

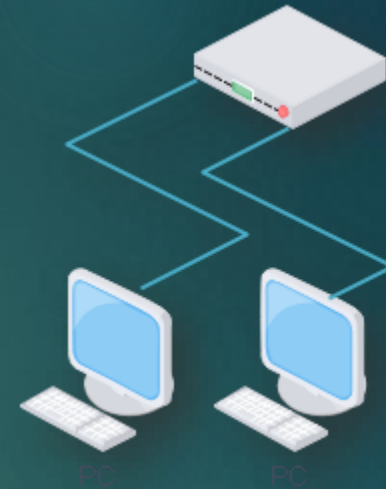
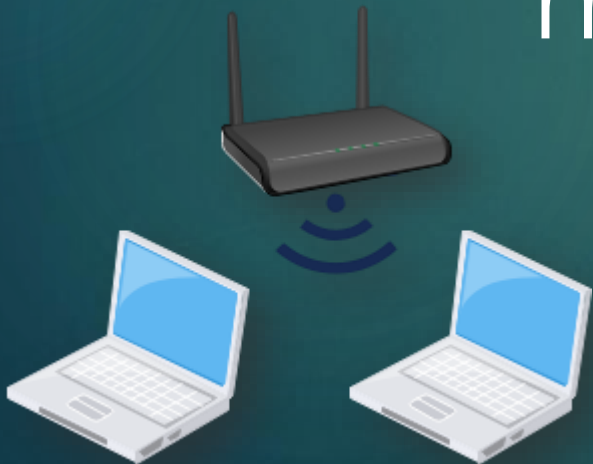


# Enlace de Datos

CAPA 2

# Objetivo

Proporcionar una comunicación fiable y eficiente entre dos máquinas adyacentes.



# Tipos de trama

- ▶ Trama de datos



- ▶ Trama de control: Coordina y controla la comunicación.

# IEEE 802

Control lógico de enlace  
**LLC** ("Logical Link  
Control")

Descrito en el estándar 802.2

Control de acceso al  
medio **MAC** ("Medium  
Access Control")

El estándar 802.3 al 802.5 describen los tres estándares para LAN, CSMA/CD, token bus y token ring respectivamente.

Cada estándar cubre la capa física y el protocolo de subcapa MAC.



# Control lógico de enlace LLC

SUBCAPA

# IEEE 802.2

Lleva a cabo las dos funciones siguientes:

- ▶ Administrar una interfaz hacia la capa de red, la cual se encuentre adyacente a ésta.
- ▶ Garantizar la entrega de tramas confiable con el nivel de confiabilidad predefinido.

# IEEE 802.2

Brinda tres tipos de servicios de transporte a las capas superiores :

Tipo 1

Servicio sin  
conexión ni  
confirmación

Tipo 2

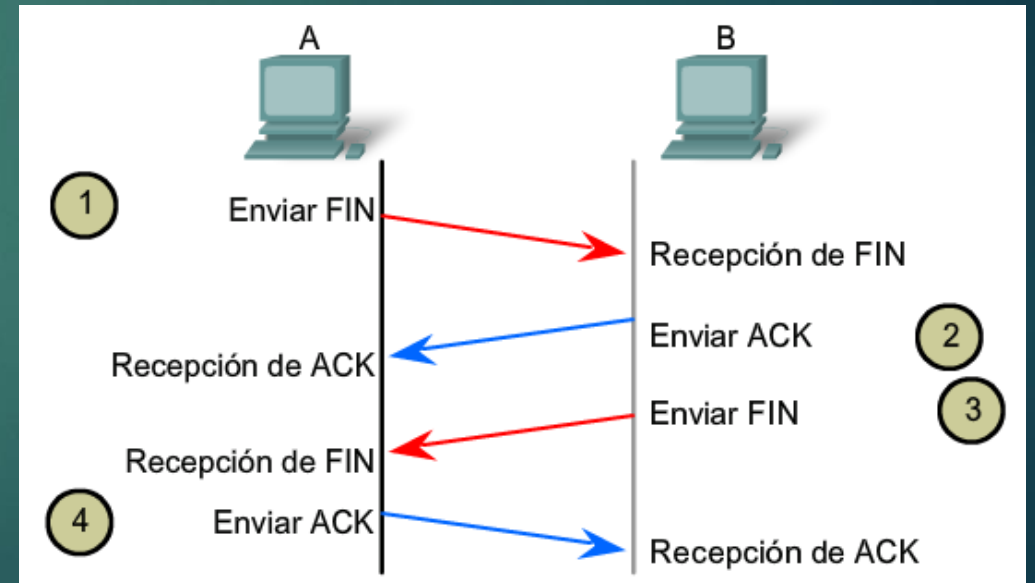
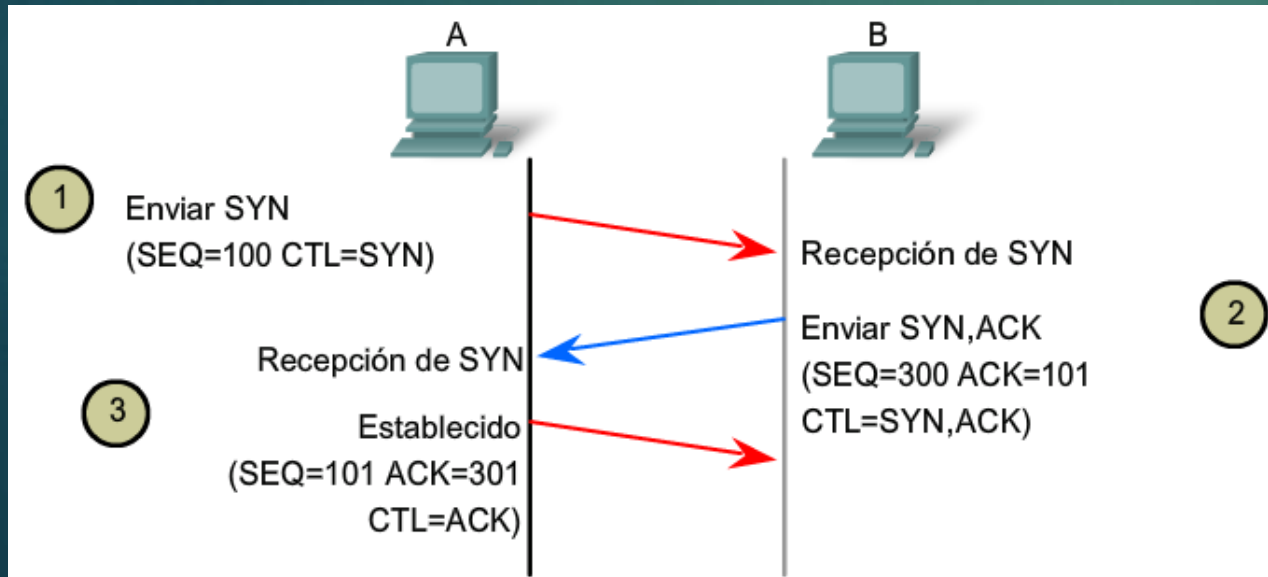
Servicio orientado a  
la conexión y  
confirmación

Tipo 3

Servicio no  
orientado a la  
conexión con  
confirmación

# IEEE 802.2

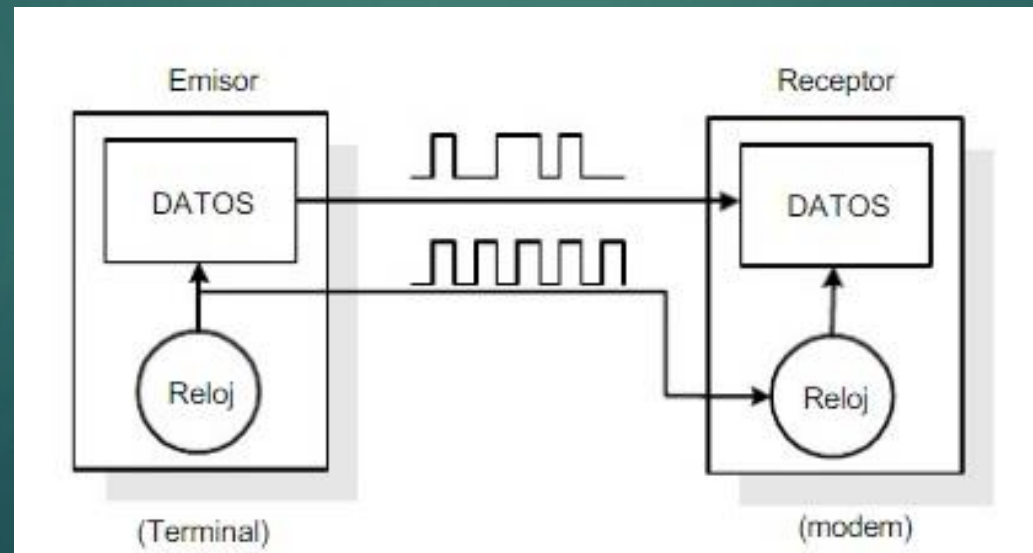
Los servicios orientados a la conexión deben realizar un procedimiento llamado negociación de 3 pasos (3-way handshake) o 4 pasos (4-way handshake) para establecer una conexión.





# Transmisión síncrona

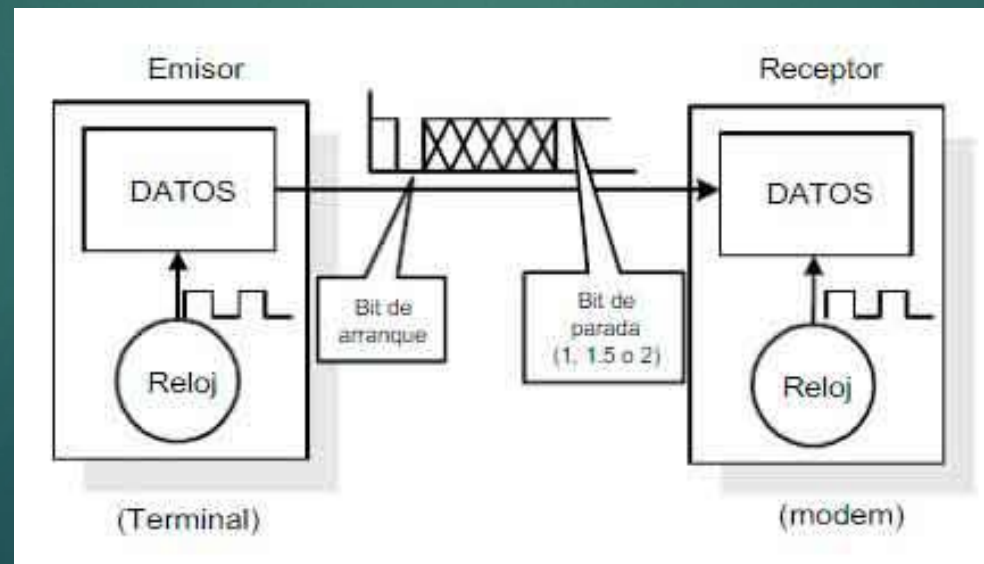
En transmisión síncrona se envía, además de los datos, la señal de reloj; de esta manera el receptor se sincroniza con el emisor y determina los instantes significativos de la señal que recibe. Los datos se transmiten de manera consecutiva entre el emisor y el receptor, con un flujo constante que viene determinado por la señal del reloj de sincronismo



# Transmisión asíncrona

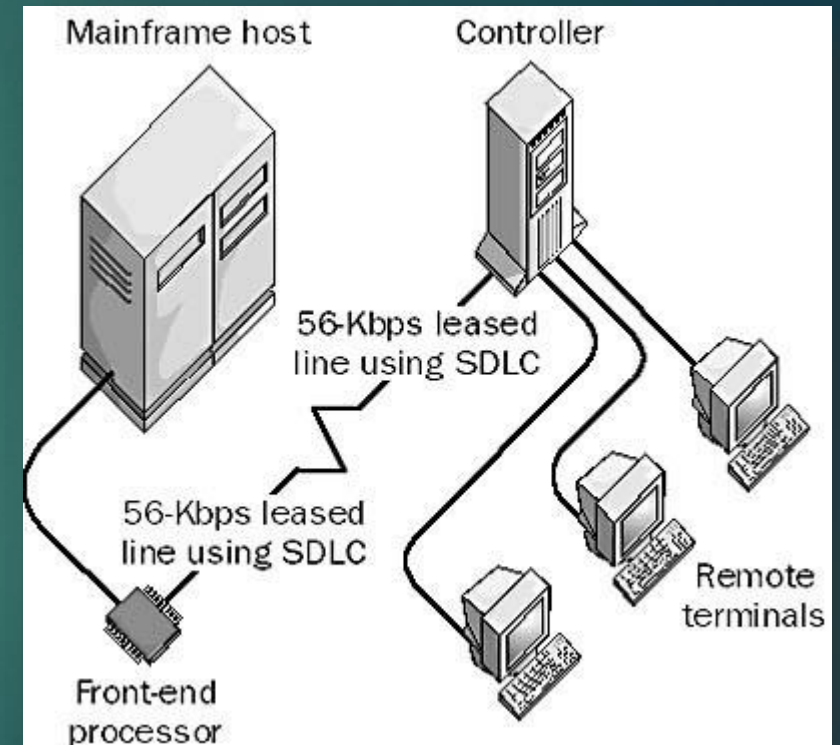
Se caracteriza porque la base de tiempo del emisor y receptor no es la misma, empleándose un reloj para la generación de datos en la transmisión y otro distinto para la recepción.

En este tipo de transmisión la información se transmite por palabras, bytes o conjunto de bits, estando precedidos estos bits por un bit de arranque o “start” y finalizando con al menos un bit de parada o “stop” pudiendo ser también 1,5 o 2 bits.



# Protocolo SDLC

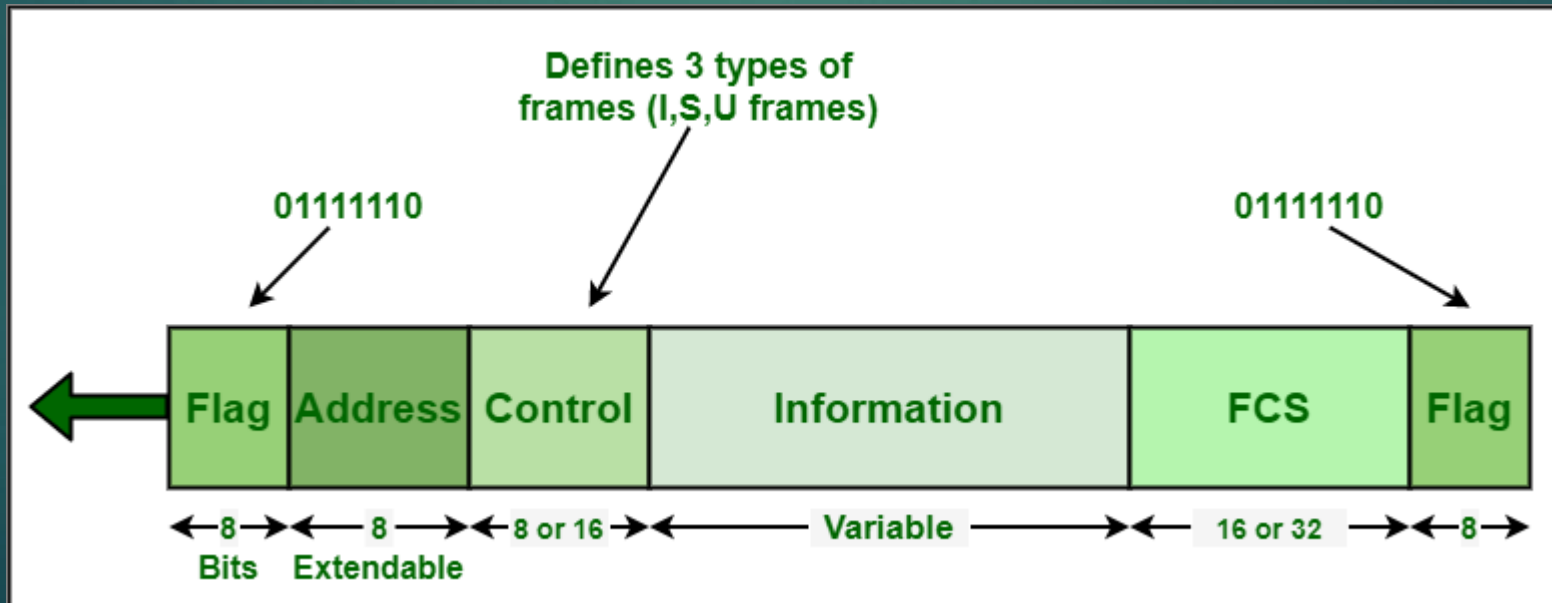
SDLC (*Synchronous Data Link Controller*, controlador de enlace de datos síncrono) protocolo diseñado por IBM para enlaces síncronos a través de una línea para la capa 2 del modelo OSI de comunicaciones. Como su nombre implica, es un protocolo síncrono, lo que supone la transmisión de la señal de reloj con los datos.



# HDLC

HDLC (High-Level Data Link Control, control de enlace de datos de alto nivel) es un protocolo de comunicaciones de propósito general punto a punto, que opera a nivel de enlace de datos. Se basa en ISO 3309 e ISO 4335.

- Surge como una evolución del anterior SDLC. Proporciona recuperación de errores en caso de pérdida de paquetes de datos, fallos de secuencia y otros, por lo que ofrece una comunicación confiable entre el transmisor y el receptor.





# Control de Acceso al Medio MAC (Medium Access Control)

SUBCAPA

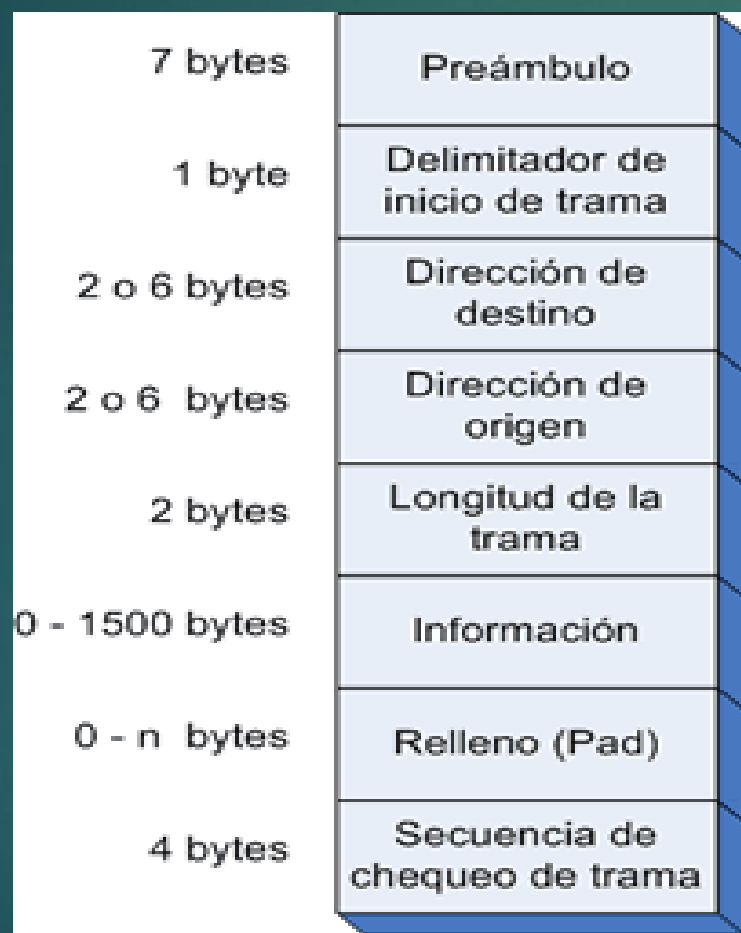
# Control de Acceso al Medio MAC

Las principales funciones de la capa MAC son:

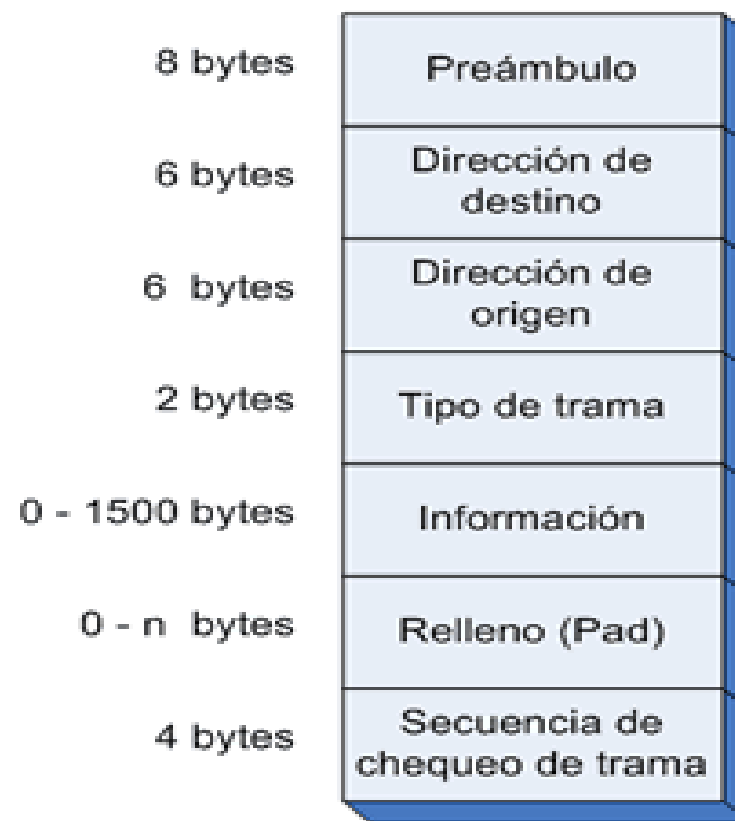
- ▶ Garantizar el acceso al medio de transmisión compartido.
- ▶ Transmitir tramas entre los nodos terminales mediante la funcionalidad de los dispositivos de la capa física.

# Ethernet e IEEE802.3

longitud mínima aceptable es de 46 bytes



Formato de la trama IEEE 802.3



Formato de la trama Ethernet



# Identificación y direccionamiento

- ▶ Identificación del emisor y del receptor
- ▶ Intercambio de direcciones de enlace asignadas a cada estación.



# Direcciones MAC

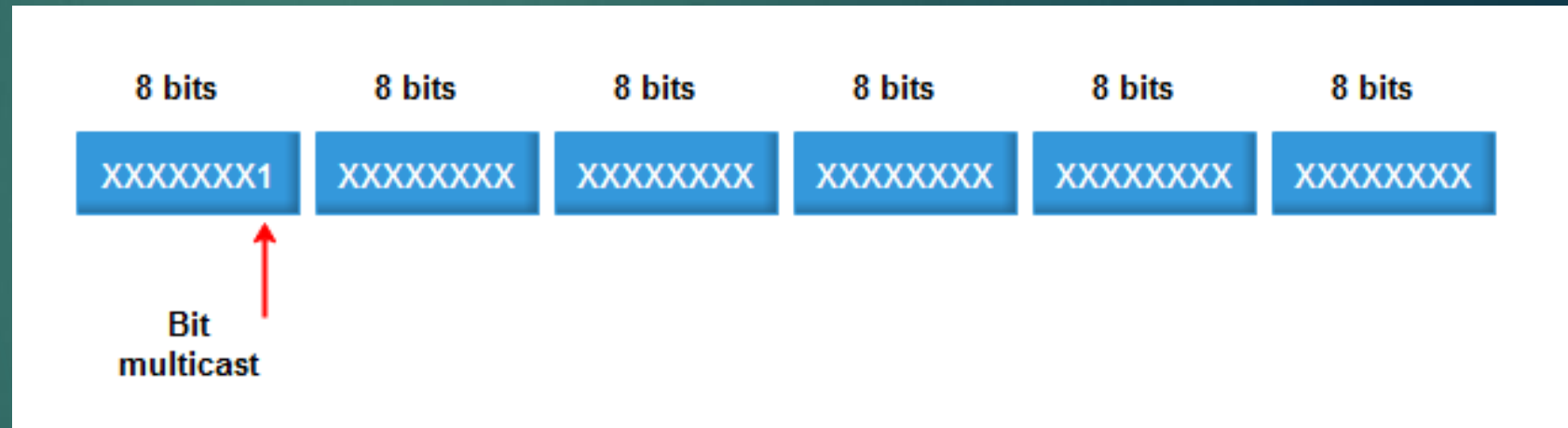
Diseñada para identificar de manera única y sin ambigüedades las interfaces de red de las LAN. Están definidas por el estándar IEEE 802.3

Son de 6 bytes y se escriben como seis pares de dígitos hexadecimales separados por guiones o dos puntos, por ejemplo: 11-A0-17-3D-BC-01. Cada adaptador de red tiene al menos una dirección MAC

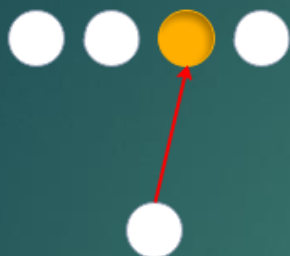
Fabricante (definidos por la IEEE)	<b>11-A0-17-3D-BC-01</b>	Número único asignado por el fabricante
------------------------------------	--------------------------	---

# Direcciones MAC

El primer bit (el menos significativo) del byte más significativo de la dirección de destino indica si ésta es una dirección individual o si es de grupo.

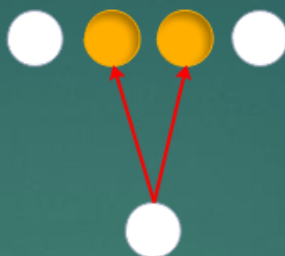


# Direcciones MAC



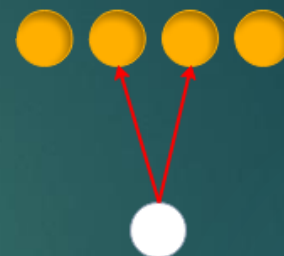
## UNICAST

Si tal bit tiene un valor de **0**, identifica a una sola interfaz de red.



## MULTICAST

Si dicho bit tiene un valor de **1** se trata de una dirección multidirigida (de grupo).



## BROADCAST

Si una dirección consta sólo de unos (**0xFFFFFFFFFFFF**), identificará a todos los nodos de la red

# Acceso al medio

El **acceso aleatorio** es uno de los principales algoritmos utilizados para acceder al medio de transmisión. Su idea es que un nodo que desee transmitir una trama trate de enviarla sin necesidad de coordinar el uso del medio de transmisión compartido con los demás nodos de la red.

# CSMA/CD

## Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection

En español: "**Acceso Múltiple por Detección de Portadora con Detección de Colisiones**"

Se utiliza un medio de acceso múltiple y la estación está a la escucha a la vez que emite, de forma que si detecta que se produce una colisión, detiene inmediatamente la transmisión



# Funcionamiento CSMA/CD

- ▶ El primer paso a la hora de transmitir será saber si el medio está libre. Para eso escuchamos lo que dicen los demás.
- ▶ Si hay portadora en el medio, es que está ocupado y, por tanto, seguimos escuchando; en caso contrario, el medio está libre y podemos transmitir.





# Funcionamiento CSMA/CD

A continuación, **esperamos un tiempo mínimo** necesario para poder diferenciar bien una trama de otra y comenzamos a transmitir.



Si durante la transmisión de una trama se detecta una colisión, entonces las estaciones que colisionan abortan el envío de la trama y envían una señal de congestión denominada **jamming**.

# Funcionamiento CSMA/CD

- Después de una colisión (Los host que intervienen en la colisión invocan un algoritmo de postergación que genera un **tiempo aleatorio**), las estaciones esperan un tiempo aleatorio (tiempo de backoff) para volver a transmitir una trama.





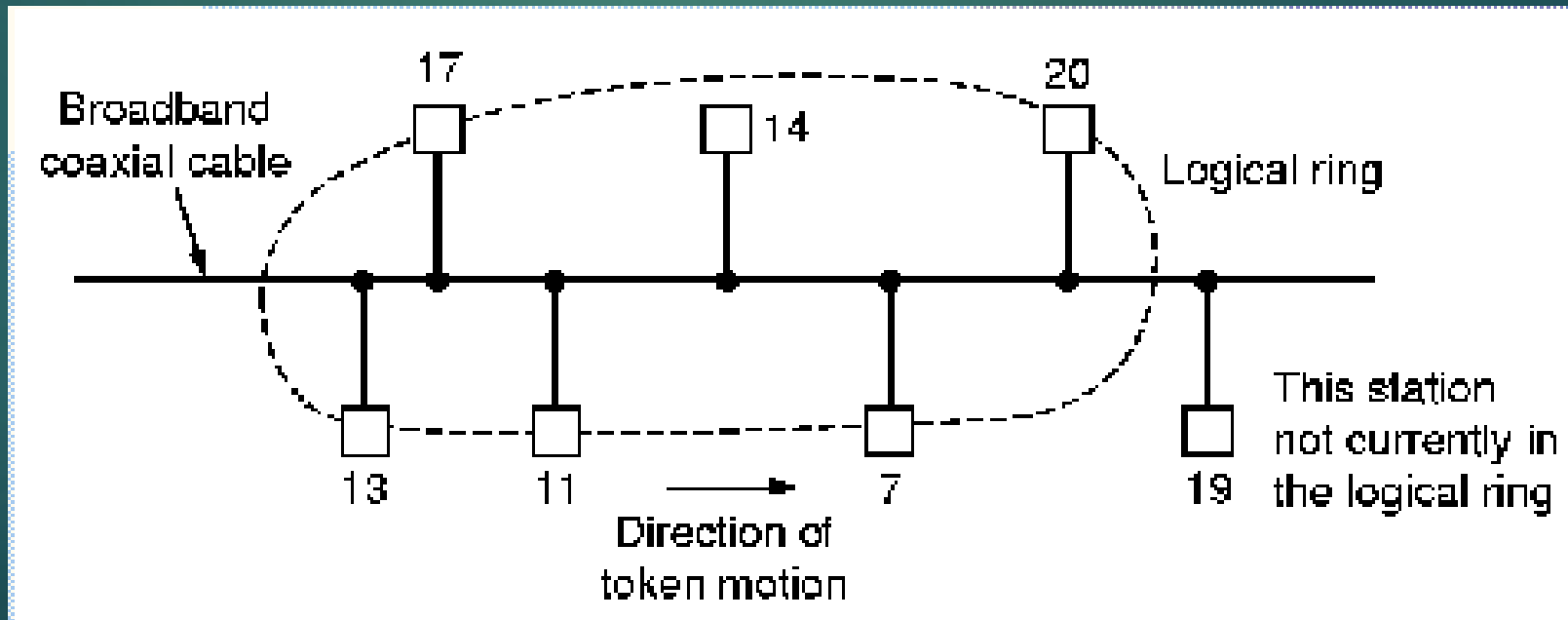
# Acceso al medio

El **acceso determinístico** es otro método muy popular de acceder al medio de transmisión compartido. Se le designa con este nombre debido a que el tiempo de espera máximo requerido para acceder al medio de transmisión siempre se conoce con antelación.

Los algoritmos de acceso determinístico utilizan dos mecanismos: estafeta circulante y poleo.

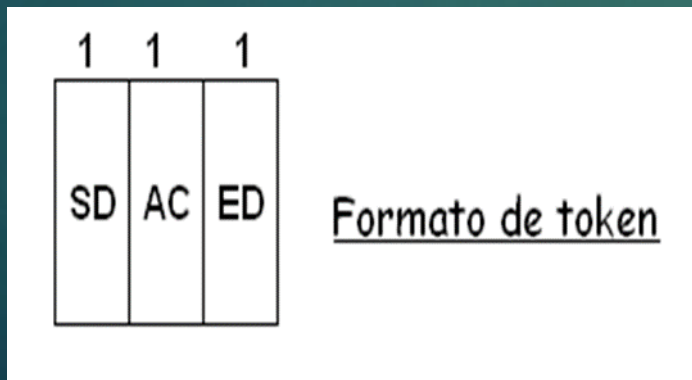
# Token Bus IEEE 802.4

- ▶ Tiene una topografía física en bus pero funciona como una topología en anillo.
- ▶ Todas las estaciones o nodos conocen la identidad de los nodos siguiente y anterior.
- ▶ La estación que tiene el testigo o token tiene el control sobre el medio y puede transmitir información a otro nodo.
- ▶ Cada estación tiene un receptor y un transmisor que hace las funciones de repetidor de la señal para la siguiente estación del anillo lógico.
- ▶ Todas las estaciones tienen igual probabilidad de envío.

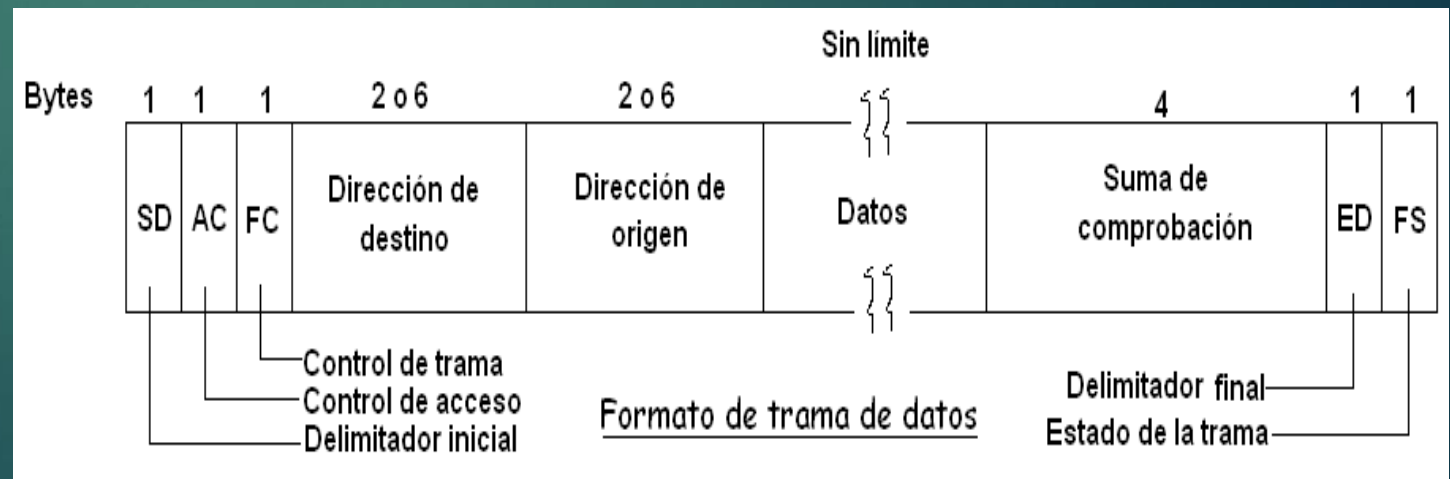


# Token Ring IEEE 802.5

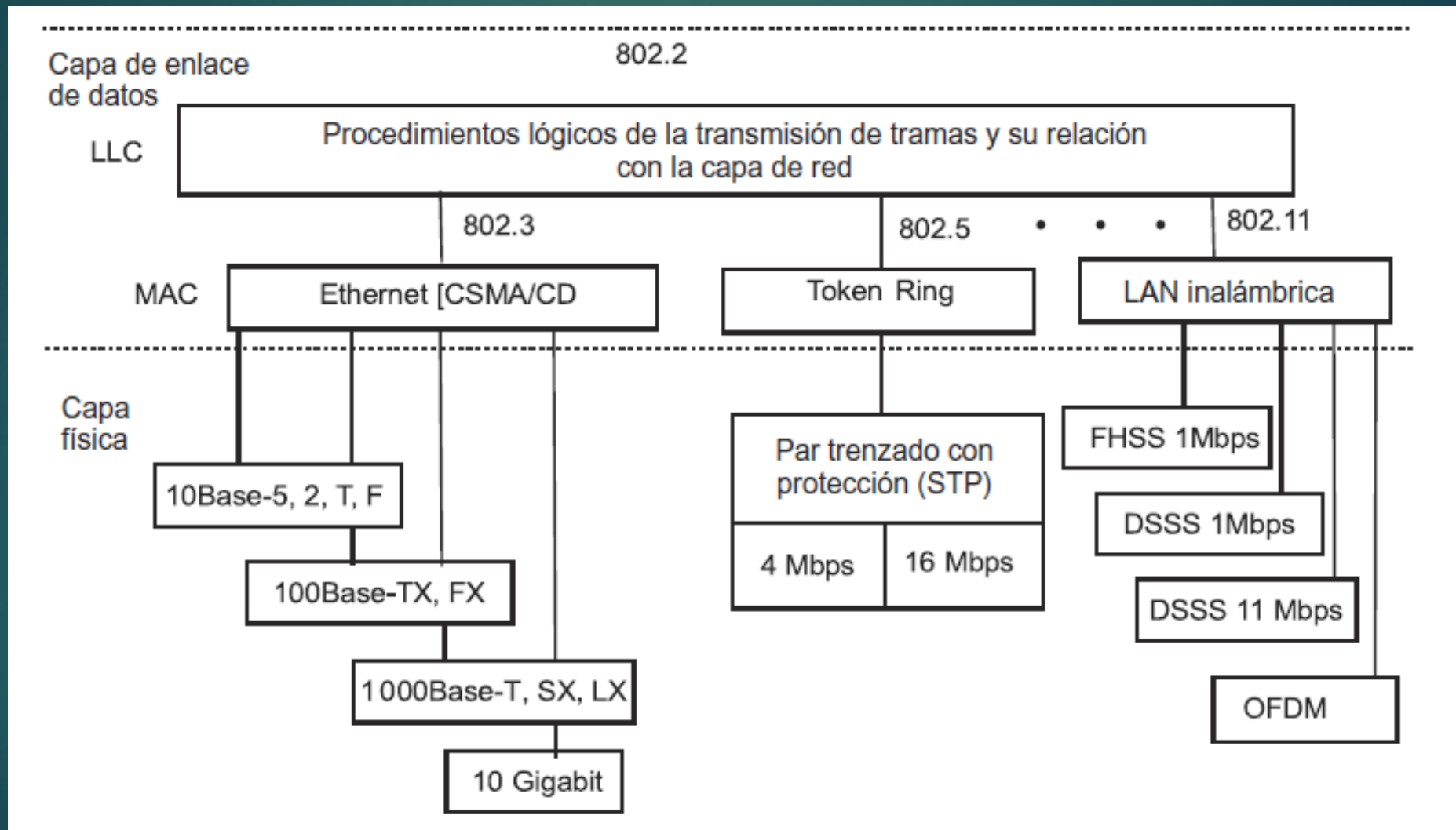
- ▶ Se toma el token y se retira del anillo antes de transmitir. Esta acción se lleva a cabo invirtiendo un solo bit del token de 3 bytes, lo que instantáneamente lo convierte en los 3 primeros bytes de una trama de datos normal
- ▶ Se manejan prioridades y la esencia del concepto es que la estación que eleva la prioridad tiene la obligación de disminuirla nuevamente cuando haya terminado.



- ▶ El byte de *estado de trama*
  - A= 0 y C = 0: destino no presente o no encendido.
  - A= 1 y C = 0: destino presente pero trama no aceptada.
  - A= 1 y C = 1: destino presente y trama copiada.
- ▶ Este arreglo proporciona un acuse automático para cada trama

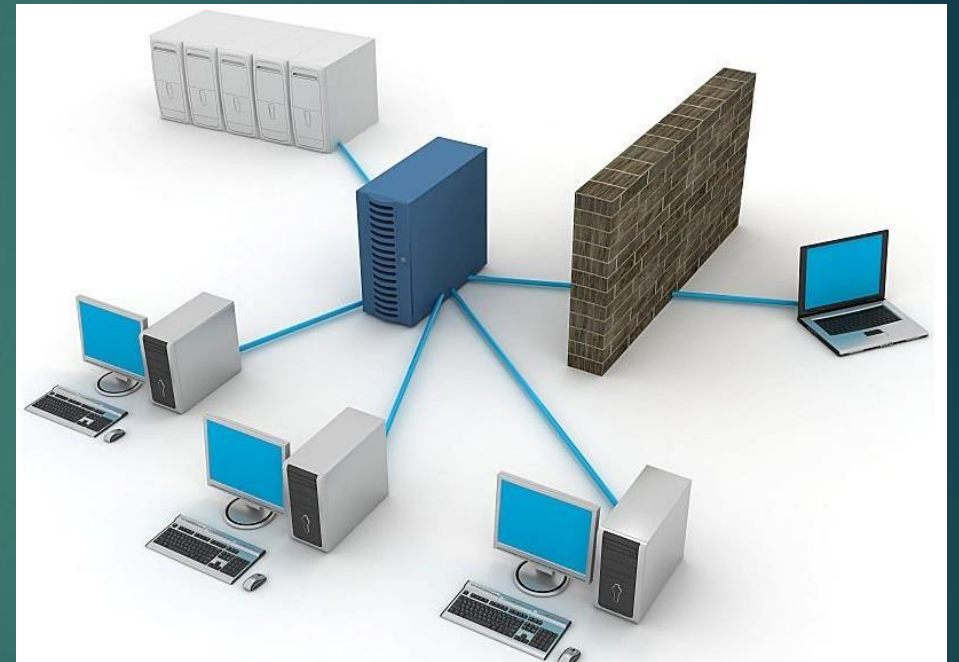


# Estructura de estándares IEEE 802



# Conmutación

La conmutación se efectúa por conmutadores que usan criterios específicos predeterminados para establecer las rutas



# Tipos de conmutación

- ▶ Conmutación de circuitos
- ▶ Conmutación de paquetes
- ▶ Conmutación de mensajes

# Conmutación de circuitos

Implica:

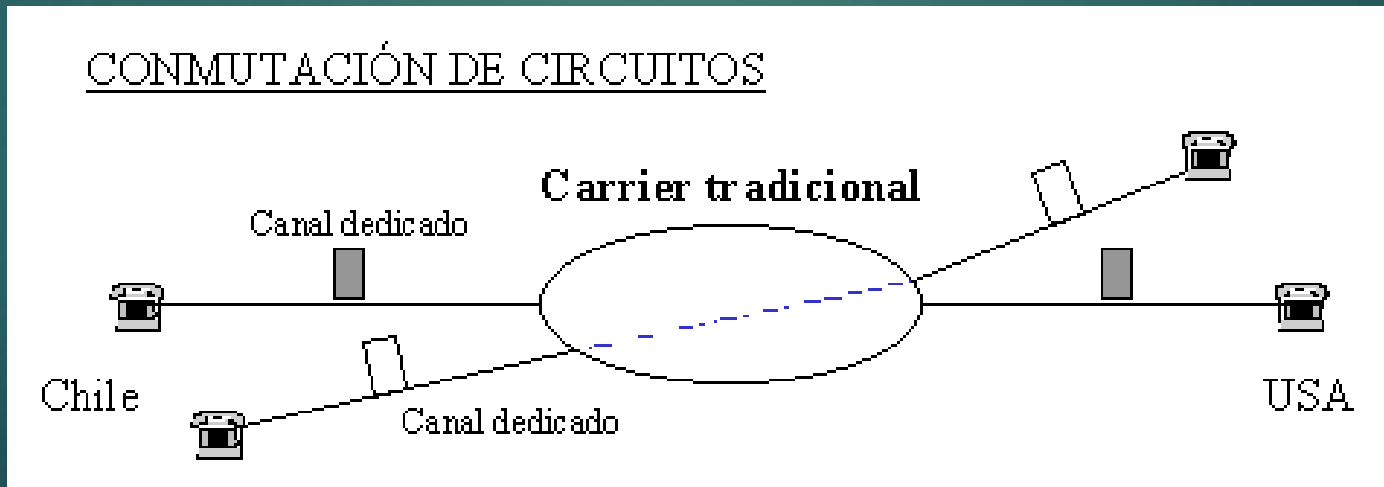
- ▶ Existencia de un canal de comunicación dedicado entre dos estaciones
- ▶ En cada enlace físico se dedica un canal lógico que hará cada conexión establecida.



# Conmutación de circuitos

Implica tres fases:

- 1. Establecimiento del circuito.** Antes de transmitir señal alguna, se debe establecer un circuito extremo a extremo (estación a estación)

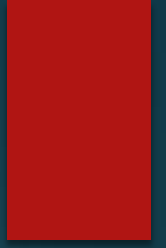




# Conmutación de circuitos

- 2. Transferencia de datos.** Tras el establecimiento del circuito, se puede transmitir la información a través de la red. Los datos pueden ser analógicos o digitales, dependiendo de la naturaleza de la red.
- 3. Desconexión del circuito.** Tras la fase de transferencia de datos, la conexión finaliza por orden de una de las dos estaciones involucradas.

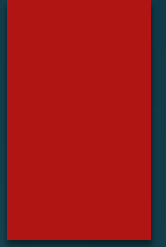
# Conmutación de circuitos



## **Desventajas:**

- ▶ La capacidad del canal se dedica permanentemente a la conexión mientras dura ésta, incluso si no se transfieren datos.
- ▶ Para comunicaciones de datos, es posible que el canal este libre durante la mayor parte de la conexión

# Conmutación de circuitos



## **Ventajas**

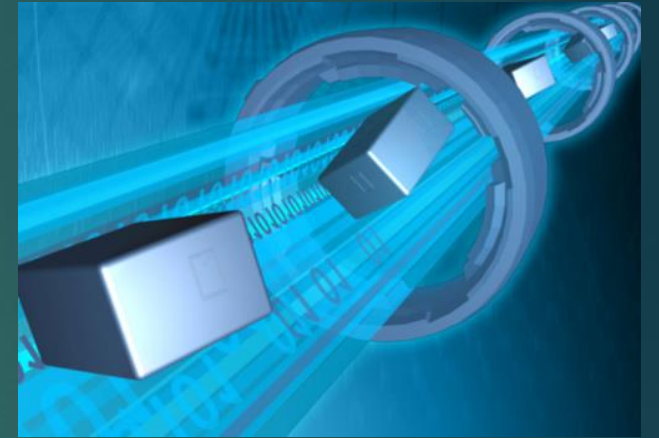
- ▶ Existe un retardo debido al establecimiento de la llamada, pero después, la red es transparente para los usuarios.
- ▶ La información se transfiere a una velocidad fija sin otro retardo que el de propagación a través de los enlaces de transmisión.





# Conmutación de paquetes

- ▶ Los datos se transmiten en paquetes cortos de cierta longitud máxima.
- ▶ Si un emisor tiene que enviar un mensaje de mayor longitud, éste se segmenta en una serie de paquetes.
- ▶ Cada paquete contiene una parte o todos los datos del usuario más cierta información de control.



# Conmutación de paquetes

Ventajas:

- ▶ La eficiencia de la línea es superior, ya que un único enlace entre nodos se puede compartir dinámicamente en el tiempo entre varios paquetes. Los paquetes forman una cola y se transmiten sobre el enlace tan rápidamente como es posible
- ▶ Dos estaciones de diferente velocidad pueden intercambiar paquetes, ya que cada una se conecta a su nodo con una velocidad particular.

# Conmutación de paquetes

- ▶ Cuando aumenta el tráfico de paquetes, éstos siguen aceptándose, aunque aumenta el retardo en la transmisión.
- ▶ Se puede hacer uso de prioridades, de modo que si un nodo tiene varios paquetes en cola para su transmisión, éste puede transmitir primero aquellos con mayor prioridad. Estos paquetes experimentarán así un retardo menor que los de prioridad inferior.
- ▶ Al enviar un mensaje de longitud superior a la del tamaño máximo permitido, se fragmenta en pequeños paquetes.

# Conmutación de mensajes

- ▶ No se establece por adelantado una conexión física.
- ▶ La trama se almacena en el primer nodo de conmutación y después se reenvía, un salto a la vez
- ▶ Cada trama se recibe en su totalidad, se inspecciona en busca de errores y después se retransmite.
- ▶ No hay límite en el tamaño de las tramas.

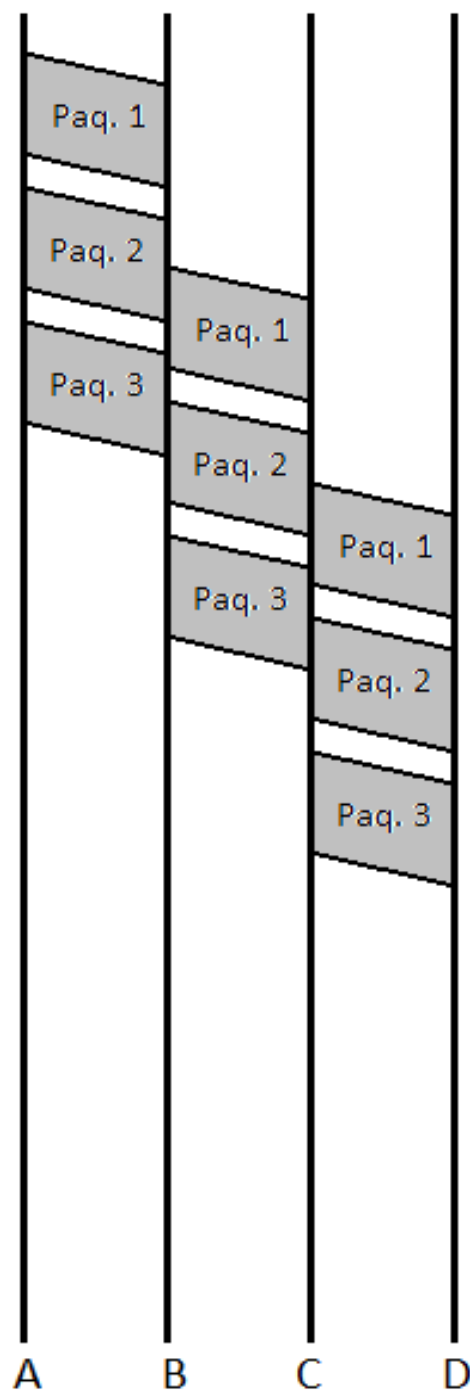
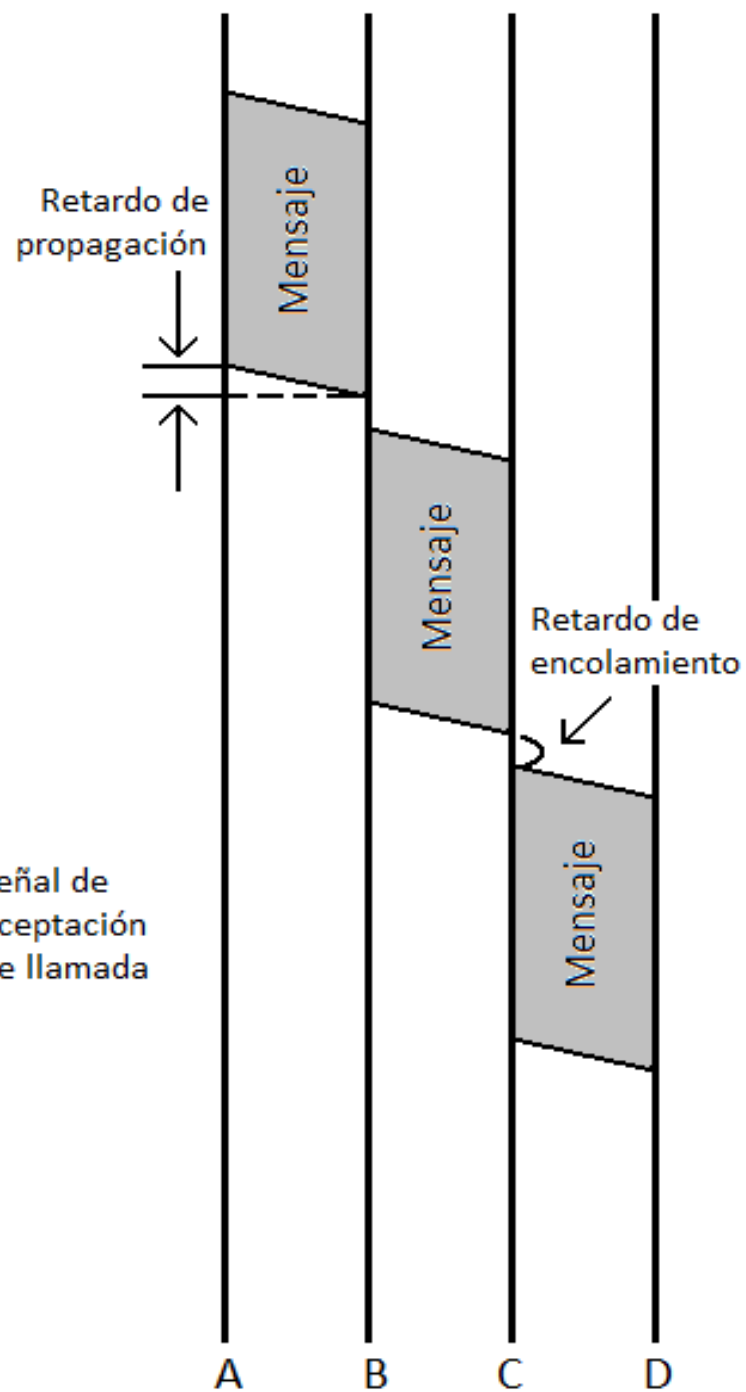
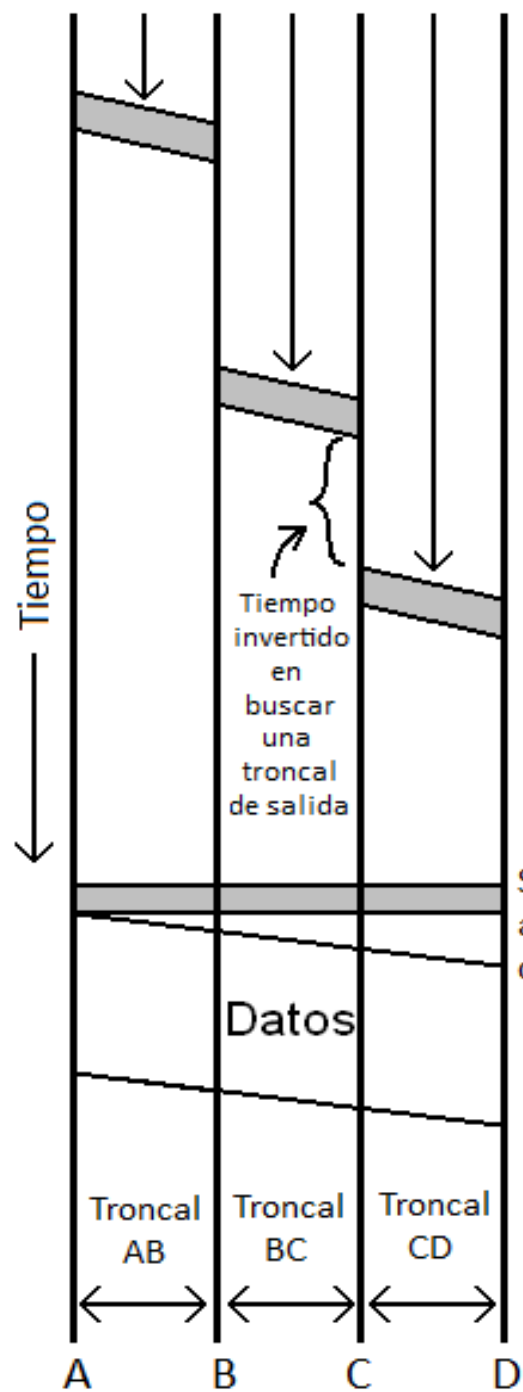


# Conmutación de mensajes

## Desventajas

- ▶ Conmutadores deben contar con discos para almacenar temporalmente las tramas largas
- ▶ Una sola trama puede acaparar una línea de conmutador a conmutador durante minutos.

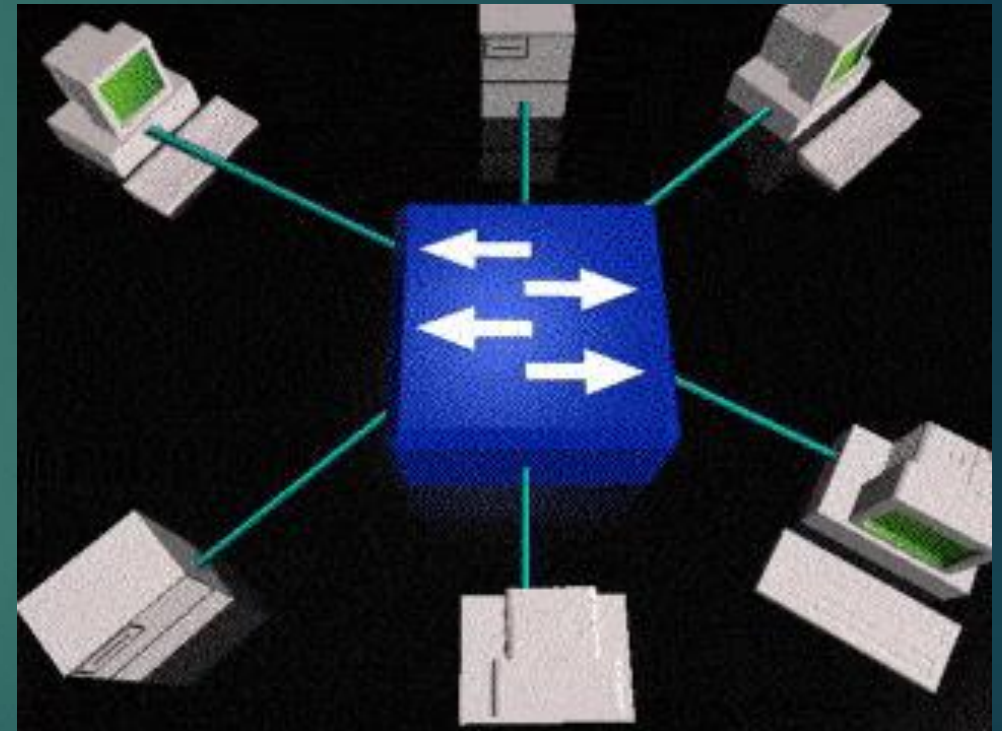




# Dispositivos de Interconexión

# Conmutador

También llamado switch, es un dispositivo digital de lógica de interconexión de computadoras que opera en la capa 2 del modelo OSI . Pasa datos de una computadora a otra de acuerdo con la dirección MAC destino de las tramas



# Características generales

- ▶ Permite la interconexión de redes que operan a diferentes velocidades.
- ▶ Separa dominios de colisión en las redes que pueden ocurrir colisiones.
- ▶ Permite encaminar las tramas, lo que posibilita transmitir las sólo por el camino adecuado.

# Encaminamiento

- ▶ Si el dispositivo no tiene información de cuál es el puerto de salida adecuado, entonces se procederá realizando una inundación (difusión-broadcast)
- ▶ Si se conoce a qué puerto está conectado el destino de la trama, entonces la trama sólo se retransmitirá por ese puerto.

# Conmutador

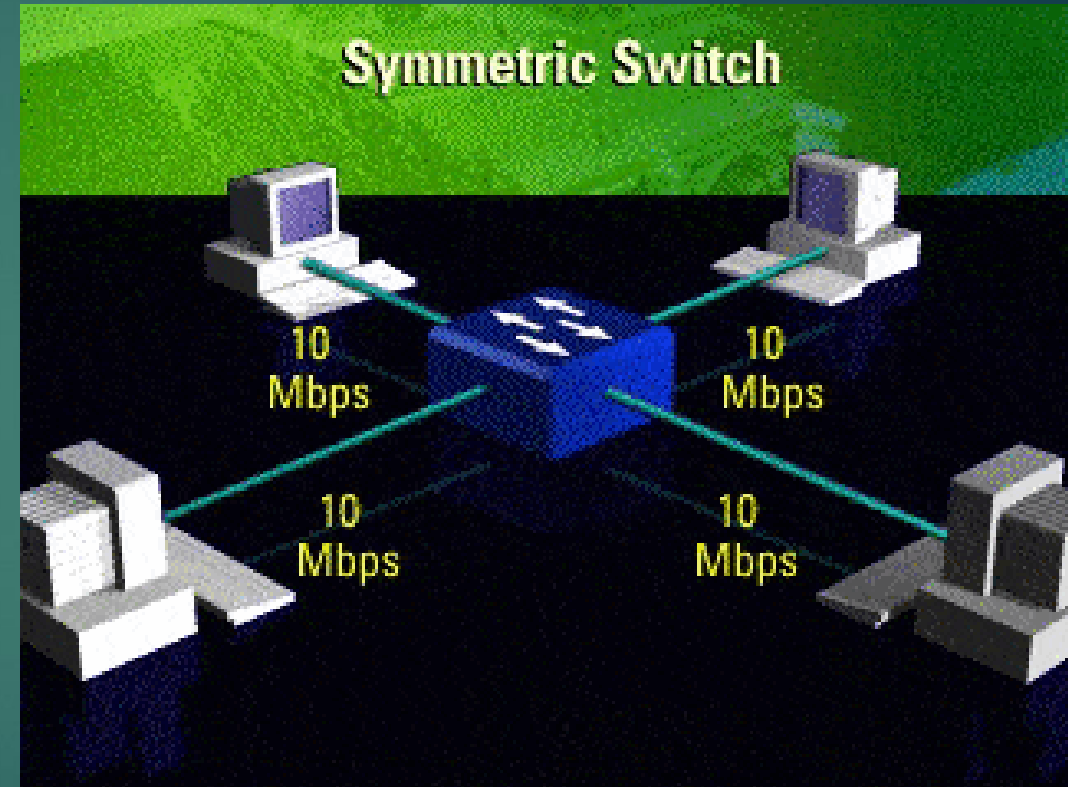
- Permite emplear las redes Ethernet en modo full-duplex. Esto sólo es posible si al red sobre la que se aplica esta formada por un enlace punto a punto (se conecta a la red 2 equipos, 1 computadora y un conmmutador, 2 conmutadores o 2 computadoras) la conexión entre un conmutador y un hub no es un enlace punto a punto.



# Tipos de switch

## ► Switch Simétrico

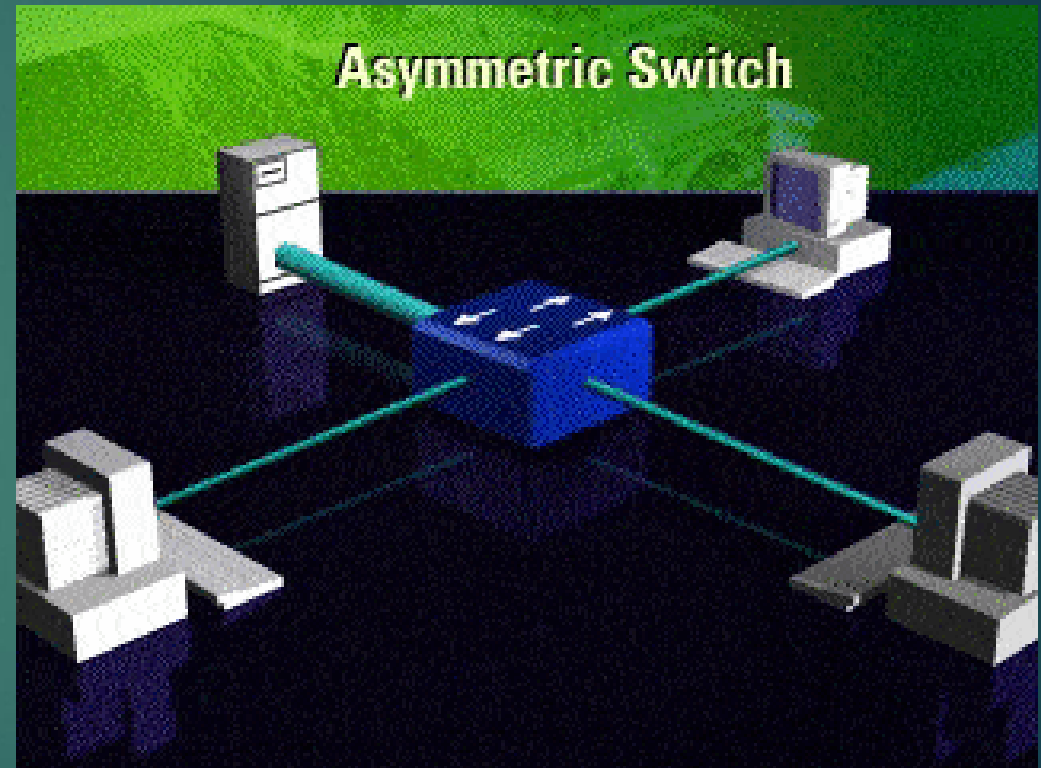
Maneja en sus puertos la misma tasa de transferencia



# Tipos de switch

## ► Switch Asimétrico

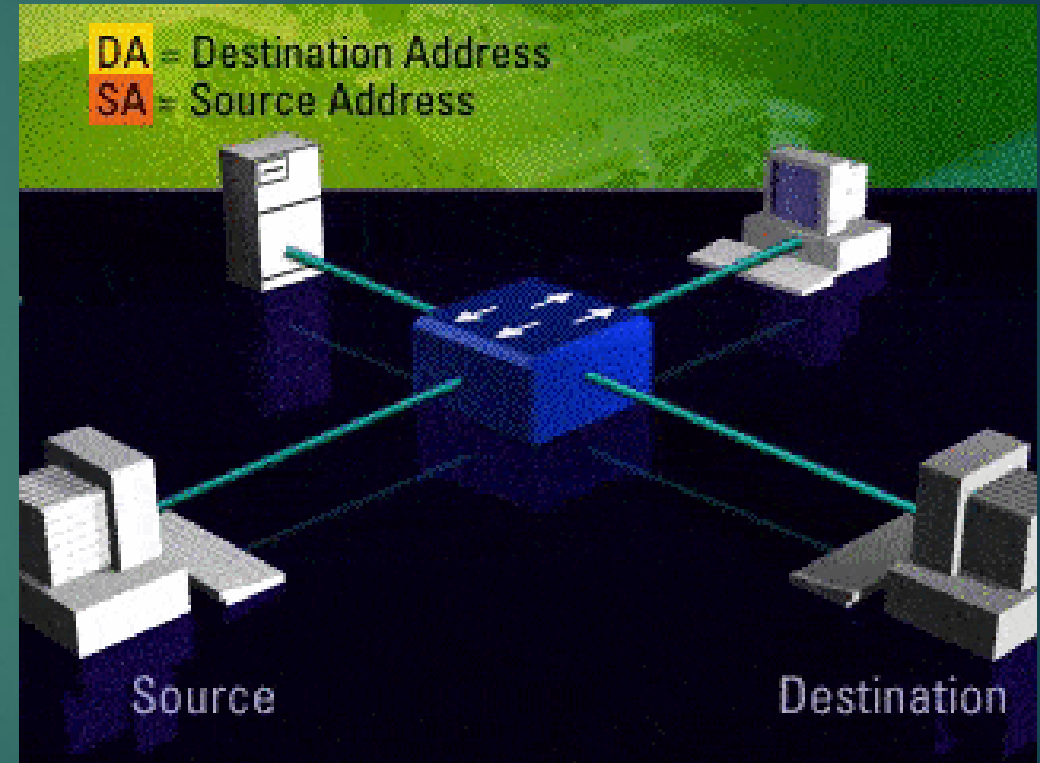
Tiene puertos que pueden trabajar a diferentes tasas de transferencia



# Tipos de switch

## ► Switch Store and Forward

Cuando recibe una trama, la copia y verifica que esté correcta, si es así, busca en su tabla y la encamina hacia el puerto de salida; si no es así, la descarta.

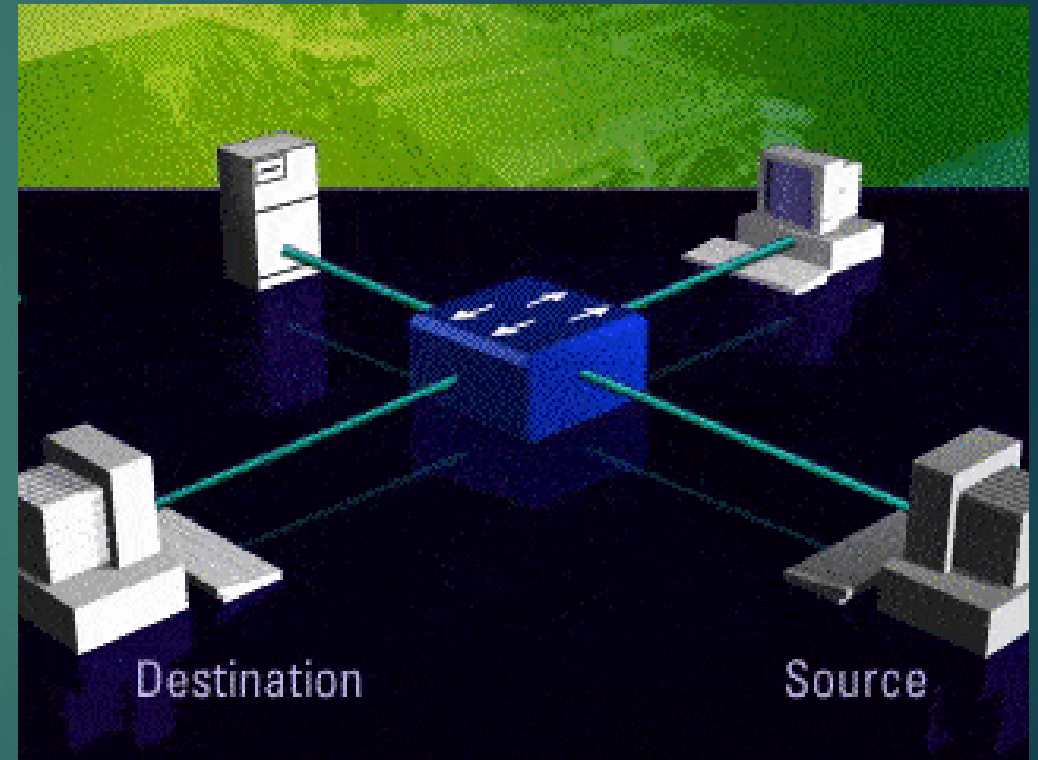


# Tipos de switch

## ► Switch Cut Trought

Son más rápidos, ya que sólo procesan la dirección MAC de la trama recibida y la encaminan al puerto de salida.

Existe una variación, la cual permite al menos verificar el tamaño mínimo de trama



# Seguridad

Los únicos servicios de seguridad proporcionados en la capa de enlace de datos son:

- a) confidencialidad en modo con conexión, y
- b) confidencialidad en modo sin conexión.

## Mecanismos

El mecanismo de cifrado se utiliza para proporcionar los servicios de seguridad en la capa de enlace de datos

Un anexo al estandar establece que el cifrado a nivel de enlace no es recomendable y la provisión de este servicio en el nivel de enlace es una duplicación del esfuerzo.

# Seguridad

La mayoría de las aplicaciones no necesitan cifrado en más de una capa. La elección de la capa depende de las características de la confidencialidad y protección deseada

