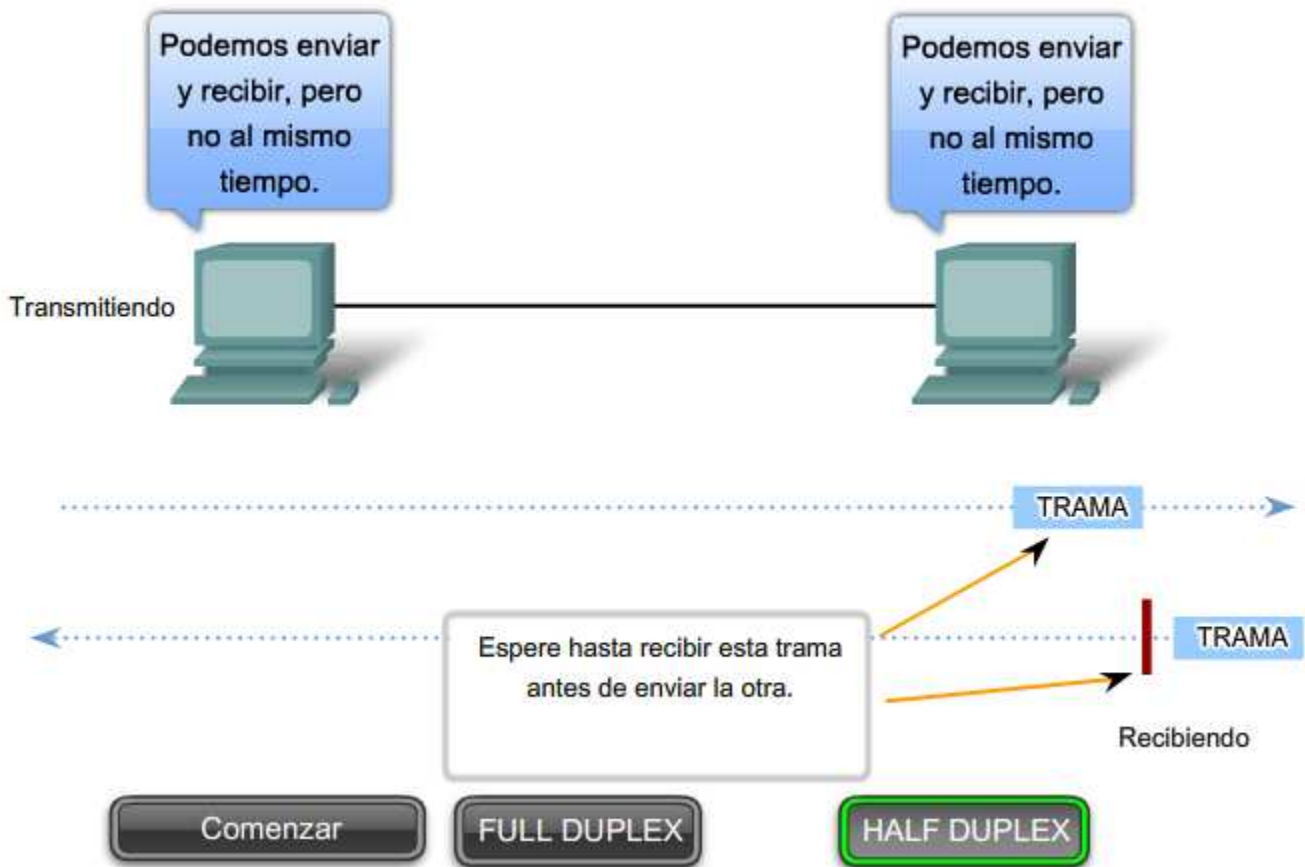
En la comunicación full-duplex, los dos dispositivos pueden transmitir y recibir en los medios al mismo tiempo. La capa de enlace de datos supone que los medios están disponibles para transmitir para ambos nodos en cualquier momento. Por lo tanto, no hay necesidad de arbitraje de medios en la capa de enlace de datos.



Los detalles de una técnica de control de acceso al medio específica sólo pueden examinarse estudiando un protocolo específico. Dentro de este curso, estudiaremos Ethernet tradicional, que utiliza CSMA/CD. Otras técnicas se abarcarán en cursos posteriores.

### Control de acceso al medio para medios no compartidos





#### 7.2.4 Comparación entre la topología lógica y la topología física

La topología de una red es la configuración o relación de los dispositivos de red y las interconexiones entre ellos. Las topologías de red pueden verse en el nivel físico y el nivel lógico.

La topología física es una configuración de nodos y las conexiones físicas entre ellos. La representación de cómo se usan los medios para interconectar los dispositivos es la topología física. Ésta se abarcará en capítulos posteriores de este curso.

Una topología lógica es la forma en que una red transfiere tramas de un nodo al siguiente. Esta configuración consiste en conexiones virtuales entre los nodos de una red independiente de su distribución física. Los protocolos de capa de enlace de datos definen estas rutas de señales lógicas. La capa de enlace de datos “ve” la topología lógica de una red al controlar el acceso de datos a los medios. Es la topología lógica la que influye en el tipo de trama de red y control de acceso a medios utilizados.

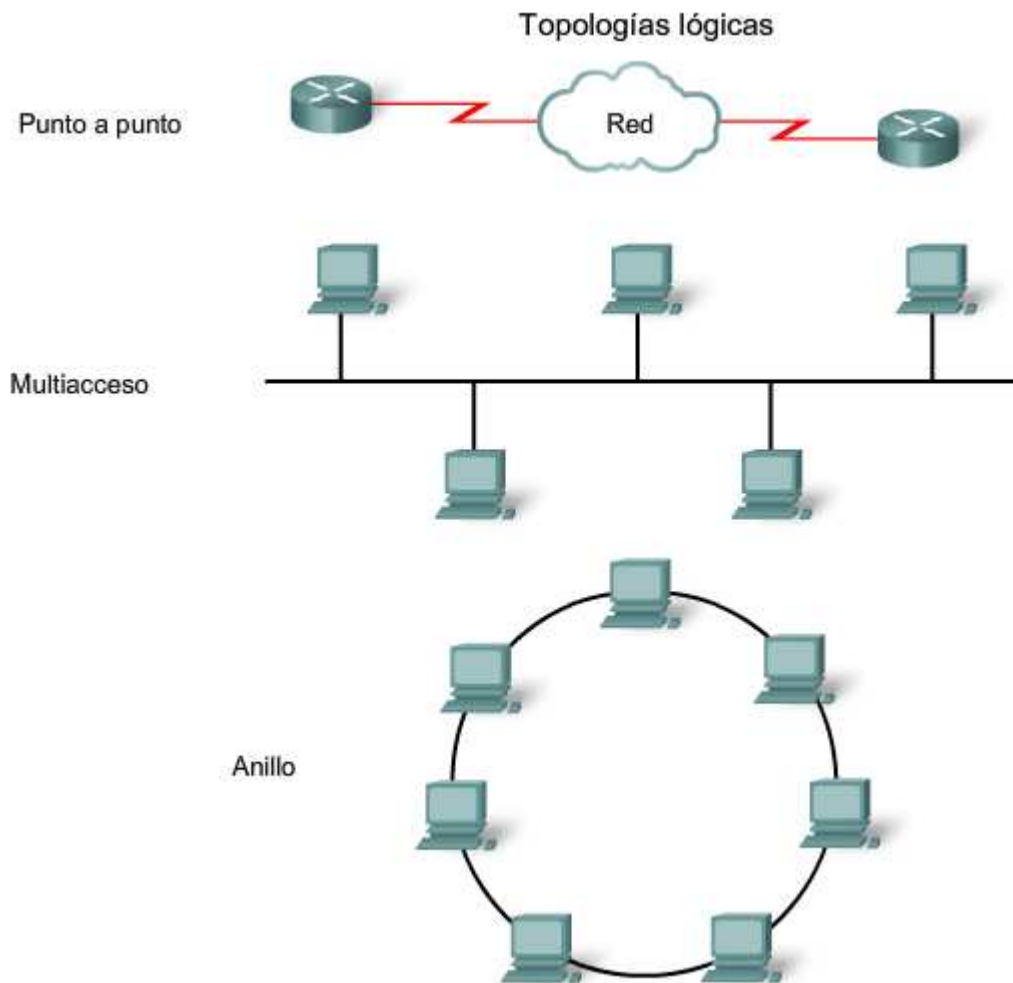
**La topología física o cableada de una red probablemente no sea la misma que la topología lógica.**

La topología lógica de una red está estrechamente relacionada con el mecanismo utilizado para administrar el acceso a la red. Los métodos de acceso proporcionan los procedimientos para administrar el acceso a la red para que todas las estaciones tengan acceso. Cuando varias entidades comparten los mismos medios, deben estar instalados algunos mecanismos para controlar el acceso. Los métodos de acceso son aplicados a las redes para regular este acceso a los medios. Los métodos de acceso se analizarán con más detalle más adelante.

Las topologías lógica y física generalmente utilizadas en redes son:

- Punto a Punto
- Multi-Acceso
- Anillo

Las implementaciones lógicas de estas topologías y sus métodos asociados de control de acceso a los medios son abordadas en las siguientes secciones.

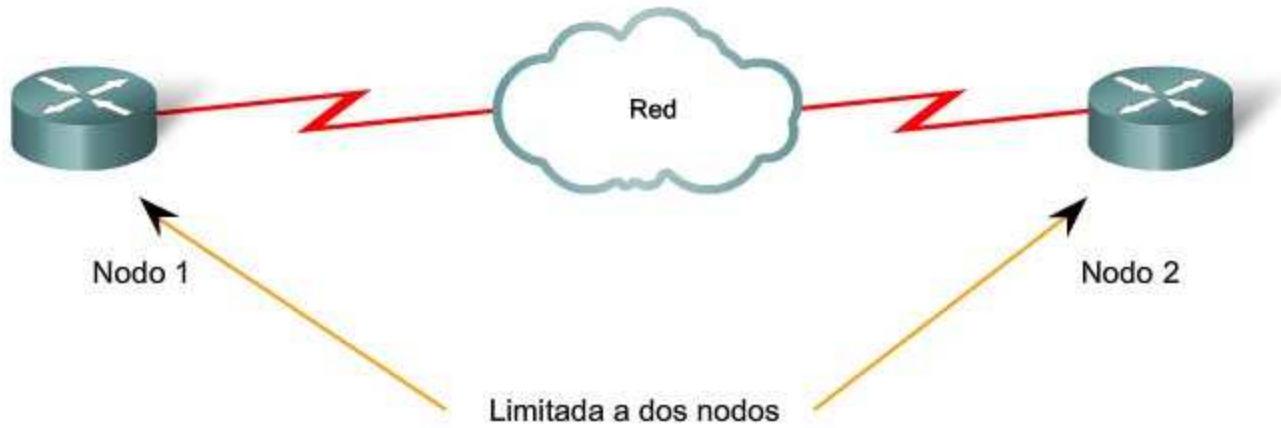


### 7.2.5 Topología punto a punto

Una topología punto a punto conecta dos nodos directamente entre sí, como se muestra en la figura. En redes de datos con topologías punto a punto, el protocolo de control de acceso al medio puede ser muy simple. Todas las tramas en los medios sólo pueden viajar a los dos nodos o desde éstos. El nodo en un extremo coloca las tramas en los medios y el nodo en el otro extremo las saca de los medios del circuito punto a punto.

**En redes punto a punto, si los datos sólo pueden fluir en una dirección a la vez, está operando como un enlace half-duplex. Si los datos pueden fluir con éxito a través del enlace desde cada nodo simultáneamente, es un enlace full-duplex.**

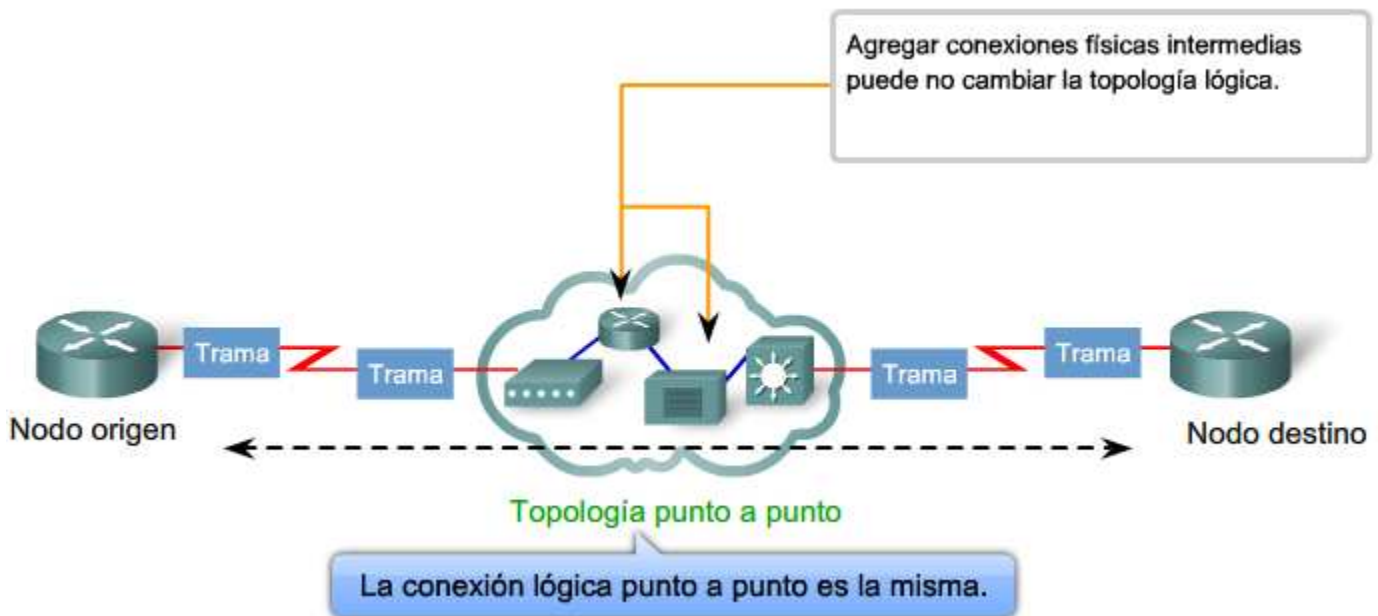
Los Protocolos de capa de enlace podrían proveer procesos más sofisticados de control de acceso a los medios para las topologías lógicas punto a punto, pero esto agregaría un gasto innecesario al protocolo.



### Redes punto a punto lógicas

Los nodos de los extremos que se comunican en una red punto a punto pueden estar conectados físicamente a través de una cantidad de dispositivos intermedios. Sin embargo, el uso de dispositivos físicos en la red no afecta la topología lógica. Como se muestra en la figura, los nodos de origen y destino pueden estar conectados indirectamente entre sí a través de una distancia geográfica. En algunos casos, la conexión lógica entre nodos forma lo que se llama circuito virtual. Un circuito virtual es una conexión lógica creada dentro de una red entre dos dispositivos de red. Los dos nodos en cada extremo del circuito virtual intercambian las tramas entre sí. Esto ocurre incluso si las tramas están dirigidas a través de dispositivos intermediarios. Los circuitos virtuales son construcciones de comunicación lógicas utilizadas por algunas tecnologías de la Capa 2.

El método de acceso al medio utilizado por el protocolo de enlace de datos se determina por la topología lógica punto a punto, no la topología física. Esto significa que la conexión lógica de punto a punto entre dos nodos puede no ser necesariamente entre dos nodos físicos en cada extremo de un enlace físico único.



### 7.2.6 Topología multiacceso

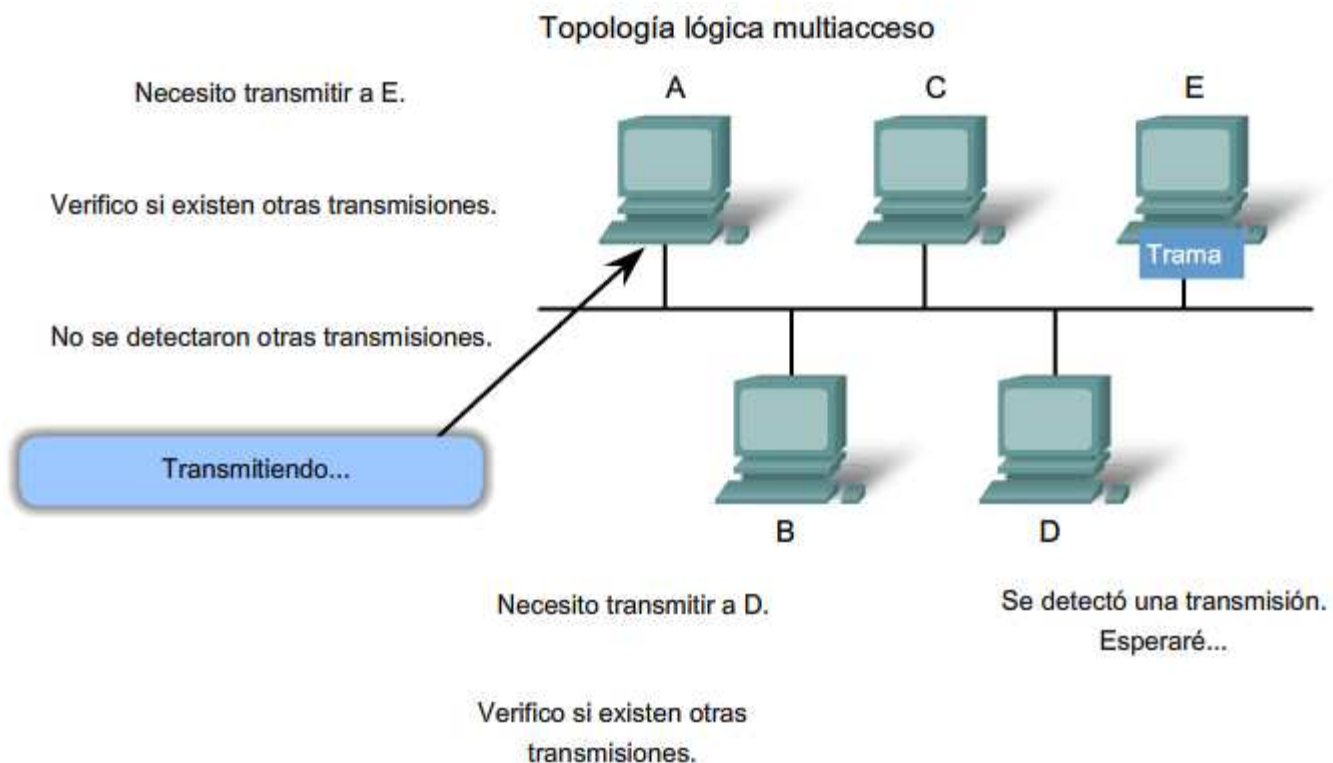
Una topología lógica multiacceso permite a una cantidad de nodos comunicarse utilizando los mismos medios compartidos. Los datos desde un sólo nodo pueden colocarse en el medio en cualquier momento. Todos los nodos ven

todas las tramas que están en el medio, pero sólo el nodo al cual la trama está direccionada procesa los contenidos de la trama.

Hacer que varios nodos compartan el acceso a un medio requiere un método de control de acceso al medio de enlace de datos que regule la transmisión de datos y, por lo tanto, reduzca las colisiones entre las diferentes señales.

Los métodos de control de acceso al medio utilizados por las topologías multiacceso son generalmente CSMA/CD o CSMA/CA. Sin embargo, métodos de paso de token pueden también utilizarse.

Un número de técnicas de control de acceso a los medios está disponible para este tipo de topología lógica. El protocolo de capa de enlace de datos especifica el método de control de acceso al medio que proporcionará el balance apropiado entre el control de trama, la protección de trama y la sobrecarga de red.



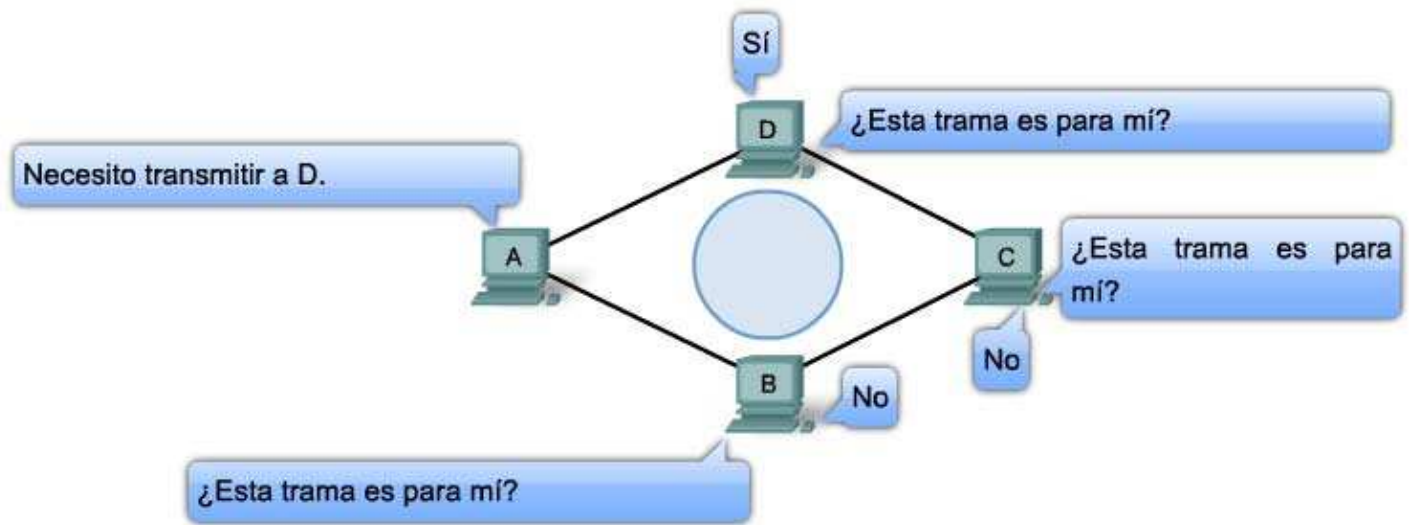
### 7.2.7 Topología de anillo

En una topología lógica de anillo, cada nodo recibe una trama por turno. Si la trama no está direccionada al nodo, el nodo pasa la trama al nodo siguiente. Esto permite que un anillo utilice una técnica de control de acceso al medio llamada paso de tokens.

Los nodos en una topología lógica de anillo retiran la trama del anillo, examinan la dirección y la envían si no está dirigida para ese nodo. En un anillo, todos los nodos alrededor del anillo entre el nodo de origen y de destino examinan la trama.

Existen múltiples técnicas de control de acceso a los medios que podrían usarse con un anillo lógico, dependiendo del nivel de control requerido. Por ejemplo: sólo una trama a la vez es generalmente transportada por el medio. Si no se están transmitiendo datos, se colocará una señal (conocida como token) en el medio y un nodo sólo puede colocar una trama de datos en el medio cuando tiene el token.

Recuerde que la capa de enlace de datos “ve” una topología lógica de anillo. La topología del cableado físico real puede ser otra topología.



## 7.3 DIRECCIONAMIENTO DEL CONTROL DE ACCESO AL MEDIO Y TRAMADO DE DATOS

### 7.3.1 Protocolos de la capa de enlace de datos: Trama

Recuerde que a pesar de que hay muchos protocolos de capa de enlace de datos diferentes que describen las tramas de la capa de enlace de datos, cada tipo de trama tiene tres partes básicas:

- Encabezado,
- datos, y
- tráiler.

Todos los protocolos de capa de enlace de datos encapsulan la PDU de la capa 3 dentro del campo de datos de la trama. Sin embargo, la estructura de la trama y los campos contenidos en el encabezado y tráiler varían de acuerdo con el protocolo.

El protocolo de capa de enlace de datos describe las características requeridas para el transporte de paquetes a través de diferentes medios. Estas características del protocolo están integradas en la encapsulación de la trama. Cuando la trama llega a su destino y el protocolo de capa de enlace de datos saca la trama del medio, la información de tramado es leída y descartada.

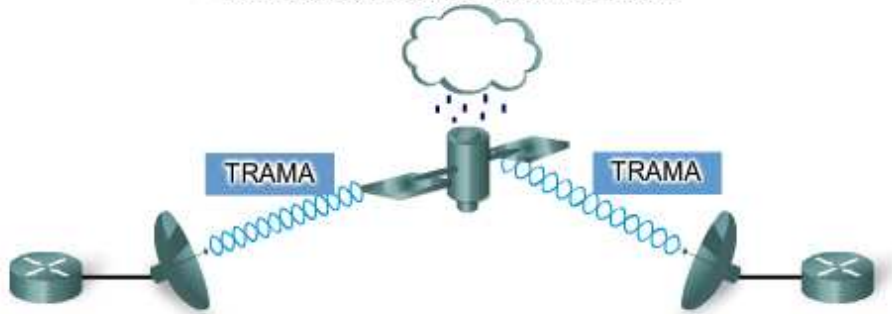
No hay una estructura de trama que cumpla con las necesidades de todos los transportes de datos a través de todos los tipos de medios. Como se muestra en la figura, según el entorno, la cantidad de información de control que se necesita en la trama varía para coincidir con los requisitos de control de acceso al medio de los medios y de la topología lógica.



## Protocolos de la capa de enlace de datos: la trama

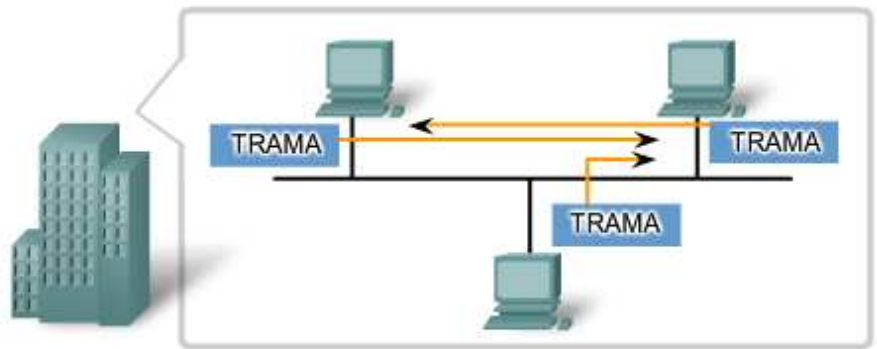
**En un ambiente frágil,** se necesita mayor control para asegurar la entrega. Los campos del encabezado y del tráiler son más grandes porque se necesita más información de control.

Es necesario un mayor esfuerzo para asegurar la entrega = mayor sobrecarga  
= velocidades de transmisión más lentas



**En un ambiente protegido,** podemos confiar en que la trama llegue a su destino. Se necesitan menores controles, lo que produce campos y tramas más pequeños.

Es necesario un menor esfuerzo para asegurar la entrega = menor sobrecarga  
= velocidades de transmisión más rápidas



### 7.3.2 Tramado: función del encabezado

Como se muestra en la figura, el encabezado de trama contiene la información de control especificada por el protocolo de capa de enlace de datos para la topología lógica específica y los medios utilizados.

La información de control de trama es única para cada tipo de protocolo. Es utilizada por el protocolo de la Capa 2 para proporcionar las características demandadas por el entorno de comunicación.

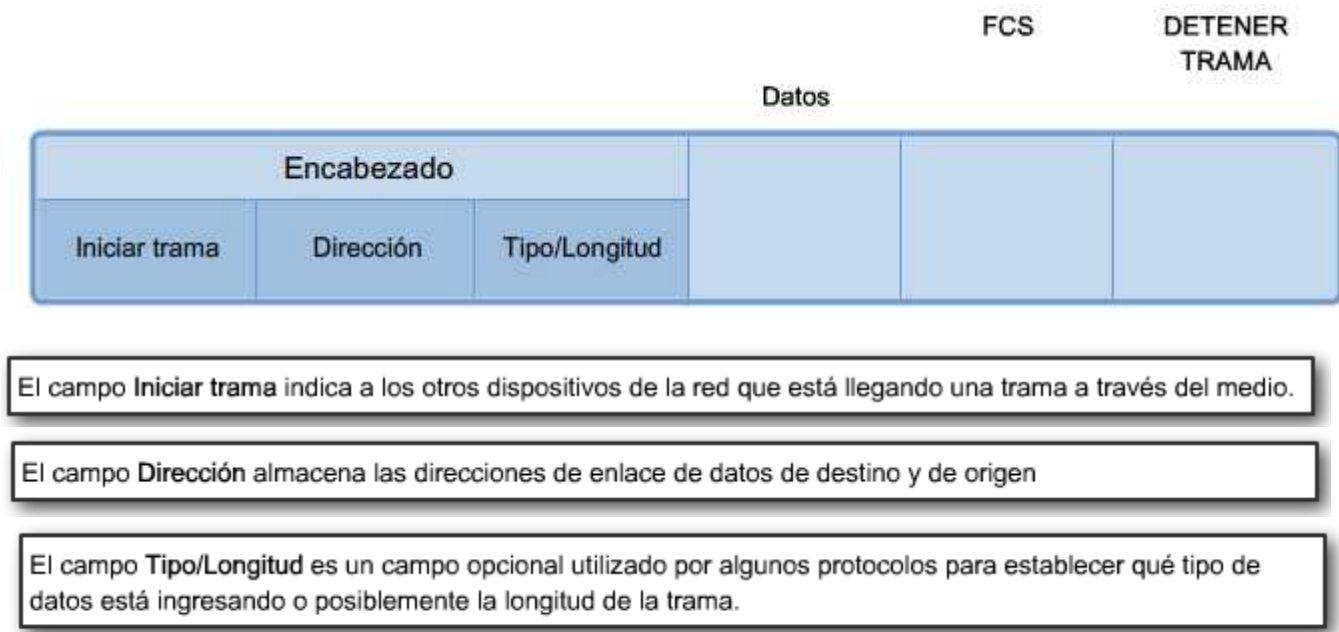
Los campos típicos del encabezado de trama incluyen:

- Campo inicio de trama: indica el comienzo de la trama
- Campos de dirección de origen y destino: indica los nodos de origen y destino en los medios
- Prioridad/Calidad del Campo de servicio: indica un tipo particular de servicio de comunicación para el procesamiento
- Campo tipo: indica el servicio de la capa superior contenida en la trama
- Campo de control de conexión lógica: utilizada para establecer la conexión lógica entre nodos
- Campo de control de enlace físico: utilizado para establecer el enlace a los medios
- Campo de control de flujo: utilizado para iniciar y detener el tráfico a través de los medios
- Campo de control de congestión: indica la congestión en los medios

Los nombres de los campos mencionados son campos no específicos enumerados como ejemplos. Diferentes protocolos de capa de enlace de datos pueden utilizar diferentes campos de los mencionados. Debido a que los fines y funciones de



los protocolos de capa de enlace de datos están relacionados a las topologías específicas y a los medios, cada protocolo debe examinarse para tener una comprensión detallada de su estructura de trama. Como los protocolos se analizan en este curso, se explicará más información acerca de la estructura de la trama.



### 7.3.3 Direcccionamiento: hacia dónde se dirige la trama

La capa de enlace de datos proporciona direccionamiento que es utilizado para transportar la trama a través de los medios locales compartidos. Las direcciones de dispositivo en esta capa se llaman direcciones físicas. El direccionamiento de la capa de enlace de datos está contenido en el encabezado de la trama y especifica el nodo de destino de la trama en la red local. El encabezado de la trama también puede contener la dirección de origen de la trama.

A diferencia de las direcciones lógicas de la Capa 3, que son jerárquicas, las direcciones físicas no indican en qué red está ubicado el dispositivo. Si el dispositivo es transportado a otra red o subred, aún funcionará con la misma dirección física de la Capa 2.

Debido a que la trama sólo se utiliza para transportar datos entre nodos a través del medio local, la dirección de la capa de enlace de datos sólo se utiliza para entregas locales. Las direcciones en esta capa no tienen significado más allá de la red local. Compare esto con la Capa 3, donde las direcciones en el encabezado del paquete son transportadas desde el host de origen al host de destino sin importar la cantidad de saltos de la red a lo largo de la ruta.

Si el paquete en la trama debe pasar a otro segmento de la red, el dispositivo intermediario, un router, desencapsulará la trama original, creará una nueva trama para el paquete y la enviará al nuevo segmento. La nueva trama usará el direccionamiento de origen y de destino según sea necesario para transportar el paquete a través del nuevo medio.

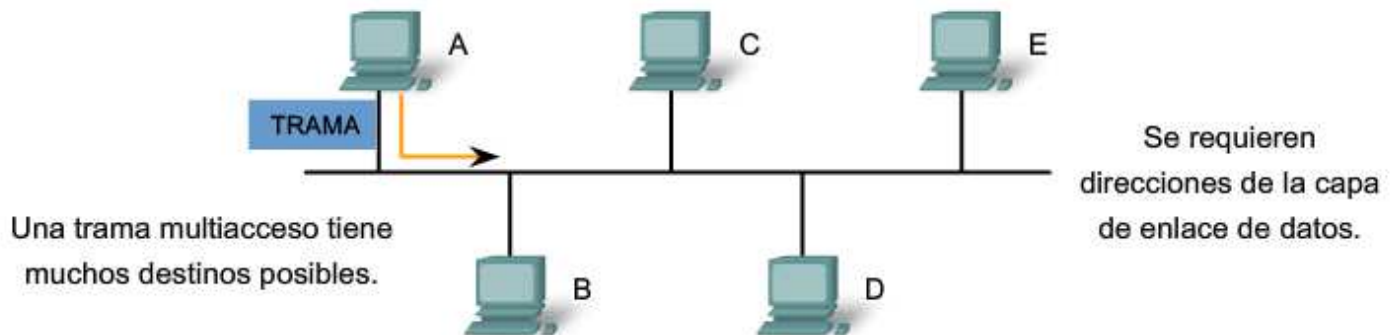
#### Requisitos de direccionamiento

La necesidad de direccionamiento de la capa de enlace de datos en esta capa depende de la topología lógica.

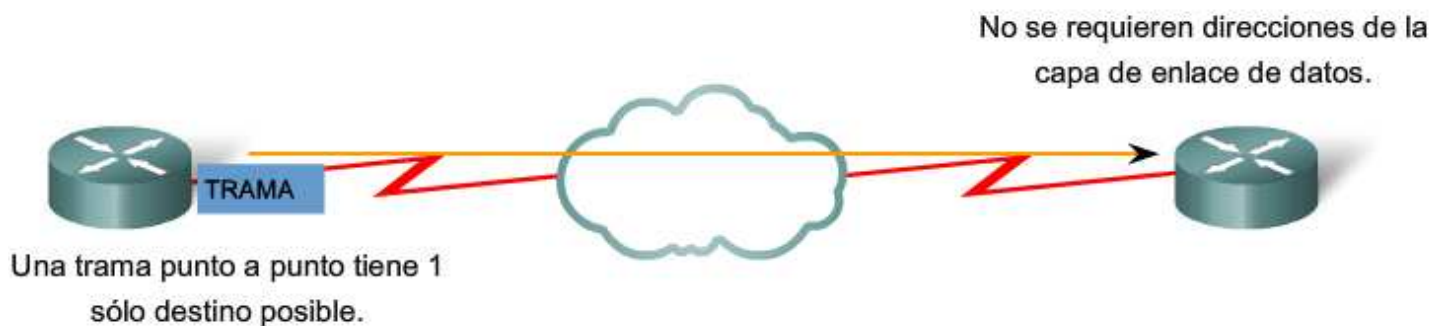
Las topologías punto a punto, con sólo dos nodos interconectados, no requieren direccionamiento. Una vez en el medio, la trama sólo tiene un lugar al cual puede ir.

Debido a que las topologías de anillo y multiacceso pueden conectar muchos nodos en un medio común, se requiere direccionamiento para esas topologías. Cuando una trama alcanza cada nodo en la topología, el nodo examina la dirección de destino en el encabezado para determinar si es el destino de la trama.

#### Topología lógica multiacceso



#### Topología lógica punto a punto



### 7.3.4 Tramado: función del Tráiler

Los protocolos de la capa de enlace de datos agregan un tráiler en el extremo de cada trama. El tráiler se utiliza para determinar si la trama llegó sin errores. Este proceso se denomina detección de errores. Observe que es diferente de la corrección de errores. La detección de errores se logra colocando un resumen lógico o matemático de los bits que comprenden la trama en el tráiler.

#### Secuencia de verificación de trama

El campo secuencia de verificación de trama (FCS) se utiliza para determinar si ocurrieron errores de transmisión y recepción de la trama. La detección de errores se agrega a la capa de enlace de datos porque es ahí donde se transfieren los datos a través de los medios. Los medios son un entorno potencialmente inseguro para los datos. Las señales en los medios pueden estar sujetas a interferencia, distorsión o pérdida que podría cambiar sustancialmente los valores de los bits que dichas señales representan. El mecanismo de detección de errores provisto por el uso del campo FCS descubre la mayoría de los errores causados en los medios.

Para asegurarse de que el contenido de la trama recibida en el destino combine con la trama que salió del nodo origen, un nodo de transmisión crea un resumen lógico del contenido de la trama. A esto se lo conoce como valor de comprobación de redundancia cíclica (CRC). Este valor se coloca en el campo secuencia de verificación de la trama (FCS) para representar el contenido de la trama.

Cuando la trama llega al nodo de destino, el nodo receptor calcula su propio resumen lógico, o CRC, de la trama. El nodo receptor compara los dos valores CRC. Si los dos valores son iguales, se considera que la trama llegó como se transmitió. Si el valor CRC en el FCS difiere del CRC calculado en el nodo receptor, la trama se descarta.

Existe siempre la pequeña posibilidad de que una trama con un buen resultado de CRC esté realmente corrupta. Los errores en los bits se pueden cancelar entre sí cuando se calcula el CRC. Los protocolos de capa superior entonces deberían detectar y corregir esta pérdida de datos.

El protocolo utilizado en la capa de enlace de datos determinará si se realiza la corrección del error. La FCS se utiliza para detectar el error, pero no todos los protocolos admiten la corrección del error.



Se utiliza el campo **Secuencia de verificación de trama** para controlar los errores. El origen calcula un número en función de los datos de la trama y coloca ese número en el campo FCS. El destino, entonces, recalcula los datos para determinar si FCS coincide. Si no coinciden, el destino elimina la trama.

El campo **Detener trama**, también llamado Tráiler de la trama, es un campo opcional que se utiliza cuando la longitud de la trama no se encuentra especificada en el campo Tipo/Longitud. Indica el final de una trama cuando ya se transmitió.

### 7.3.5 Protocolos de capa de enlace de datos: Trama

En una red TCP/IP, todos los protocolos de la Capa 2 OSI trabajan con el protocolo de Internet en la Capa 3. Sin embargo, el protocolo de la Capa 2 real utilizado depende de la topología lógica de la red y de la implementación de la capa física. Debido al amplio rango de medios físicos utilizados a través de un rango de topologías en interconexión de redes, hay una gran cantidad correspondiente de protocolos de la Capa 2 en uso.

Los protocolos que se cubrirán en los cursos CCNA incluyen:

- Ethernet
- Protocolo Punto a Punto (PPP)
- Control de enlace de datos de alto nivel (HDLC)
- Frame Relay
- Modo de transferencia asincrónico (ATM)

Cada protocolo realiza control de acceso a los medios para las topologías lógicas especificadas de Capa 2. Esto significa que una cantidad de diferentes dispositivos de red puede actuar como nodos que operan en la capa de enlace de datos al implementar estos protocolos. Estos dispositivos incluyen el adaptador de red o tarjetas de interfaz de red (NIC) en computadoras, así como las interfaces en routers y switches de la Capa 2.

El protocolo de la Capa 2 utilizado para una topología de red particular está determinado por la tecnología utilizada para implementar esa topología. La tecnología es, a su vez, determinada por el tamaño de la red, en términos de cantidad de hosts y alcance geográfico y los servicios que se proveerán a través de la red.

## Tecnología LAN

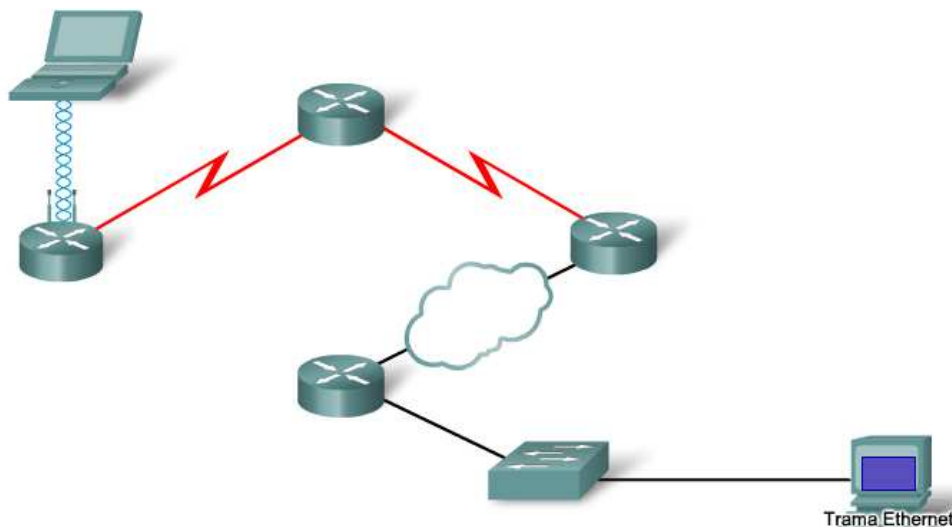
Una Red de área local generalmente utiliza una tecnología de ancho de banda alto que es capaz de sostener gran cantidad de hosts. El área geográfica relativamente pequeña de una LAN (un único edificio o un campus de varios edificios) y su alta densidad de usuarios hacen que esta tecnología sea rentable.

## Tecnología WAN

Sin embargo, utilizar una tecnología de ancho de banda alto no es generalmente rentable para redes de área extensa que cubren grandes áreas geográficas (varias ciudades, por ejemplo). El costo de los enlaces físicos de larga distancia y la tecnología utilizada para transportar las señales a través de esas distancias, generalmente, ocasiona una menor capacidad de ancho de banda.

La diferencia de ancho de banda normalmente produce el uso de diferentes protocolos para las LAN y las WAN.

Ejemplos de protocolos de la Capa 2



## Protocolo Ethernet para LAN

Ethernet es una familia de tecnologías de interconexión de redes que se define en los estándares 802.2 y 802.3. Los estándares de Ethernet definen los protocolos de la Capa 2 y las tecnologías de la Capa 1. Ethernet es la tecnología LAN más ampliamente utilizada y soporta anchos de banda de datos de 10, 100, 1000, o 10 000 Mbps.

El formato básico de la trama y las subcapas del IEEE de las Capas OSI 1 y 2 siguen siendo los mismos para todas las formas de Ethernet. Sin embargo, los métodos para detectar y colocar en los medios varían con las diferentes implementaciones.

Ethernet proporciona servicio sin conexión y sin reconocimiento sobre un medio compartido utilizando CSMA/CD como métodos de acceso al medio. El medio compartido requiere que el encabezado del paquete de Ethernet utilice la dirección de la capa de enlace de datos para identificar los nodos de origen y destino. Como con la mayoría de los protocolos LAN, esta dirección se llama dirección MAC del nodo. Una dirección MAC de Ethernet es de 48 bits y generalmente se representa en formato hexadecimal.

La trama de Ethernet tiene muchos campos, como se muestra en la figura. En la capa de enlace de datos, la estructura de trama es casi idéntica para todas las velocidades de Ethernet. Sin embargo, en la capa física, las diferentes versiones de Ethernet colocan los bits sobre el medio de forma diferente.

Ethernet II es el formato de trama de Ethernet utilizado en las redes TCP/IP.

Ethernet es una parte tan importante de la interconexión de redes de datos, que hemos dedicado un capítulo a ella. También la utilizamos en ejemplos a lo largo de esta serie de cursos.

## Protocolo Ethernet

Un protocolo de capa de enlace de datos común para las WAN

Trama

Nombre del campo	Preámbulo	Destino	Origen	Tipo	Datos	Secuencia de verificación de trama
Tamaño	8 bytes	6 bytes	6 bytes	2 bytes	46 - 1.500 bytes	4 bytes

**Preámbulo:** se utiliza para la sincronización; también contiene un delimitador para marcar el final de la información de tiempo.

**Dirección de destino:** dirección MAC de 48 bits para el nodo de destino.

**Dirección de origen:** dirección MAC de 48 bits para el nodo de origen.

**Tipo:** valor que indica qué protocolo de la capa superior recibirá los datos después de que el proceso Ethernet se haya completado.

**Datos o contenido:** es la PDU, por lo general un paquete IPv4, que se transporta a través de los medios.

**Secuencia de verificación de trama (FCS):** valor que se utiliza para controlar las tramas dañadas.

## Protocolo punto a punto para WAN

El protocolo punto a punto (PPP) es un protocolo utilizado para entregar tramas entre dos nodos. A diferencia de muchos protocolos de capa de enlace de datos, definidos por las organizaciones de ingeniería eléctrica, el estándar PPP está definida por RFC. PPP fue desarrollado como un protocolo WAN y sigue siendo el protocolo elegido para implementar muchas WAN serie. PPP se puede utilizar en diversos medios físicos, lo que incluye cable de par trenzado, líneas de fibra óptica o transmisión satelital.

PPP utiliza una arquitectura en capas. Para incluir a los diferentes tipos de medios, PPP establece conexiones lógicas, llamadas sesiones, entre dos nodos. La sesión PPP oculta el medio físico subyacente del protocolo PPP superior. Estas sesiones también proporcionan a PPP un método para encapsular varios protocolos sobre un enlace punto a punto. Cada protocolo encapsulado en el enlace establece su propia sesión PPP.

PPP también permite que dos nodos negocien opciones dentro de la sesión PPP. Esto incluye la autenticación, compresión y multienlace (el uso de varias conexiones físicas).

Consulte la figura para ver los campos básicos de una trama PPP.



## Point-to-Point Protocol

Un protocolo de capa de enlace de datos común para las WAN

### Trama

Nombre del campo	Señalizador	Destino	Control	Protocolo	Datos	FCS
Tamaño en bytes	1 byte	1 byte	1 byte	2 bytes	variable	2 o 4 bytes

**Señalización:** un único byte que indica el comienzo y la finalización de una trama. El campo Señalización está formado por la secuencia binaria 01111110.

**Dirección:** un único byte que contiene la dirección de broadcast PPP estándar. PPP no asigna direcciones a estaciones individuales.

**Control:** un único byte formado por la secuencia binaria 00000011, que requiere la transmisión de datos del usuario en una trama no secuencial.

**Protocolo:** dos bytes que identifican el protocolo encapsulado en el campo de datos de la trama. Los valores más actualizados del campo Protocolo se especifican en la Solicitud de comentarios con números asignados (RFC) más reciente.

**Datos:** cero o más bytes que contienen el datagrama para el protocolo especificado en el campo Protocolo.

**Secuencia de verificación de trama (FCS):** normalmente 16 bits (2 bytes). Mediante un acuerdo previo, con la aceptación de las implementaciones PPP se puede utilizar una FCS de 32 bits (4 bytes) para una mayor detección de errores.

## Protocolo inalámbrico para LAN

802.11 es una extensión de los estándares IEEE 802. Utiliza el mismo 802.2 LLC y esquema de direccionamiento de 48 bits como otras LAN 802. Sin embargo, hay muchas diferencias en la subcapa MAC y en la capa física. En un entorno inalámbrico, el entorno requiere consideraciones especiales. No hay una conectividad física definible; por lo tanto, factores externos pueden interferir con la transferencia de datos y es difícil controlar el acceso. Para vencer estos desafíos, los estándares inalámbricos tienen controles adicionales.

El estándar IEEE 802.11, comúnmente llamada Wi-Fi, es un sistema por contención que utiliza un proceso de acceso al medio de Acceso múltiple con detección de portadora y prevención de colisiones (CSMA/CA). CSMA/CA especifica un procedimiento Postergación aleatorio para todos los nodos que están esperando transmitir. La oportunidad más probable para la contención de medio es el momento en que el medio está disponible. Hacer el back off de los nodos para un período aleatorio reduce en gran medida la probabilidad de colisión.

Las redes 802.11 también usan Acuse de recibo de enlace de datos para confirmar que una trama se recibió con éxito. Si la estación transmisora no detecta la trama de reconocimiento, ya sea porque la trama de datos original o el reconocimiento no se recibieron intactos, se retransmite la trama. Este reconocimiento explícito supera la interferencia y otros problemas relacionados con la radio.

Otros servicios admitidos por la 802.11 son la autenticación, asociación (conectividad a un dispositivo inalámbrico) y privacidad (encriptación).

Una trama 802.11 se muestra en la figura. Contiene estos campos:

Campo de versión del protocolo: la versión de la trama 802.11 en uso

Campos tipo y subtipo: identifica una de las tres funciones y subfunciones de la trama: control, datos y administración

Campo A DS: establecido en 1 en las tramas de datos destinadas al sistema de distribución (dispositivos en la estructura inalámbrica)

Campo Desde DS: establecido en 1 en tramas de datos que salen del sistema de distribución

Campo Más fragmentos: establecido en 1 para tramas que tienen otro fragmento

Campo Reintentar: establecido en 1 si la trama es una retransmisión de una trama anterior

Campo Administración de energía: establecido en 1 para indicar que un nodo estará en el modo ahorro de energía

Campo Más datos: establecido en 1 para indicar a un nodo en el modo ahorro de energía que más tramas se guardan en la memoria del búfer de ese nodo

Campo Privacidad equivalente por cable (WEP): establecido en 1 si la trama contiene información encriptada WEP por seguridad

Campo Orden: establecido en 1 en una trama de tipo datos que utiliza la clase de servicio Estrictamente ordenada (no requiere reordenamiento)

Campo Duración/ID: según el tipo de trama, representa el tiempo, en microsegundos, requerido para transmitir la trama o una identidad de asociación (AID) para la estación que transmitió la trama

Campo Dirección de destino (DA): la dirección MAC del nodo de destino final en la red

Campo Dirección de origen (SA): la dirección MAC del nodo que inició la trama

Campo Dirección del receptor (RA): la dirección MAC que identifica al dispositivo inalámbrico que es el receptor inmediato de la trama

Campo Dirección del transmisor (TA): la dirección MAC que identifica al dispositivo inalámbrico que transmitió la trama

Campo Número de secuencia: indica el número de secuencia asignado a la trama; las tramas retransmitidas se identifican por números de secuencia duplicados

Campo Número de fragmento: indica el número de cada fragmento de la trama

Campo Cuerpo de la trama: contiene la información que se está transportando; para tramas de datos, generalmente un paquete IP

Campo FCS: contiene una verificación por redundancia cíclica (CRC) de 32 bits de la trama

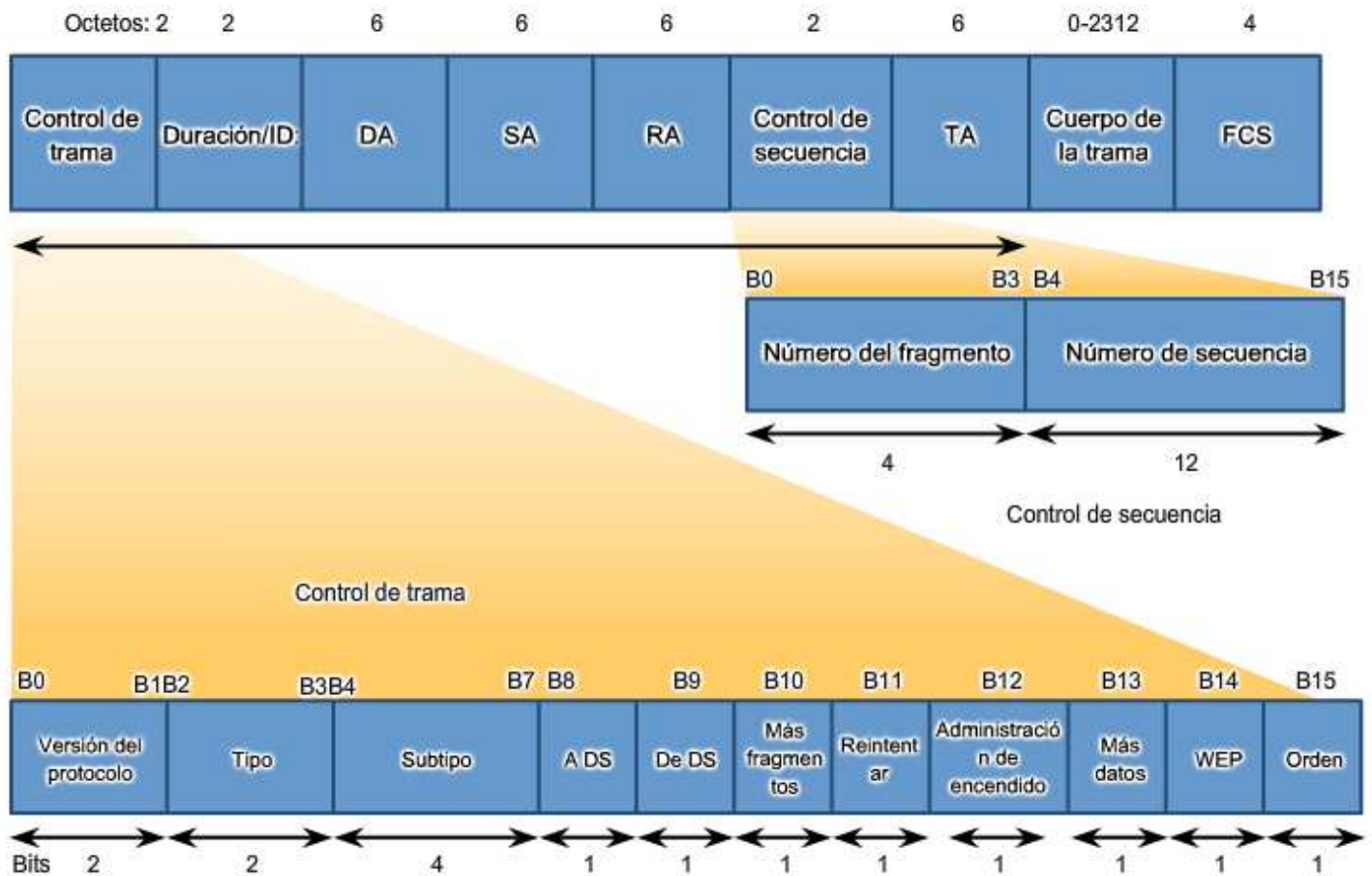
Protocolo PPP:

<http://www.ietf.org/rfc/rfc1661.txt?number=1661>

Extensiones PPP del fabricante: <http://www.ietf.org/rfc/rfc2153.txt?number=2153>



## Protocolo LAN inalámbrico de 802.11



## 7.4 INTEGRACION

### 7.4.1 Seguimiento de datos a través de internetwork

La figura en la siguiente página presenta una transferencia de datos simple entre dos hosts a través de una internetwork. Destacamos la función de cada capa durante la comunicación. Para este ejemplo mostraremos una solicitud HTTP entre un cliente y un servidor.

Para centrarnos en el proceso de transferencia de datos, omitimos muchos elementos que pueden producirse en una transacción real. En cada paso sólo estamos llamando la atención a los elementos principales. Por ejemplo: muchas partes de los encabezados se ignoran.

Estamos asumiendo que todas las tablas de enrutamiento son convergentes y las tablas ARP están completas. Además, suponemos que ya está establecida una sesión TCP entre el cliente y el servidor. También supondremos que la búsqueda de DNS para el servidor WWW ya está en la caché del cliente.

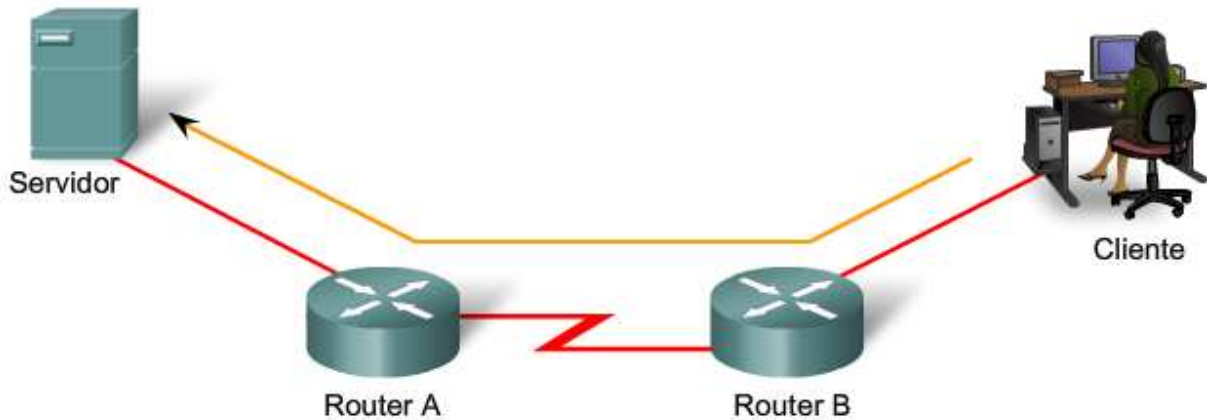
En la conexión WAN entre los dos routers, suponemos que PPP ya ha establecido un circuito físico y ha establecido una sesión PPP.

En la página siguiente se puede seguir paso a paso esta comunicación. Le alentamos a leer cada explicación atentamente y a estudiar la operación de las capas de cada dispositivo.

## Una transferencia de datos simple entre dos hosts a través de una internetwork.

Recibiendo host

Solicitando host



Un usuario en una red LAN quiere acceder a una página Web almacenada en un servidor que se encuentra ubicado en una red remota. El usuario comienza activando un enlace en una página Web.

Un cliente solicita datos de un servidor

Origen

7 Aplicación

6 Presentación

5 Sesión

4 Transporte

3 Red

2 Enlace de datos

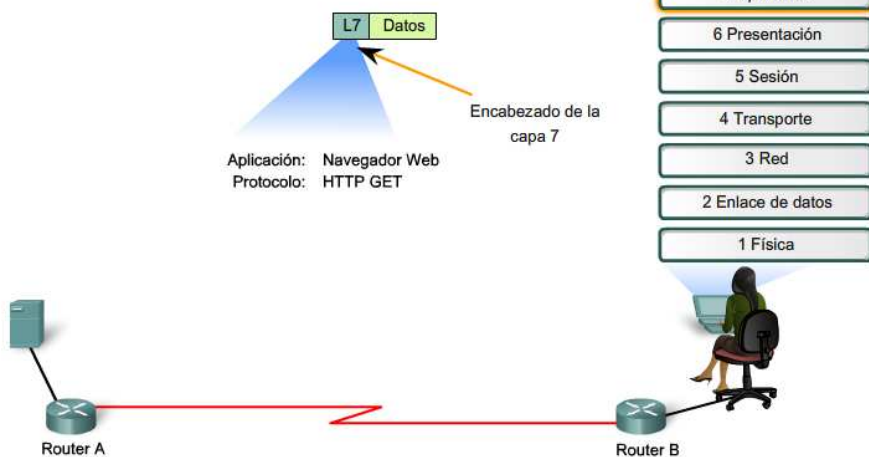
1 Física



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22

El explorador inicia una solicitud HTTP Get (Obtener HTTP). La capa de aplicación agrega el encabezado de la capa 7 para identificar la aplicación y el tipo de datos.

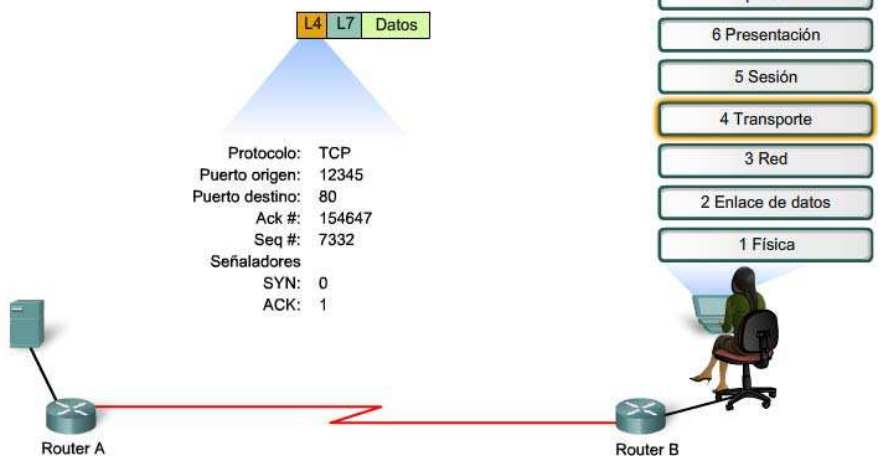
La capa de aplicación de origen inicia la transferencia de datos



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22

La capa de transporte identifica el servicio de la capa superior como un cliente World Wide Web (WWW). La capa de transporte luego asocia este servicio con el protocolo TCP y asigna los números de puerto. Utiliza un puerto de origen seleccionado aleatoriamente que se encuentre asociado con esta sesión establecida (12345). El puerto de destino (80) se encuentra asociado con el servicio WWW.

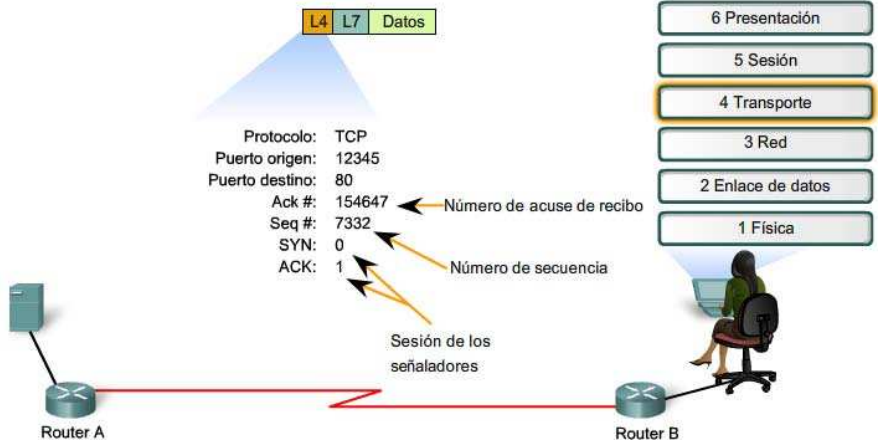
La capa de transporte de origen dirige la sesión



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22

TCP también envía un número de reconocimiento que le indica al servidor WWW el número de secuencia del próximo segmento TCP que espera recibir. El número de secuencia indicará dónde se encuentra este segmento en las series de los segmentos relacionados. Las señalizaciones también se configuran como adecuadas para establecer una sesión.

La capa de transporte de origen dirige la sesión

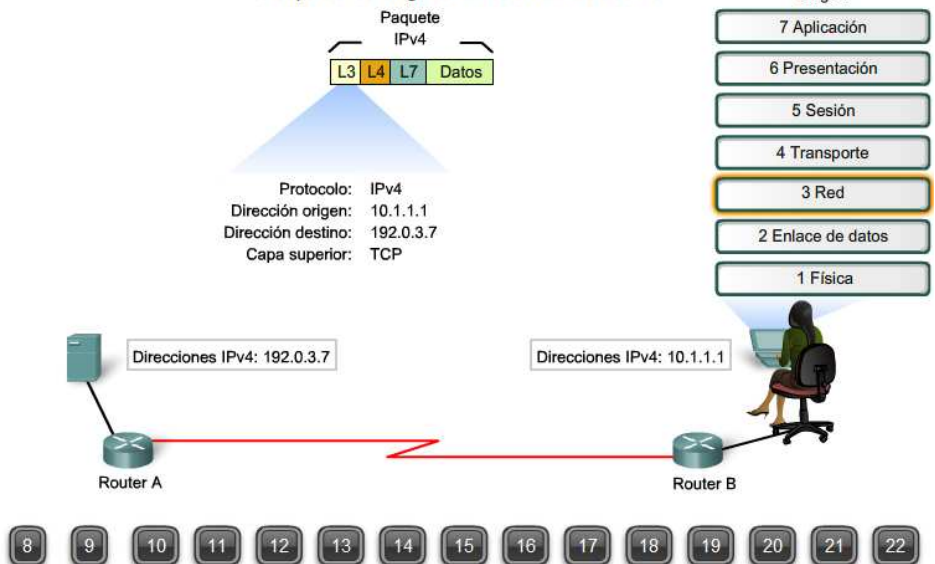


1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22



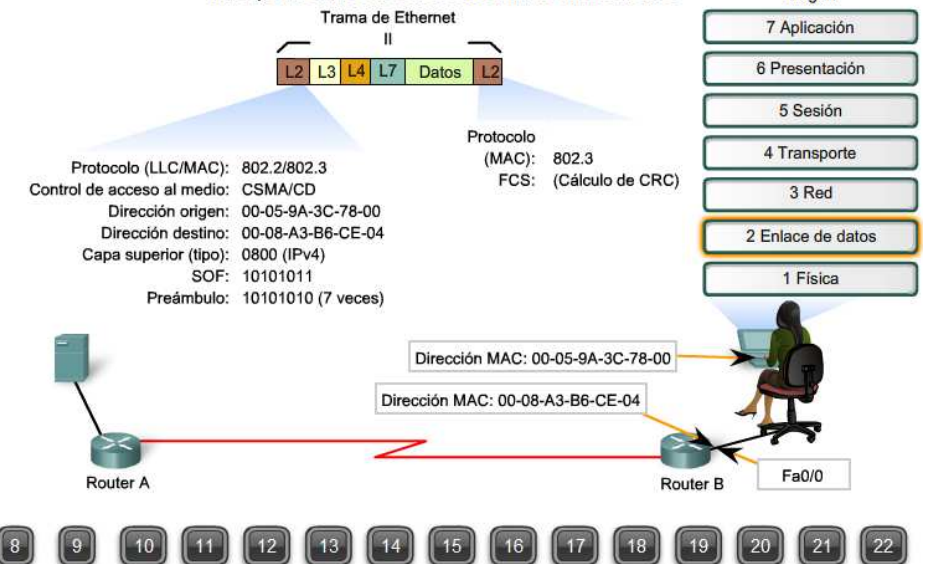
En la capa de red, se construye un paquete IP para identificar los hosts de origen y de destino. Para la dirección de destino, el host del cliente utiliza la dirección IP asociada con el nombre host del servidor WWW que estará en caché en la tabla del host. Utiliza su propia dirección IPv4 como dirección de origen. La capa de red también identifica el protocolo de la capa superior encapsulado en este paquete como un segmento TCP.

La capa de red dirige los datos al host de destino



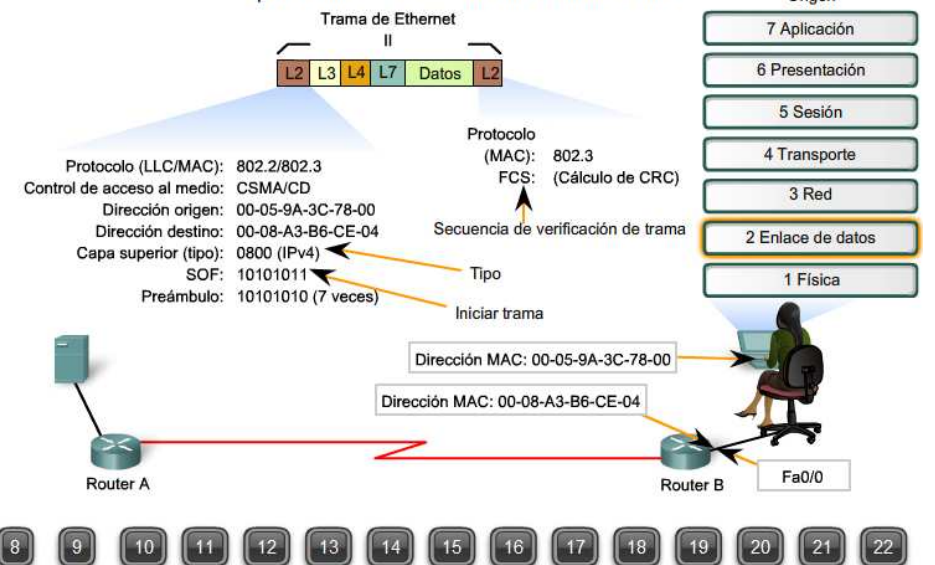
La capa de enlace de datos hace referencia al caché del Address Resolution Protocol (Protocolo de resolución de direcciones, ARP) para determinar la dirección MAC que se encuentra asociada con la interfaz del RouterB, que se encuentra especificada como gateway por defecto. Luego, utiliza esta dirección para construir una trama de Ethernet II para transportar el paquete IPv4 a través de los medios locales. La dirección MAC de la computadora portátil se utiliza como la dirección MAC de origen, y la dirección MAC de la interfaz Fa0/0 del RouterB se utiliza como la dirección MAC de destino en la trama.

La capa de enlace de datos coloca datos en los medios



La trama también indica el protocolo de la capa superior de IPv4 con un valor de 0800 en el campo Tipo. La trama comienza con un indicador SOF, Preámbulo e inicio de trama (SOF) y termina con una comprobación cíclica de redundancia (CRC) en la Secuencia de verificación de trama al final de la trama para la detección de errores. Luego, utiliza CSMA/CD para verificar la colocación de la trama en los medios.

La capa de enlace de datos coloca datos en los medios



La capa física comienza a codificar la trama en los medios, bit por bit. El segmento entre el RouterA y el servidor es un segmento 10Base-T, por lo tanto, los bits se codifican mediante la codificación diferencial Manchester. El RouterB almacena los bits a medida que los recibe.

La capa física transporta los datos a través de los medios

Protocolo: 802.3  
Codificación: Codificación de Manchester

Origen

7 Aplicación

6 Presentación

5 Sesión

4 Transporte

3 Red

2 Enlace de datos

1 Física

L1 L2 L3 L4 L7 Datos L2 L1



Router A

Router B

Fa0/0

10BT

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22

El RouterB examina los bits en el preámbulo y en SOF, y busca dos bits 1 consecutivos que indiquen el comienzo de una trama. El RouterB luego, comienza a almacenar los bits como parte de la trama reconstruida. Cuando se recibe toda la trama, el RouterB genera una CRC de ella. Luego, lo compara con la FCS al final de la trama para determinar que se haya recibido intacta. Cuando la trama se confirma como buena, la dirección MAC de destino en la trama se compara con la dirección MAC de la interfaz (Fa0/0). Como concuerda, los encabezados se retiran y el paquete se empuja hacia la capa de red.

La capa de enlace de datos del Router B obtiene datos de los medios

Protocolo (LLC/MAC): 802.2/802.3  
Control de acceso al medio: CSMA/CD  
Dirección origen: 00-05-9A-3C-78-00  
Dirección destino: 00-08-A3-B6-CE-04  
Capa superior (tipo): 0800 (IPv4)  
SOF: 10101011  
Preámbulo: 10101010 (7 veces)

Protocolo (MAC): 802.3  
FCS: (Cálculo de CRC)

L2 L3 L4 L7 Datos L2

Dirección MAC: 00-08-A3-B6-CE-04



Router A

Router B

Fa0/0

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22

En la capa de red, la dirección IPv4 de destino del paquete se compara con las rutas en la tabla de enrutamiento. Se encuentra una coincidencia que se asocia con una próxima interfaz S0/0/0 de salto. Luego, el paquete dentro del RouterB se pasa al circuito para la interfaz S0/0/0.

La capa de red del Router B los dirige hacia el destino

Tabla de enrutamiento

Destino	Salto siguiente	Interfaz
10.0.0.0 /24	NC	Fa0/0
192.0.3.0 /24	192.168.1.6	S0/0/0
192.168.1.4 /30	NC	S0/0/0

Protocolo: IPv4  
Dirección origen: 10.1.1.1  
Dirección destino: 192.0.3.7  
Capa superior: TCP

L3 L4 L7 Datos

Direcciones IPv4: 192.0.3.7

Direcciones IPv4: 192.168.1.5

Direcciones IPv4: 192.168.1.6

Fa0/0

Router A

S0/0/0

S0/0/0

Router B

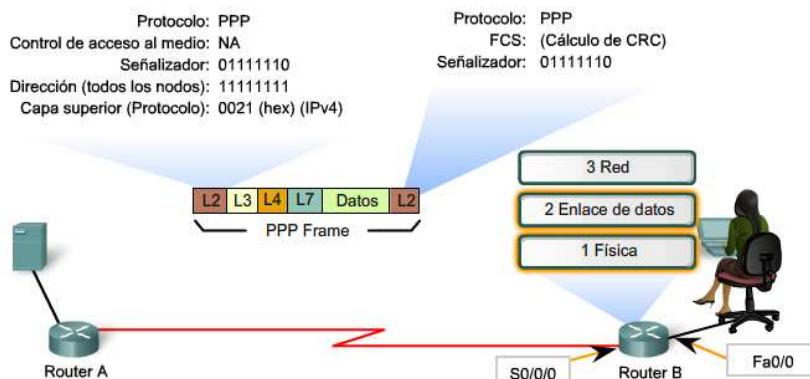
Fa0/0

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22



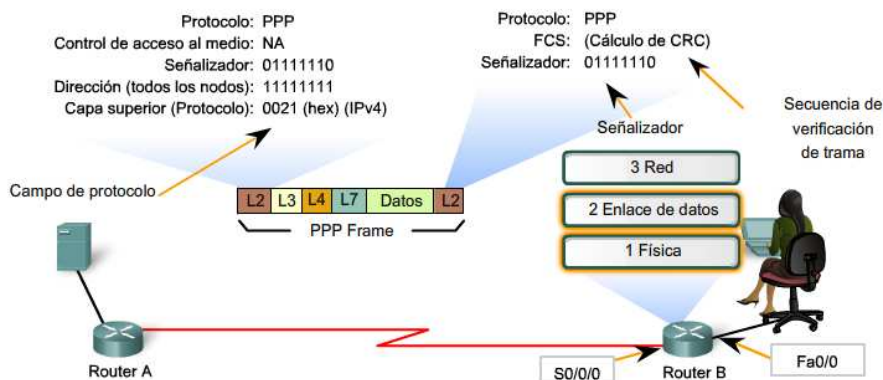
El RouterB crea una trama PPP para transportar el paquete a través de WAN. En el encabezado PPP, se agrega una señalización binaria 01111110 para indicar el comienzo de una trama. Luego, se agrega un campo de dirección de 11111111, que es equivalente a un broadcast (lo que quiere decir "enviar a todas las estaciones"). Debido a que PPP es punto a punto y se utiliza como enlace directo entre dos nodos, este campo no tiene un significado real.

La capa de enlace de datos coloca datos en los medios



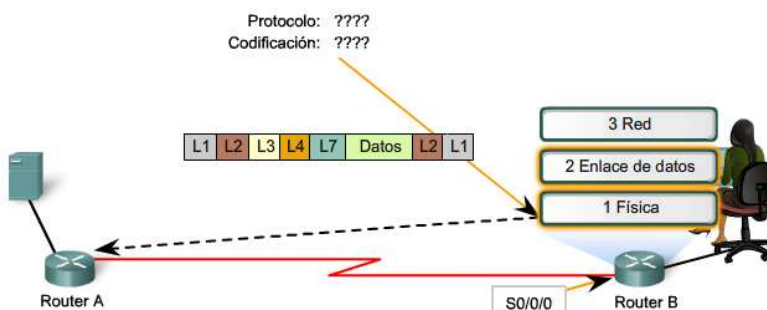
También está incluido un campo de protocolo con un valor de 0021 (hex.) para indicar que un paquete IPv4 se encuentra encapsulado. El tráiler de la trama termina con una verificación cíclica de redundancia en la Secuencia de verificación de trama para la detección de errores. Un valor de señalización de 01111110 binarios indica el fin de una trama PPP.

La capa de enlace de datos coloca datos en los medios



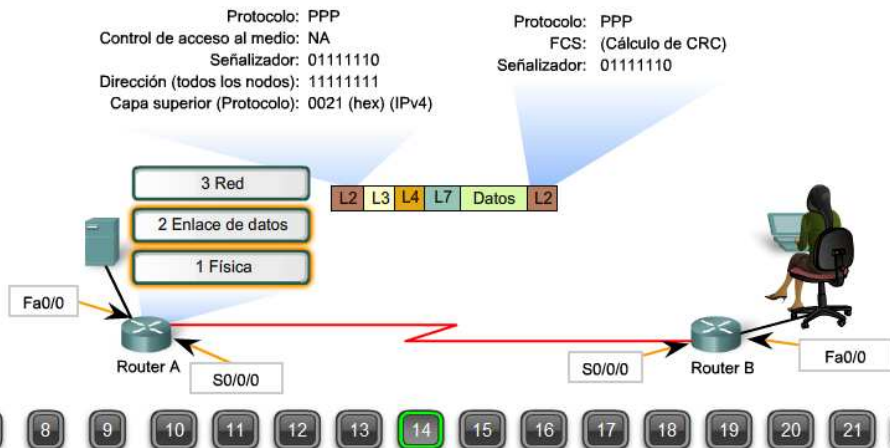
Con el circuito y con la sesión PPP ya establecida entre los routers, la capa física comienza a codificar la trama en los medios WAN, bit por bit. El router que recibe (RouterA) almacena los bits a medida que los recibe. El tipo de representación de bit y codificación depende del tipo de tecnología WAN que se utiliza.

La capa física transporta los datos a través de los medios



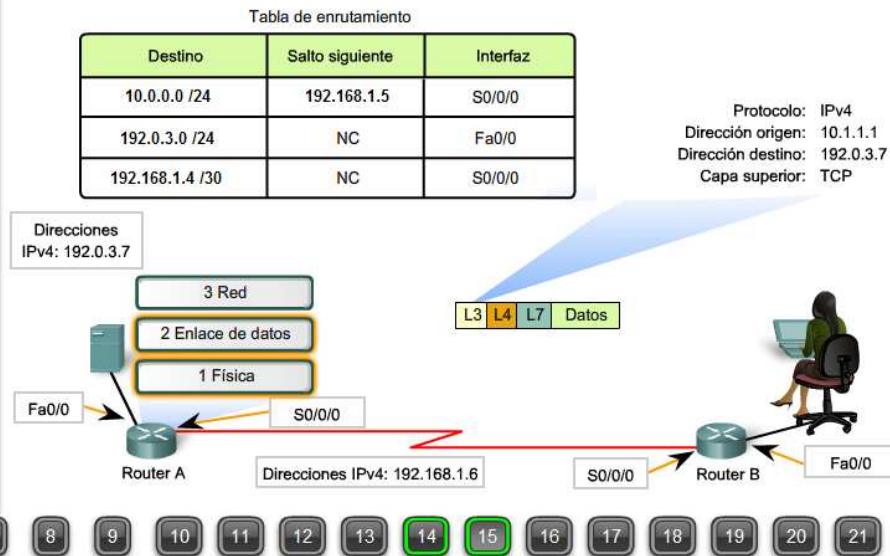
El RouterA examina los bits en la señalización para identificar el comienzo de la trama. El RouterA luego, comienza a almacenar los bits como parte de la trama reconstruida. Cuando se recibe toda la trama, como se indica en la señalización en el tráiler, el RouterA genera un CRC de ella. Luego, lo compara con la FCS al final de la trama para determinar que se haya recibido intacta. Cuando la trama se confirma como buena, los encabezados se retiran y el paquete se empuja hacia la capa de red del RouterA.

La capa de enlace de datos del Router B obtiene datos de los medios



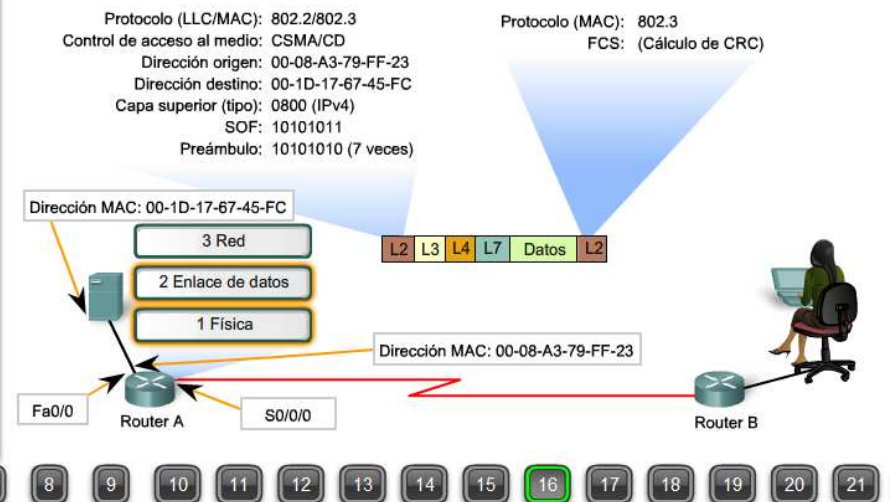
En la capa de red, la dirección IPv4 de destino del paquete se compara con las rutas en la tabla de enrutamiento. Se encuentra una coincidencia que está directamente conectada a la interfaz Fa0/0. Luego el paquete dentro del RouterA se pasa al circuito de la interfaz Fa0/0.

La capa de red del Router B los dirige hacia el destino



La capa de enlace de datos hace referencia al caché ARP del RouterA para determinar la dirección MAC que se encuentra asociada a la interfaz del servidor Web. Luego, utiliza esta dirección MAC para construir una trama de Ethernet II para transportar el paquete IPv4 a través de los medios locales al servidor. La dirección MAC de la interfaz fa0/0 del RouterA se utiliza como la dirección MAC de origen, y la dirección MAC del servidor se utiliza como la dirección MAC de destino en la trama. La trama también indica el protocolo de la capa superior de IPv4 con un valor de 0800 en el campo Tipo. La trama comienza con un indicador SOF, Preámbulo e inicio de trama (SOF) y

La capa de enlace de datos coloca datos en los medios



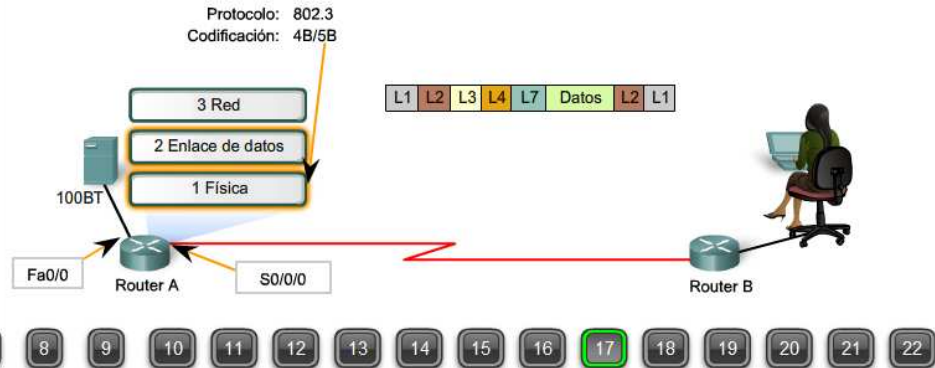


1 2 3 4 5 6 7

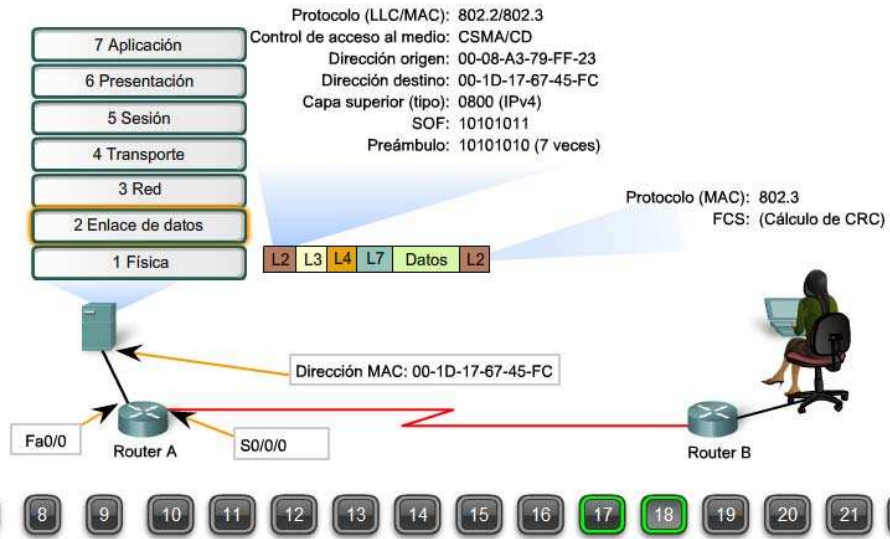
1 2 3 4 5 6 7

1 2 3 4 5 6 7

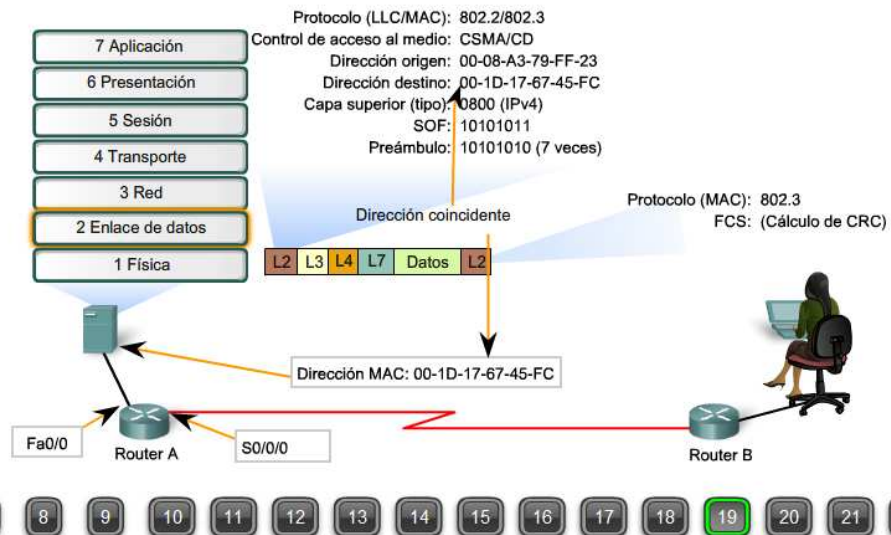
Protocolo: 802.3  
Codificación: 4B/5B



Protocolo (LLC/MAC): 802.2/802.3  
Control de acceso al medio: CSMA/CD  
Dirección origen: 00-08-A3-79-FF-23  
Dirección destino: 00-1D-17-67-45-FC  
Capa superior (tipo): 0800 (IPv4)  
SOF: 10101011  
Preámbulo: 10101010 (7 veces)

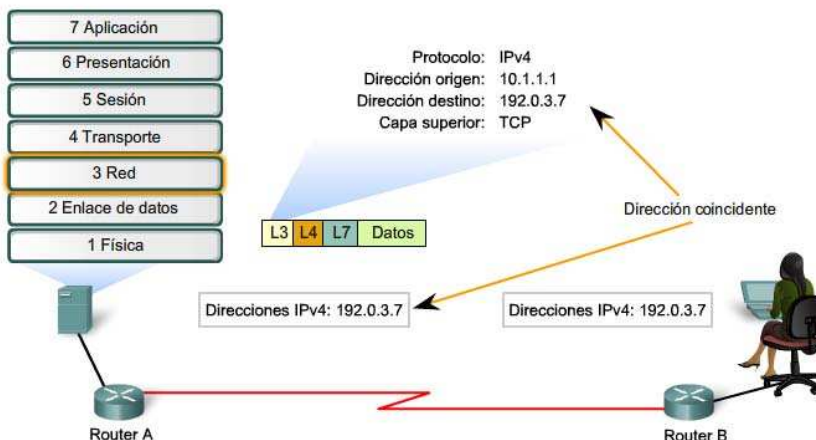


Protocolo (LLC/MAC): 802.2/802.3  
Control de acceso al medio: CSMA/CD  
Dirección origen: 00-08-A3-79-FF-23  
Dirección destino: 00-1D-17-67-45-FC  
Capa superior (tipo): 0800 (IPv4)  
SOF: 10101011  
Preámbulo: 10101010 (7 veces)



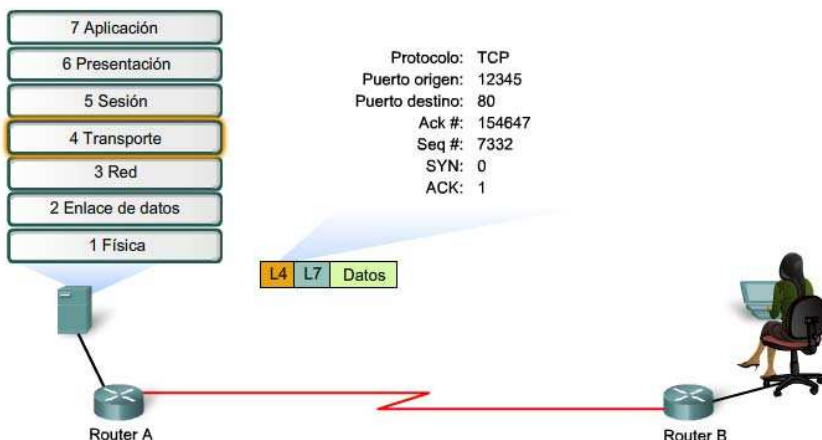
En la capa de red, la dirección IPv4 de destino del paquete se examina para identificar el host de destino. Como esta dirección coincide con su propia dirección IPv4, el servidor procesa el paquete. La capa de red identifica el protocolo de la capa superior como TCP y dirige el segmento contenido al servidor TCP en la capa de transporte.

La capa de red de destino del servidor distingue que el paquete es para el host



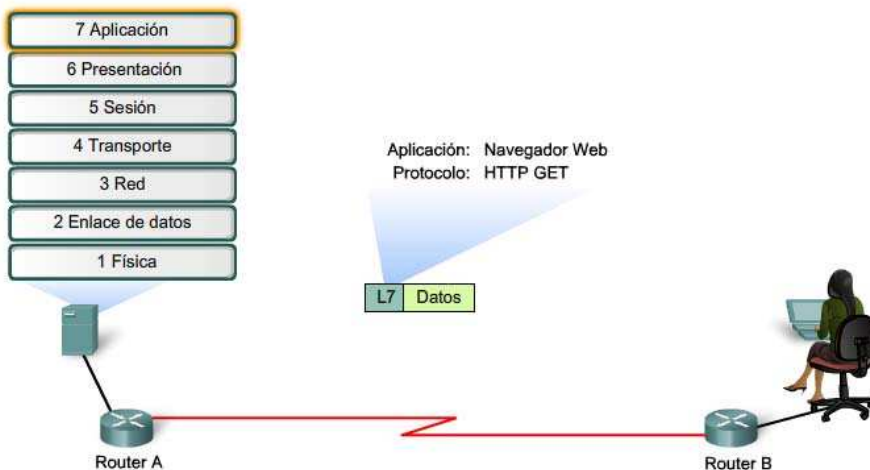
En la capa de transporte del servidor, el segmento TCP se examina para determinar la sesión a la cual pertenecen los datos contenidos en el segmento. Esto se realiza examinando los puertos de origen y de destino. El puerto único de origen y destino identifica una sesión existente en el servicio del servidor Web. Se utiliza el número de secuencia para colocar este segmento en el orden correcto para que pueda ser enviado hacia arriba a la capa de aplicación.

La capa de transporte de destino del servidor identifica la sesión



En la capa de aplicación, la solicitud HTTP Get (Obtener HTTP) se entrega al servicio del servidor web (httpd). El servicio luego puede formular una respuesta.

El servidor de la capa de aplicación de destino entrega los datos



## 7.6 RESUMEN DEL CAPITULO

### 7.6.1 Resumen y revisión

La capa de enlace de datos OSI prepara los paquetes de capa de red para ser colocados en el medio físico que transporta los datos.

El amplio intervalo de medios de comunicación requiere, de forma correspondiente, un amplio intervalo de protocolos de enlace de datos para controlar el acceso a los datos de estos medios.

El acceso a los medios puede ser ordenado y controlado o puede ser por contención. La topología lógica y el medio físico ayudan a determinar el método de acceso al medio.

La capa de enlace de datos prepara los datos para ser colocados en el medio encapsulando el paquete de la Capa 3 en una trama.

Una trama tiene un encabezado y una información final que incluye las direcciones del enlace de datos de origen y de destino, calidad de servicio, tipo de protocolo y valores de secuencia de verificación de tramas.

#### En este capítulo, aprendió que:

- Explicar la función de los protocolos de la capa de Enlace de datos en la transmisión de datos.
- Describir la forma en que la capa de Enlace de datos prepara los datos para ser transmitidos en los medios de red.
- Describir los distintos tipos de métodos de control de acceso a los medios.
- Identificar varias topologías de red lógicas comunes y describir la forma en que la topología lógica determina el método de control de acceso a medios para esa red.
- Explicar el objetivo de encapsular los paquetes en tramas para facilitar el acceso a los medios.
- Describir la estructura de trama de la Capa 2 e identificar campos genéricos.
- Explicar la función del encabezado de trama principal y campos de tráiler, calidad de servicio, tipo de protocolo y Secuencia de verificación de trama.

## ~~8 — CAPA FISICA DEL MODELO OSI~~

### ~~8.0 INTRODUCCION DEL CAPITULO~~

#### ~~8.0.1 Introducción del capítulo~~

~~Los protocolos de la capa superior de OSI preparan los datos desde la red humana para realizar la transmisión hacia su destino. La capa física controla de qué manera se ubican los datos en los medios de comunicación.~~

~~La función de la capa física de OSI es la de codificar en señales los dígitos binarios que representan las tramas de la capa de Enlace de datos, además de transmitir y recibir estas señales a través de los medios físicos (alambres de cobre, fibra óptica o medio inalámbrico) que conectan los dispositivos de la red.~~

~~Este capítulo presenta las funciones generales de la capa física al igual que los estándares y protocolos que administran la transmisión de datos a través de medios locales.~~

~~En este capítulo, usted aprenderá a:~~