

Escuela Superior de Cómputo



ETHERNET

➤ Algunas Tecnologías LAN son:

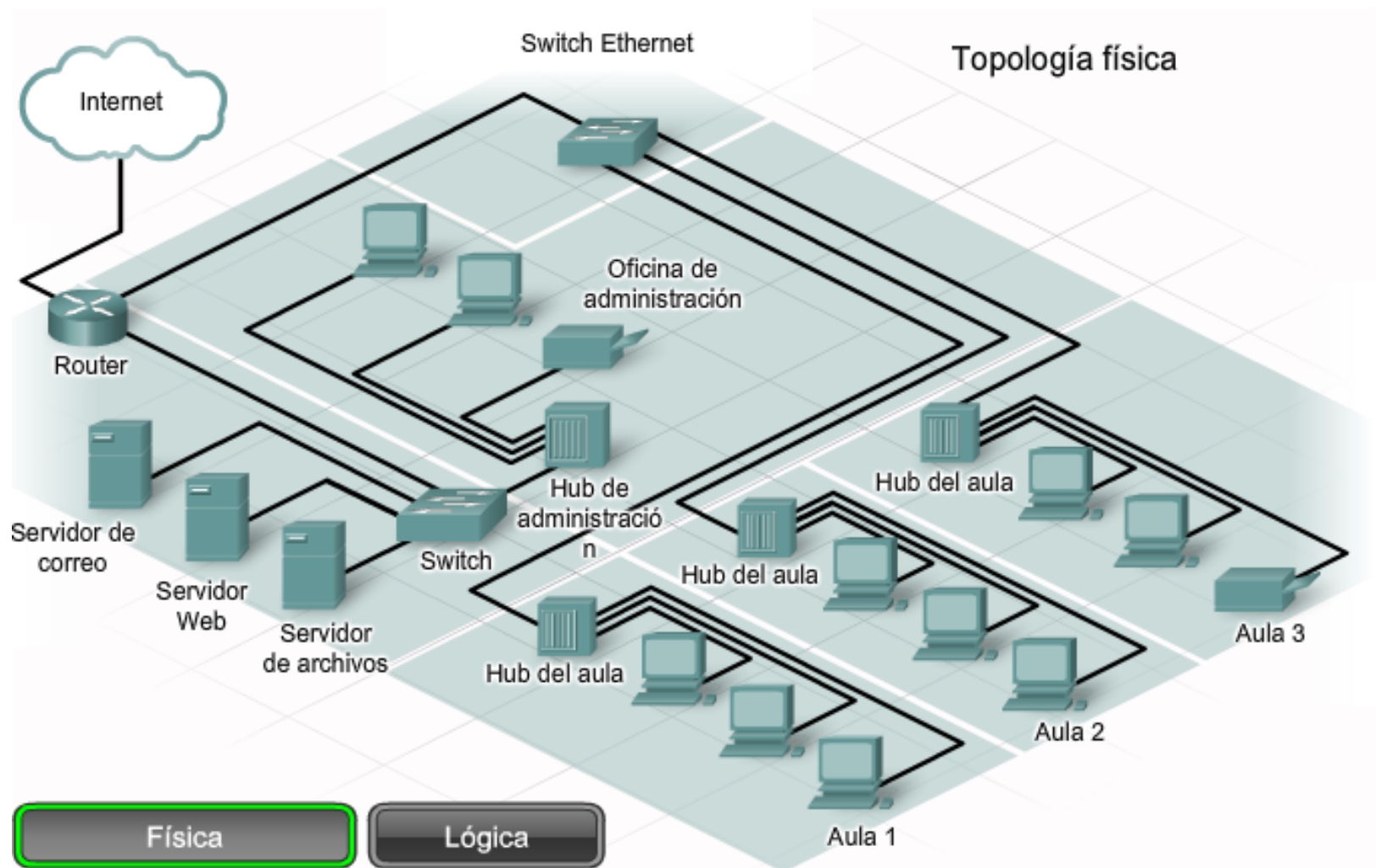
❖ Ethernet

❖ Token Ring

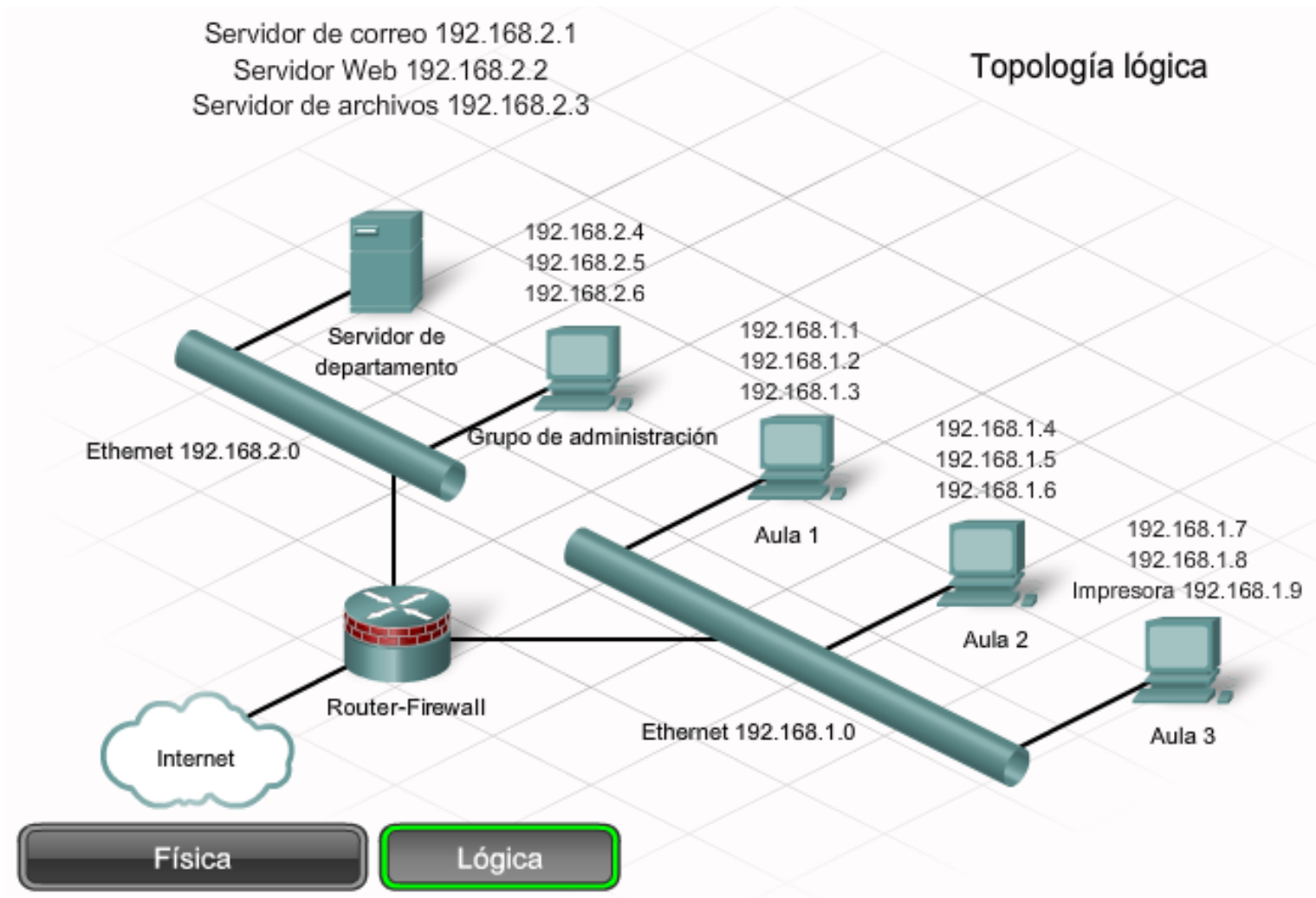
❖ FDDI

- La topología hace referencia a la forma de un red. La topología muestra cómo los diferentes nodos están conectados entre sí, y la forma de cómo se comunican está determinada por la topología de la red.
- Las topologías pueden ser físicas o lógicas.

- La topología física se crea para registrar dónde está ubicado cada host y cómo está conectado a la red.
- El mapa de la topología física también muestra dónde están los cables y las ubicaciones de los dispositivos de RED que conectan los hosts.

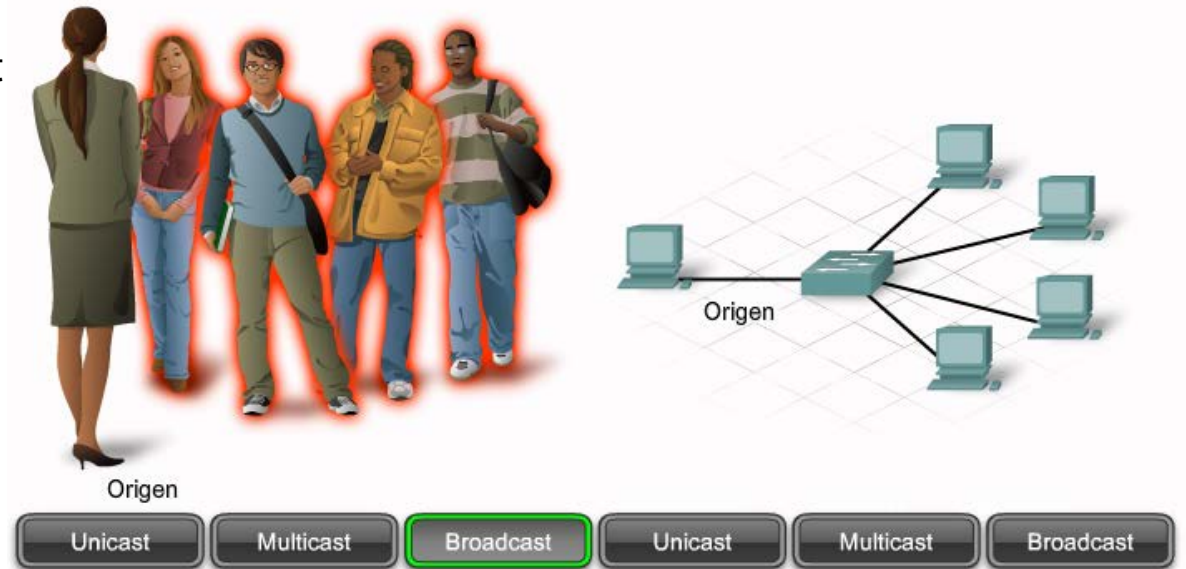


- Un mapa de la topología lógica agrupa los hosts según el uso que hacen de la red, independientemente de la ubicación física que tengan.
- En el mapa de la topología lógica se pueden registrar los nombres de los hosts, las direcciones, la información de los grupos y las aplicaciones.



➤ topología Lógica.

- ❖ Transmisión tipo broadcast
- ❖ Transmisión de tokens.



➤ topología Lógica.

- ❖ Broadcast simplemente significa que cada host envía sus datos hacia todos los demás hosts del medio de red.
- ❖ No existe un orden que las estaciones deban seguir para utilizar la red.
- ❖ Es por orden de llegada.
- ❖ ¿Qué o quién funciona de esta forma?



Topologías lógicas

- ❖ La transmisión de tokens controla el acceso a la red mediante la transmisión de un token electrónico a cada host de forma secuencial.
- ❖ Cuando un host recibe el token, ese host puede enviar datos a través de la red. Si el host no tiene ningún dato para enviar, transmite el token al siguiente host y el proceso se vuelve a repetir.

Planificación y documentación de una red LAN

- La mayoría de las redes locales se basan en la tecnología Ethernet. Esta tecnología es rápida y eficaz si se utiliza en una red diseñada y construida correctamente.
- Un plan de red comienza con la recopilación de información acerca del uso que se le dará a la red. Esta información incluye:
 - La cantidad y el tipo de hosts que deben conectarse a la red
 - Las aplicaciones que se utilizarán
 - Los requisitos de conectividad de Internet y de uso compartido
 - Las consideraciones de seguridad y privacidad
 - Las expectativas de confiabilidad y tiempo de actividad
 - Los requisitos de conectividad por cable e inalámbrica

Recopilación de la información

- Cantidad y tipo de hosts: ¿Dónde están ubicados los usuarios finales? ¿Qué tipo de hardware utilizan? ¿Dónde están ubicados los servidores, las impresoras y otros dispositivos de red?
- Aplicaciones: ¿Qué tipo de aplicaciones se ejecutan en la red?
- Datos y dispositivos para compartir: ¿Quién requiere acceso a qué archivos y recursos de red, como impresoras?
- Requisitos de ancho de banda (velocidad): ¿Cuál es la velocidad aceptable para los usuarios finales? ¿Todos los usuarios requieren el mismo rendimiento? ¿Qué efectos tendrán las aplicaciones sobre el rendimiento?

Recopilación de la información

- Seguridad: ¿Los datos transportados por la red son de naturaleza personal o confidenciales? ¿El acceso sin autorización a esta información podría causar algún daño?
- Confiabilidad: ¿Cuál es la importancia de la red? ¿Debe estar disponible el 100% del tiempo? (Esto se conoce como "tiempo de actividad"). ¿Cuánto tiempo de inactividad es tolerable?
- Requisitos para la conexión inalámbrica: ¿Algunos de los usuarios finales (o todos de ellos) requieren conectividad inalámbrica?

- Hay muchas consideraciones que se deben tener en cuenta al planificar la instalación de una red. Es necesario diseñar y documentar los mapas de las topologías física y lógica de la red

- Entorno físico en donde se instalará la red:

- Control de la temperatura: todos los dispositivos tienen rangos específicos de temperatura y requisitos de humedad para funcionar correctamente
- Disponibilidad y ubicación de los tomacorrientes

- Configuración física de la red:

- Ubicación física de los dispositivos (por ejemplo, routers, switches y hosts)
- Modo de interconexión de todos los dispositivos
- Ubicación y longitud de todo el cableado
- Configuración de hardware de los dispositivos finales, como hosts y servidores

- Configuración lógica de la red:

- Ubicación y tamaño de los dominios de broadcast y de colisiones
- Esquema de direccionamiento IP
- Esquema de denominación
- Configuración del uso compartido
- Permisos

- El mapa debe ser preciso, ordenado, limpio y técnicamente posible, pero saber donde esta ubicada cada computadora donde hay paredes que pueden bloquear o encerrar el cable y cuales son las distancias aproximada que deberán correr los cables.
- Hacer una representación de donde estarán ubicados los equipos de comunicaciones tales como un *hub* o *switch*. Si la red estará conectada a Internet, identifique donde se va ubicar un módem o *router*.
- Identificar las ubicaciones de las computadoras en el mapa colocándole un nombre a cada una de ellas.
- Identifique donde estará el punto de acceso al cableado para cada uno de los dispositivos por ejemplo: se correrán a través de las paredes ó a lo largo de zócalos. Añada también las líneas telefónicas que usara para Internet.

Estándares de la capa de enlace de datos

- Los protocolos y servicios funcionales en la Capa de enlace de datos son descritos por organizaciones de ingeniería (como IEEE, ANSI y ITU) y compañías en comunicaciones.

➤ IEEE

El instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, desarrollo una serie de estándares 802.x

Definen aspectos eléctricos y físicos (cableado, topología física) de acceso al medio.

Estándares IEEE 802

802.1	Establece los estándares de interconexión relacionados con la gestión de redes.
802.2	Define los métodos para controlar las tareas de interacción entre la tarjeta de red y el procesador (nivel 2 y 3 del OSI) llamado LLC.
802.3	Define las formas de protocolos Ethernet CSMA/CD en sus diferentes medios físicos (cables).
802.4	Define cuadros Token Bus tipo ARCNET, olvidado.
802.5	Define hardware para Token Ring.

Estándares IEEE 802

802.6	Especificación para redes tipo MAN (abandonado).
802.7	Grupo de Asesoría Técnica sobre banda ancha (abandonado).
802.8	Define las formas de protocolos Ethernet CSMA/CD en sus diferentes medios físicos (cables).
802.11	Red local inalámbrica.
802.11a	Estándar superior al 802.11b, pues permite velocidades teóricas máximas de hasta 54 Mbps.

➤ Tecnología Ethernet.

- ❖ Es un estándar hecho para redes de computadoras de área local con acceso al medio por contienda CSMA/CD.
- ❖ La regulación de la colocación de tramas de datos en los medios es conocida como **control de acceso al medio**.
- ❖ Define las características de cableado y señalización de nivel físico.
- ❖ Define los formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos del modelo OSI.

➤ Tecnología Ethernet.

❖ Ethernet no es simplemente una tecnología para redes de área local, es una familia de tecnologías, legacy fast ethernet, Gigabit Ethernet, 10, 100, 1000 y 10000 Mbps.

➤ Tecnología Ethernet.

- ❖ El éxito de Ethernet se debe a los siguientes factores:
- Sencillez y facilidad de mantenimiento.
- Capacidad para incorporar nuevas tecnologías.
- Confiabilidad
- Bajo costo de instalación y de actualización
- El formato básico de trama y manejo de subcapa en la capa 2 del modelo OSI siguen siendo los mismos para todas las formas de Ethernet.

RESUMEN HISTORICO

22/5/1973	<ul style="list-style-type: none">Robert Metcalfe y David Boggs conectan dos ordenadores Alto con cable coaxial a 2,94 Mb/s en el Xerox Palo Alto Research Center, mediante una red denominada Ethernet.
Mayo 1975	<ul style="list-style-type: none">Metcalfe y Boggs escriben un artículo describiendo Ethernet, y lo envían para su publicación a <i>Communications of the ACM</i>.
1979	<ul style="list-style-type: none">Se constituye la alianza DIX (DEC-Intel-Xerox) para impulsar el desarrollo técnico y comercial de la red.Metcalfe abandona Xerox y crea 3Com.
Febrero 1980	<ul style="list-style-type: none">El IEEE crea el proyecto 802.
Septiembre 1980	<ul style="list-style-type: none">DIX publica Ethernet (libro azul) versión 1.0. Velocidad 10 Mb/s.
1981	<ul style="list-style-type: none">3Com fabrica las primeras tarjetas Ethernet para PC (10BASE5).
1982	<ul style="list-style-type: none">DIX publica Ethernet (libro azul) versión 2.0.3Com produce las primeras tarjetas 10BASE2 para PC.
24/6/1983	<ul style="list-style-type: none">IEEE aprueba el estándar 802.3, que coincide casi completamente con DIX Ethernet. El único medio físico soportado es 10BASE5.
1984	<ul style="list-style-type: none">DEC comercializa los primeros puentes transparentes
21/12/1984	<ul style="list-style-type: none">ANSI aprueba el estándar IEEE 802.3.
1985	<ul style="list-style-type: none">Se publica el estándar IEEE 802.3ISO/IEC aprueba el estándar 8802-3, versión adaptada del IEEE 802.3.IEEE añade al estándar el cable 10BASE2.Primeros productos 10BASE-T de Synoptics.

- Ver animación 3.3.2.2

Cronograma de la evolución de Ethernet

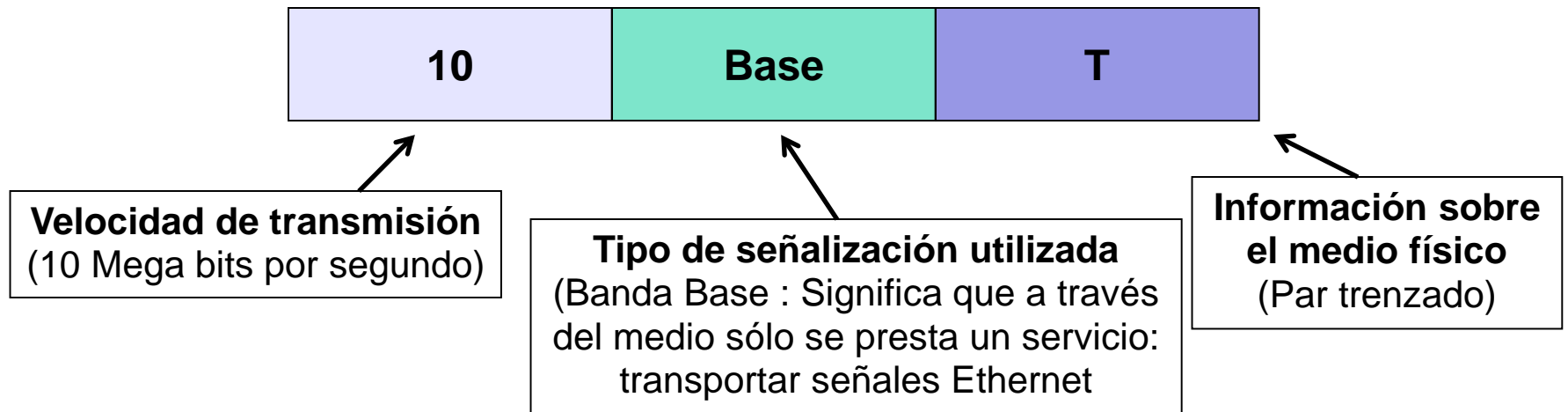


1973 1980 1983 1985 1990 1993 1995 1998 1999 2002 2006

	<div> ◀ <div></div> ▶ </div>			
Año		1999	2002	2006
Estándar		IEEE 802.3ab	IEEE 802.3ae	IEEE 802.3an
Descripción		Gigabit Ethernet por par trenzado	Ethernet de 10 gigabits por fibra (diversos estándares)	Ethernet de 10 gigabits por par trenzado

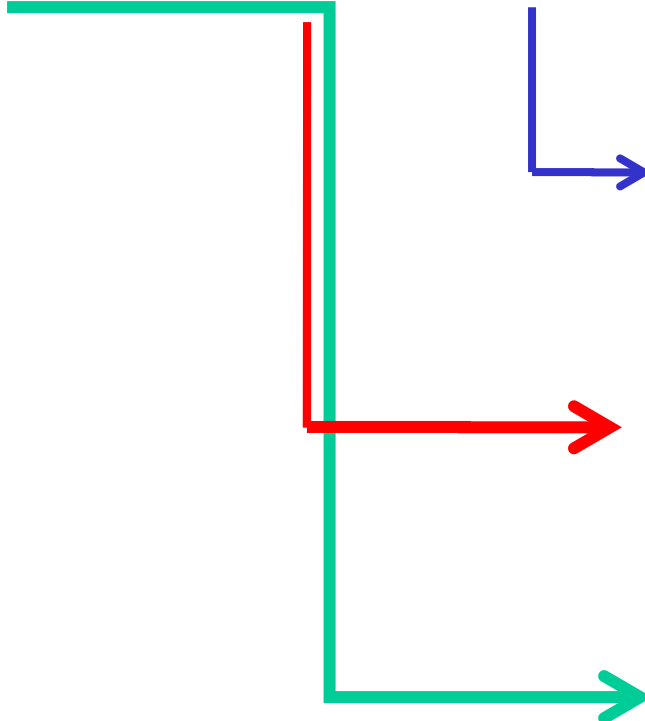
➤ Identificadores IEEE

❖ La IEEE asignó identificadores a los diferentes medios que puede utilizar Ethernet. Este identificador consta de tres partes:



EJEMPLO

100BASE FX



Una o más letras del alfabeto que indican el tipo de medio utilizado (F = cable de fibra óptica, T = par trenzado de cobre no blindado).

La palabra "base", que indica que se utiliza la señalización banda base.

Un número que indica el número de Mbps que se transmiten.

Tecnologías Ethernet

Estándar	Tecnología	Velocidad de transmisión	Tipo de cable	Distancia máxima	Topología
802.3	10Base2	10 Mbps	Coaxial	185 m	Bus (Conector T)
802.3	10BaseT	10 Mbps	Par Trenzado	100 m	Estrella (Hub o Switch)
802.3	10BaseF	10 Mbps	Fibra óptica	2000 m	Estrella (Hub o Switch)
802.3u	100BaseT4	100Mbps	Par Trenzado (categoría 3UTP)	100 m	Estrella. Half Duplex(hub) y Full Duplex(switch)
802.3u	100BaseTX	100Mbps	Par Trenzado (categoría 5UTP)	100 m	Estrella. Half Duplex(hub) y Full Duplex(switch)
Fast Ethernet	100BaseFX	100Mbps	Fibra óptica	2000 m	No permite el uso de hubs
Gigabit Ethernet 802.3ab	1000BaseT	1000Mbps	4 pares trenzado (categoría 5UTP)	100 m	Estrella. Full Duplex (switch)
Gigabit Ethernet 802.3z	1000BaseSX	1000Mbps	Fibra óptica (multimodo)	550 m	Estrella. Full Duplex (switch)
Gigabit Ethernet 802.3z	1000BaseLX	1000Mbps	Fibra óptica (monomodo)	5000 m	Estrella. Full Duplex (switch)
10 Gigabit Ethernet 802.3ae	10GBaseSR	10000Mbps	Fibra óptica (multimodo)	26 m a 82 m	Full Duplex
10 Gigabit Ethernet 802.3ae	10GBaseLX4	10000Mbps	Fibra óptica (multimodo)	240 m a 300 m	Full Duplex
10 Gigabit Ethernet 802.3ae	10GBaseLX4	10000Mbps	Fibra óptica (monomodo)	10 km	Full Duplex
10 Gigabit Ethernet 802.3ae	10GBase-LR 10GBase-ER	10000Mbps	Fibra óptica (monomodo)	10 km y 40 km	Full Duplex
10 Gigabit Ethernet 802.3ae	10GBase-SW 10GBase-LW 10GBase-EW	10000Mbps	Fibra óptica (monomodo)	Para equipos WAN SONET/SDH	Full Duplex

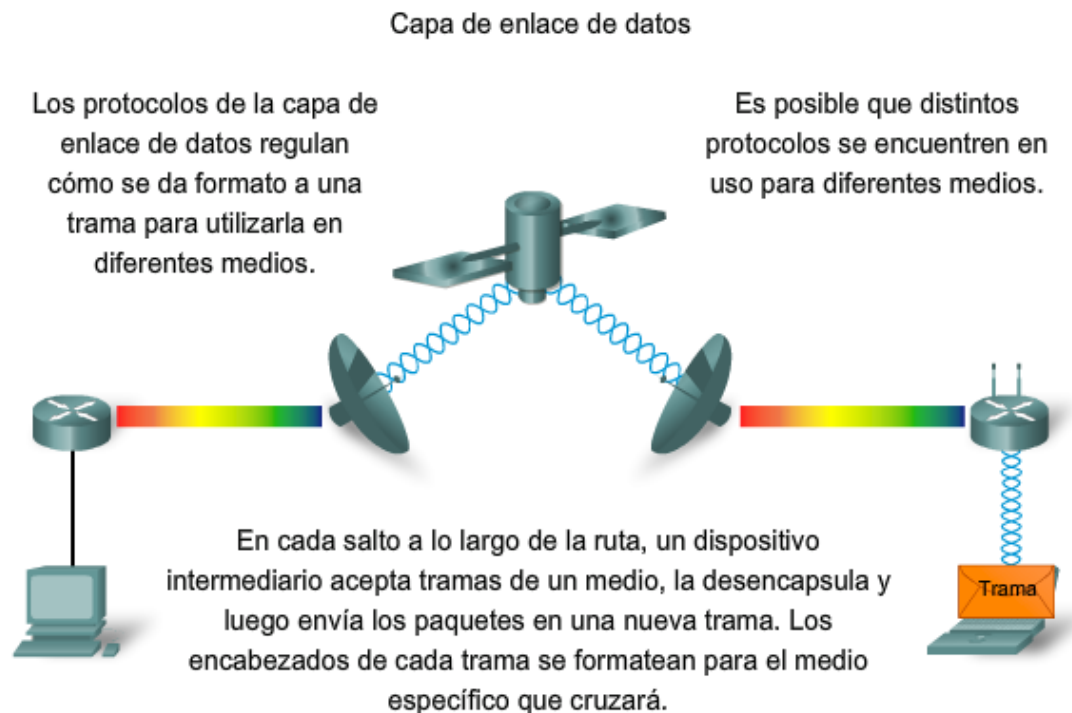
Recordando las funciones de la capa 1 del modelo OSI.

- Define los procedimientos eléctricos y mecánicos así como las especificaciones para activar, mantener y terminar el enlace físico entre sistemas finales.
- Algunas características son especificadas en esta capa como:
 - niveles de voltaje,
 - cambios de voltaje,
 - distancia máxima de transmisión,
 - conectores físicos y otros atributos.

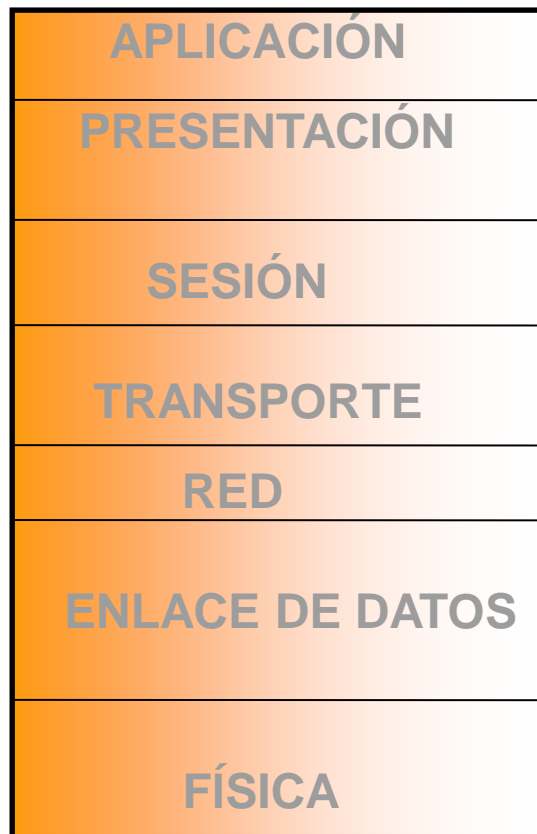
Recordando las funciones de la capa 2 del modelo OSI.

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.



➤ Capas de operación de Ethernet dentro del Modelo OSI.



Ethernet opera en dos áreas del modelo OSI.

- La mitad inferior de la capa de Enlace de Datos, conocida como subcapa MAC.

- Capa física

LLC

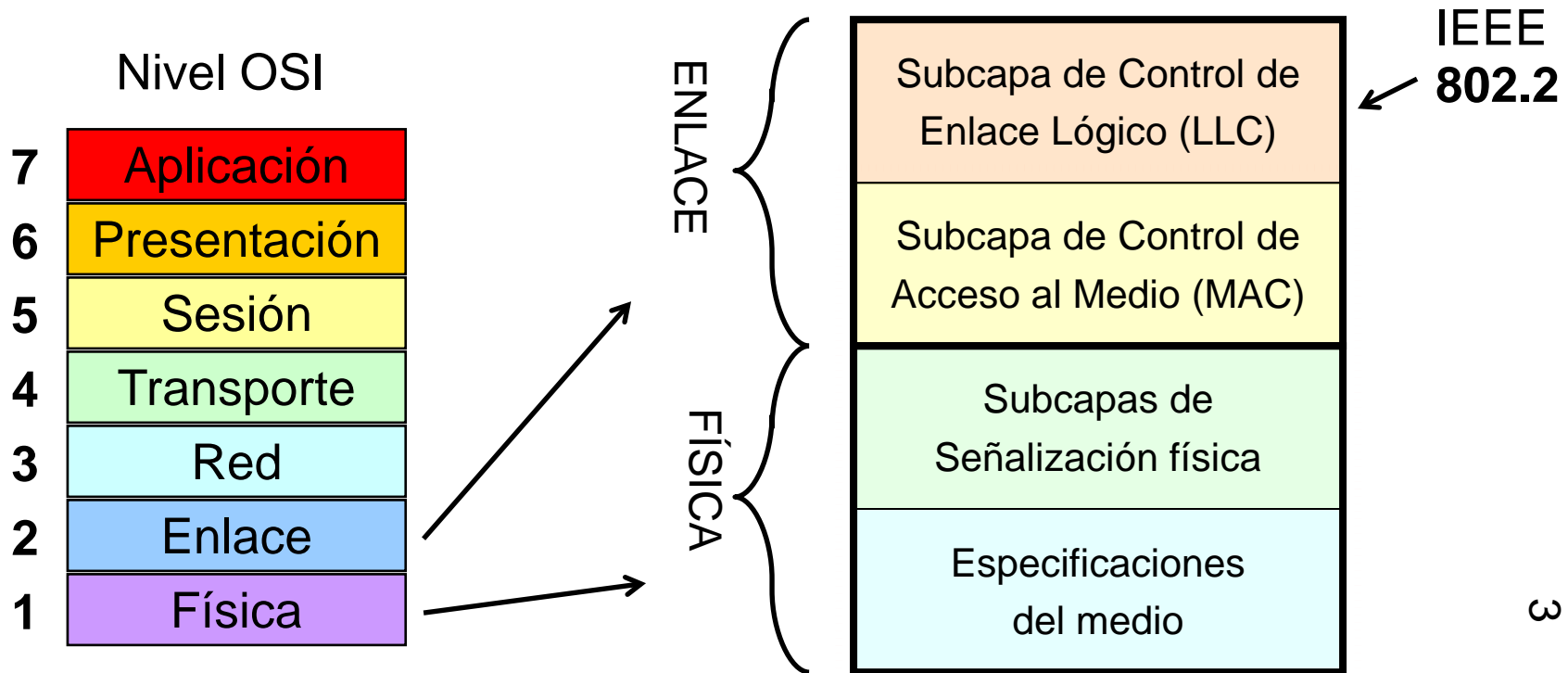
MAC

802.3 ETHERNET

MEDIO

➤ Ethernet y el Modelo OSI.

❖ Los estándares para Ethernet (IEEE 802.3) especifican -mediante subcapas elementos que se encuentran ubicados en las capas 1 y 2 del modelo OSI.



➤ Capa de Enlace en IEEE 802

- La subcapa de **Control de Enlace Lógico (LLC)** sigue siendo relativamente independiente del equipo físico que se utiliza en el proceso de comunicación.
- Entrama el paquete de la capa de red.
- Identifica el protocolo de la capa de red.



➤ Capa de Enlace en IEEE 802



- La subcapa **MAC** trata los componentes físicos que se utilizarán para comunicar la información.
- Direcciona la trama.
- Marca el comienzo y el fin de la trama.

➤ Capas de operación de Ethernet dentro del Modelo OSI.

La Capa 1 de Ethernet tiene un papel clave en la comunicación que se produce entre los dispositivos, pero cada una de estas funciones tiene limitaciones.

La Capa 2 se ocupa de estas limitaciones.

➤ Capas de operación de Ethernet dentro del Modelo OSI.

❖ La capa 1 no se puede comunicar con las capas superiores.

❖ La capa 2 hace esto con el control de enlace lógico (LLC).



➤ Capas de operación de Ethernet dentro del Modelo OSI.

- ❖ La capa 1 no puede identificar computadoras.
- ❖ La capa 2 usa un proceso de direccionamiento.



➤ Capas de operación de Ethernet dentro del Modelo OSI.

- ❖ La capa 1 solo puede describir corrientes de bits.
- ❖ La capa 2 usa el entramado para organizar o agrupar los bits.



➤ Direccionamiento Ethernet MAC.

❖ En la capa MAC, se agregan datos como encabezado e información final a los datos que vienen de las capas superiores.

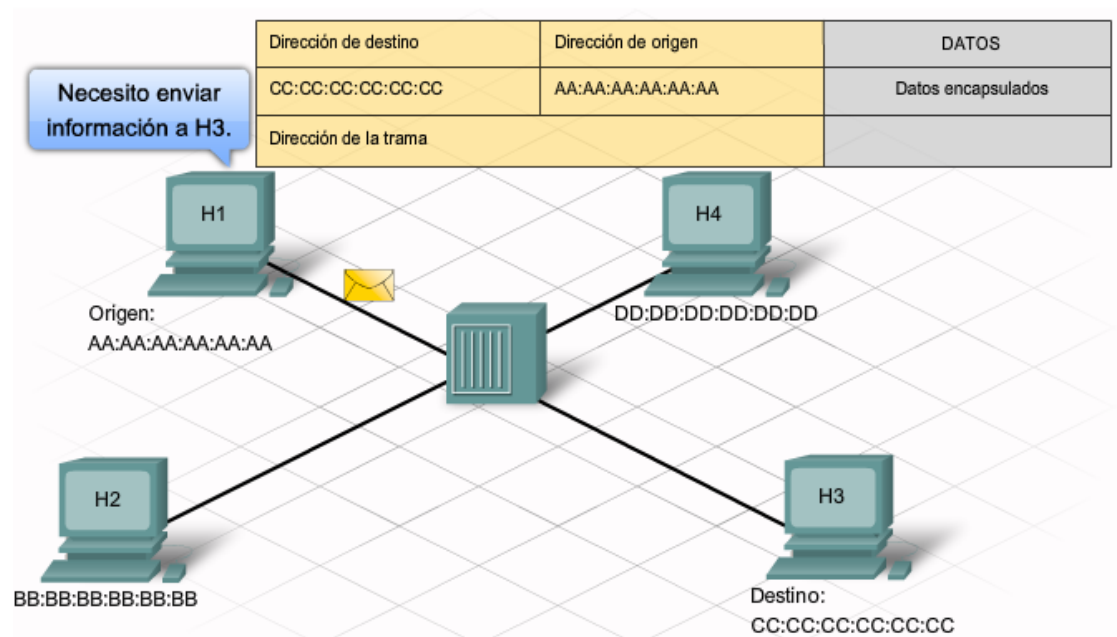
➤Direccionamiento Ethernet MAC.

La NIC utiliza la dirección MAC para evaluar si el mensaje se debe pasar o no a las capas superiores del modelo OSI. La NIC realiza esta evaluación sin utilizar tiempo de procesamiento de la CPU permitiendo mejores tiempos de comunicación en una red Ethernet.

➤ Direccionamiento Ethernet (MAC)

En una red Ethernet, cuando un dispositivo envía datos, puede abrir una ruta de comunicación hacia el otro dispositivo utilizando la dirección MAC destino.

Ver animación 3.3.3.1

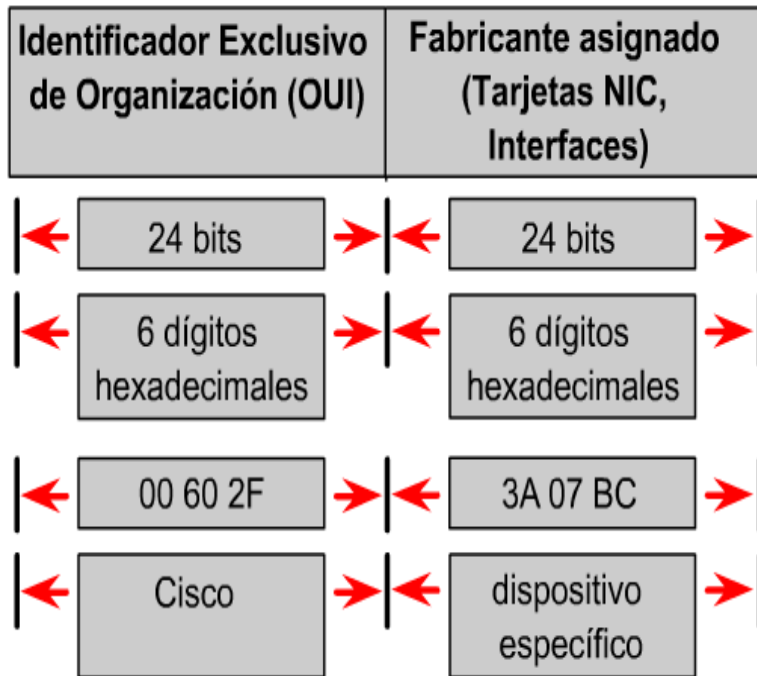


➤ Direccionamiento Ethernet (MAC)

❖ Ethernet utiliza direcciones MAC que tienen 48 bits de largo y se expresan como doce dígitos hexadecimales.

❖ Las direcciones MAC a veces se denominan direcciones grabadas (BIA) ya que estas direcciones se graban en la memoria de sólo lectura (ROM) y se copian en la memoria de acceso aleatorio (RAM) cuando se inicializa la NIC.

➤ Direccionamiento Ethernet (MAC)

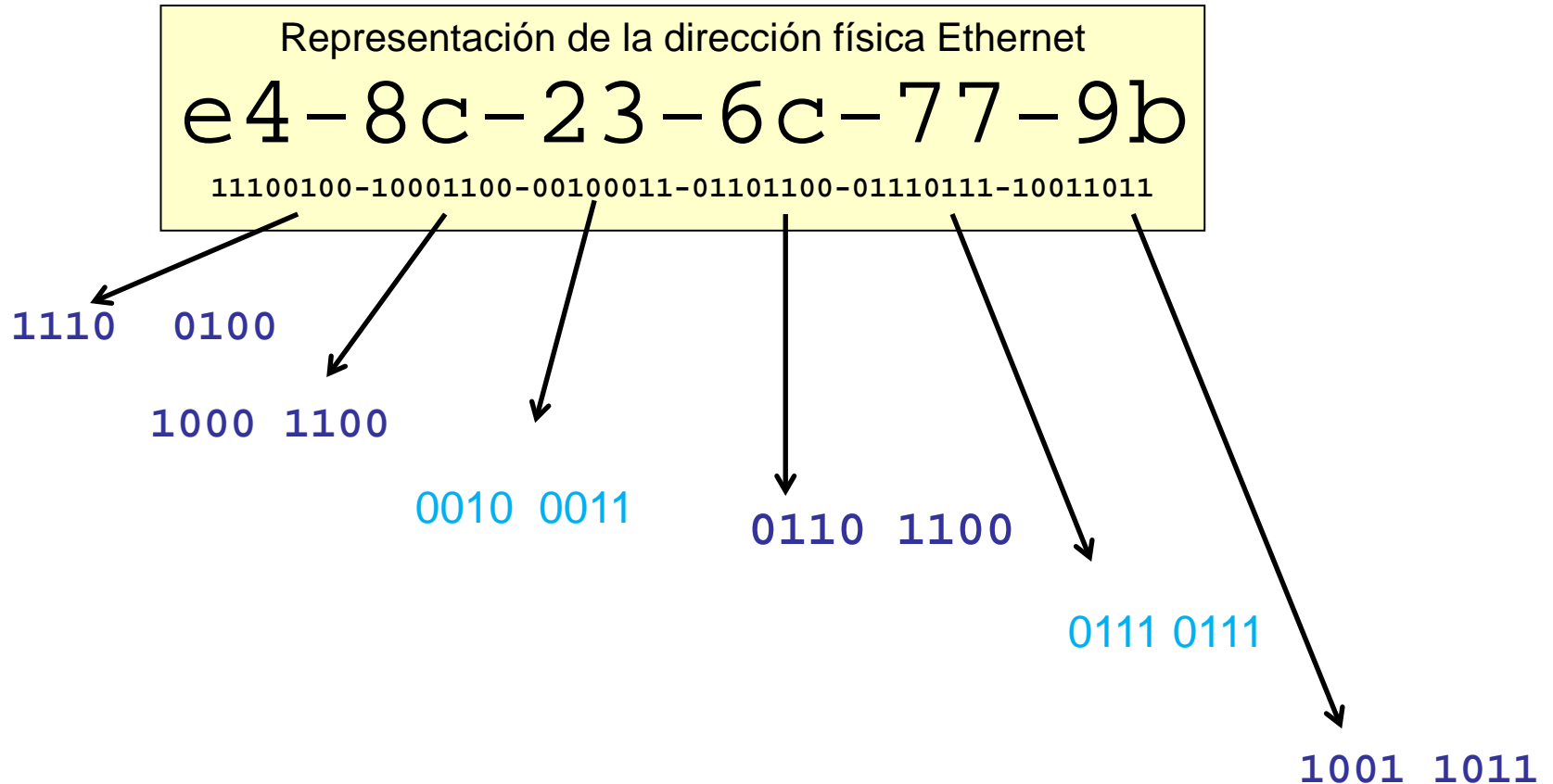


❖ Los primeros seis dígitos hexadecimales, que IEEE administra, identifican al fabricante o al vendedor.

❖ Esta porción de la dirección de MAC se conoce como Identificador Exclusivo Organizacional (OUI).

❖ Los seis dígitos hexadecimales restantes representan el número de serie de la interfaz u otro valor administrado por el proveedor mismo del equipo.

➤ Entendiendo la dirección física



00-00-02	
00-00-1B	
00-00-1D	
00-00-39	
00-00-46	
00-00-6B	
00-00-74	
00-00-75	
00-00-85	
00-00-A0	
00-00-AA	
00-00-BD	
00-00-F0	
00-01-02	
00-01-03	
00-01-43	
00-01-42	
00-01-4A	
00-01-64	
00-01-4f	
00-02-55	
00-02-B3	
00-03-47	
00-08-0D	
00-08-0E	
00-08-74	
00-0A-27	

➤ Ejercicio 1

Identificar los fabricantes de las direcciones MAC:

MAC Address lookup

http://www.coffer.com/mac_find/?string=00-00-00

<http://aruljohn.com/mac.pl>

➤ Ejercicio 2

Identifica la dirección Mac de tu computadora y escribe el fabricante al que pertenece:

MAC: _____

Fabricante _____

➤ La trama Ethernet

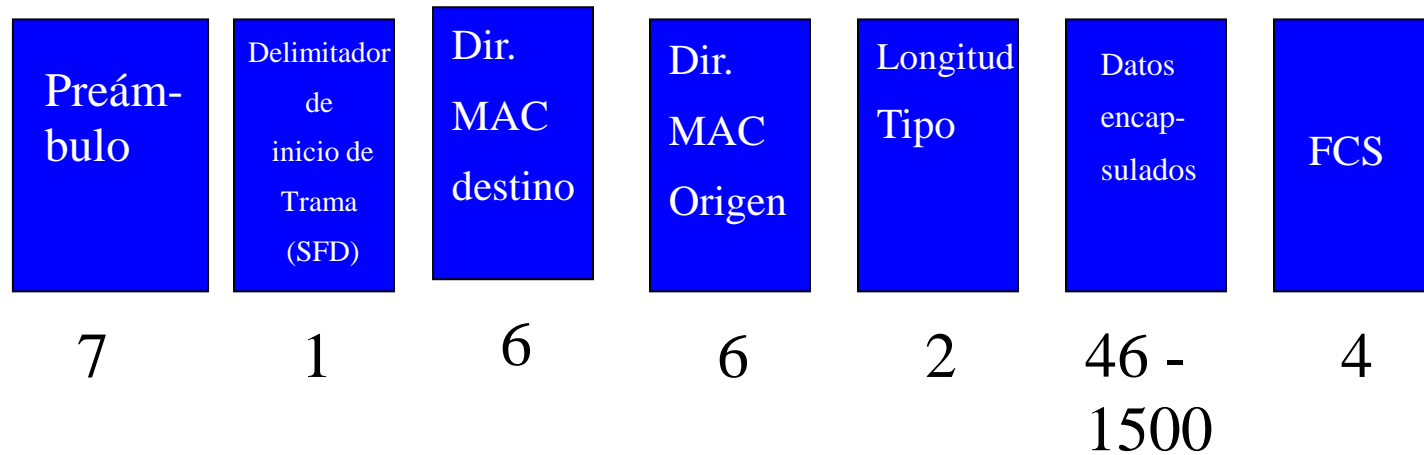
❖ El corazón del sistema Ethernet es el frame Ethernet utilizado para llevar datos entre los computadores.

✓ El “frame” consta de varios bits organizados en varios campos.

✓ Estos campos incluyen la dirección física de las interfaces Ethernet, un campo variable de datos (entre 46 y 1500 bytes) y un campo de chequeo de error.

✓ Hay varios tipos de tramas: Para 10 Mbps y 100 Mbps se tienen Ethernet V2 (Frame DIX) e IEEE 802.3. Adicionalmente, Gigabit Ethernet hace algunos ajustes al manejo del trama (carrier extensión y trama bursting) para poder ser utilizado en canales compartidos (half duplex)

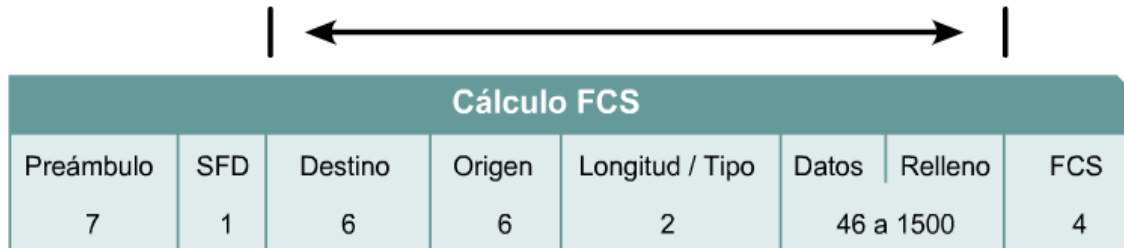
Formato de Trama IEEE 802.3



Ver animación 3.2.4.1 y actividad 3.2.4.3

➤ Entramado de la capa 2

Formato de Trama en Ethernet 802.3



❖ El entramado es el proceso de encapsulamiento de la Capa 2.

❖ Una trama es la unidad de datos del protocolo de la Capa 2.

❖ Ver actividad 3.3.4.2 Discovery 1

Campos de tramas Ethernet IEEE 802.3	
Octetos	Descripción
• 7	Preámbulo
• 1	Delimitador de inicio de trama (SFD)
• 6	Dirección MAC de destino
• 6	Dirección MAC de origen
• 2	Campo de longitud/Tipo (longitud si es menor que 0600 hexadecimal, de lo contrario tipo de protocolo)
• 46 a 1500	Datos* (si es menor de 46 octetos, se debe agregar un relleno al final)
• 4	Secuencia de verificación de trama (suma de comprobación CRC)

➤ La trama Ethernet Versión 2 (DIX v2.0)

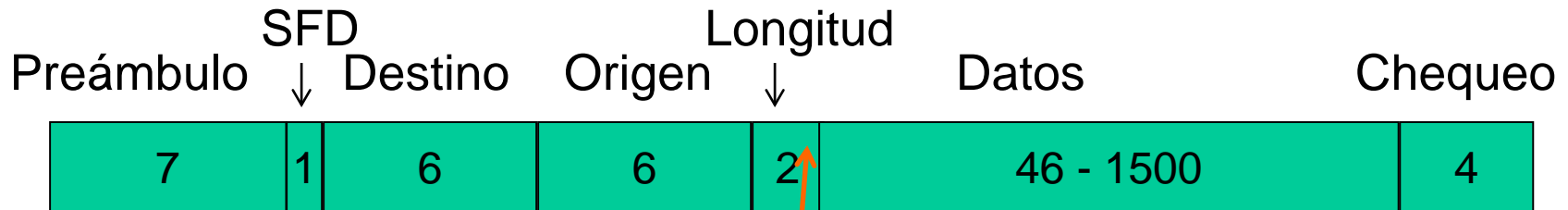
Preámbulo	Destino	Origen	Tipo	Datos	Chequeo
8	6	6	2	46 - 1500	4

- **Preámbulo:** 64 bits (8 bytes) de sincronización
- **Destino:** 6 bytes, dirección física del nodo destino (MAC address)
- **Origen:** 6 bytes, dirección del nodo origen
- **Tipo:** 2 bytes, especifica el protocolo de la capa superior
- **Datos:** entre 46 y 1500 bytes, información de las capas superiores
- **Chequeo:** Secuencia de chequeo del frame (FCS)

Cuando un frame Ethernet es enviado al canal, todas las interfaces revisan los primeros 6 bytes (48 bits). Si es su dirección MAC (o broadcast) reciben el paquete y lo entregarán al software de red instalado en el computador. Las interfaces con diferentes dirección no continuarán leyendo el frame.

El protocolo IP usa este formato de trama sobre cualquier medio.

➤ El frame IEEE 802.3



- **Preámbulo:** 56 bits (7 bytes) de sincronización
- **SFD:** 1 byte, delimitador de inicio del frame
- **Destino:** 6 bytes, dirección física del nodo destino (MAC address)
- **Origen:** 6 bytes, dirección del nodo origen
- **Longitud:** 2 bytes, cantidad de bytes en el campo de datos
- **Datos:** entre 46 y 1500 bytes, información de las capas superiores
- **Chequeo:** Secuencia de chequeo del frame (FCS)

Un nodo sabe si el frame es Ethernet V2 ó IEEE 802.3 al revisar los dos bytes que siguen a la dirección origen. Si su valor es más que el hexadecimal **05DC** (decimal 1500), entonces es un frame Ethernet V2. Si es menor se asume que ese campo representa la longitud de los datos.

➤ Entramado de la capa 2

El entramado ayuda a obtener información esencial:

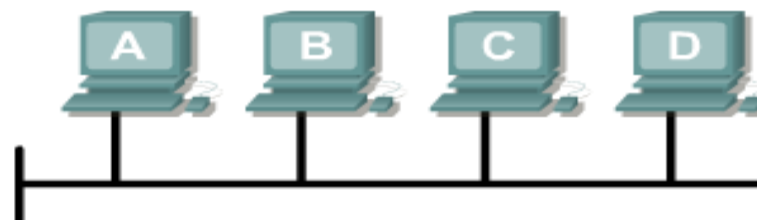
- Cuáles son las computadoras que se comunican entre sí.
- Cuándo comienza y cuándo termina la comunicación entre computadoras individuales.
- Proporciona un método para detectar los errores que se produjeron durante la comunicación.
- Quién tiene el turno para "hablar" en una "conversación" entre computadoras.

➤ Método de acceso al Medio CSMA/CD

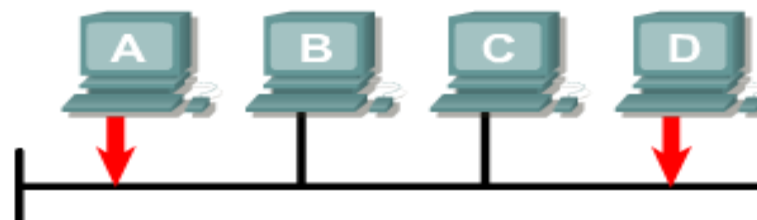
Ethernet es una tecnología de broadcast de medios compartidos. El método de acceso CSMA/CD que se usa en Ethernet ejecuta tres funciones:

- Transmitir y recibir paquetes de datos.
- Decodificar paquetes de datos y verificar que las direcciones sean válidas antes de transferirlos a las capas superiores del modelo OSI.
- Detectar errores dentro de los paquetes de datos o en la red.

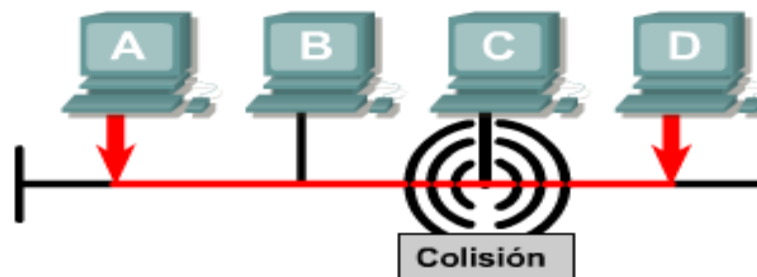
Detección de portadora



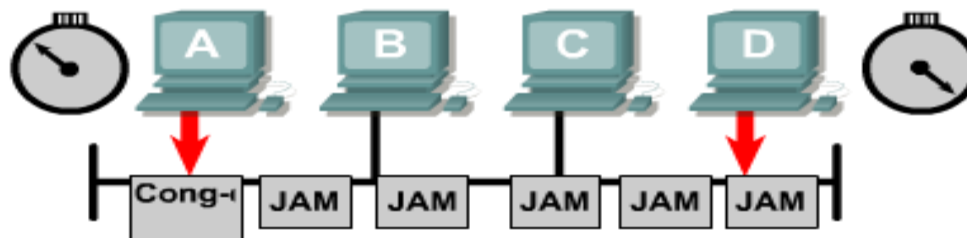
Acceso múltiple



Colisión

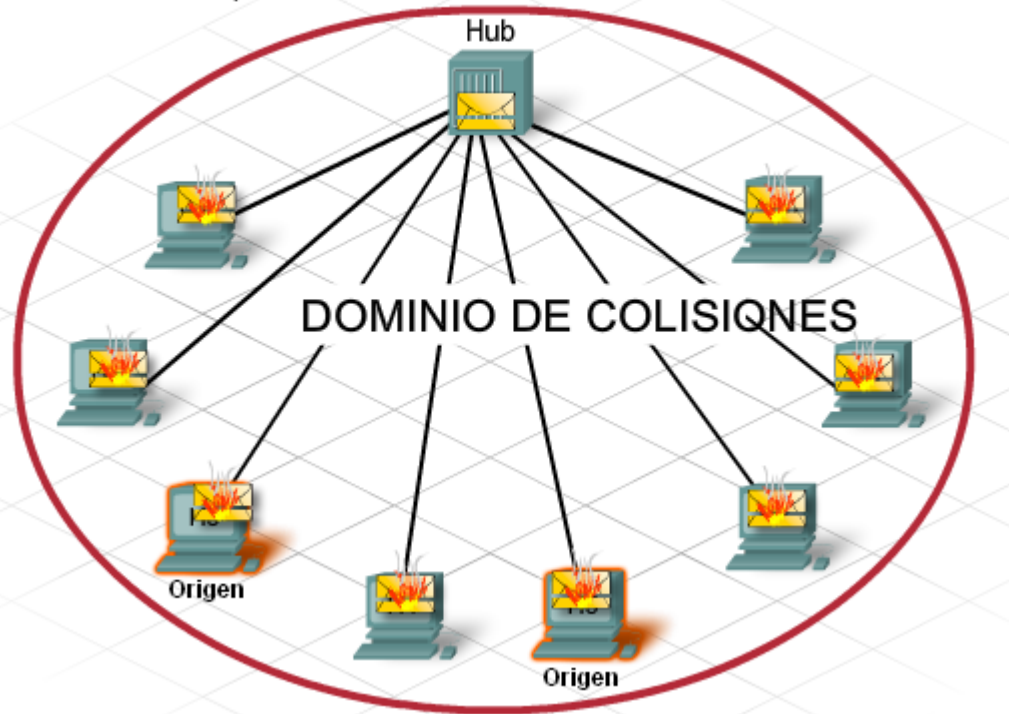


**Detección de colisiones
(algoritmo de
postergación)**



➤ Dominio de Colisión y Dominio de Broadcast.

Dentro de este dominio de colisiones, todos los hosts reciben un mensaje confuso cuando se produce una colisión.

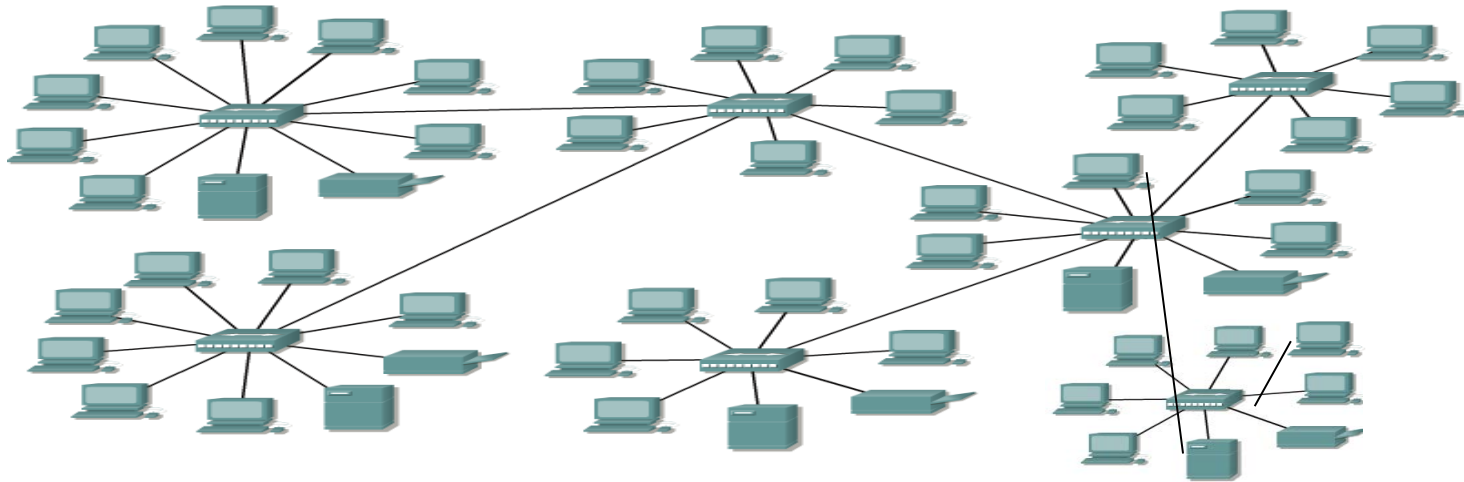


Las colisiones son el mecanismo para resolver la contención del acceso a la red.

Las colisiones se producen cuando dos o más estaciones de Ethernet transmiten al mismo tiempo dentro de un dominio de colisión.

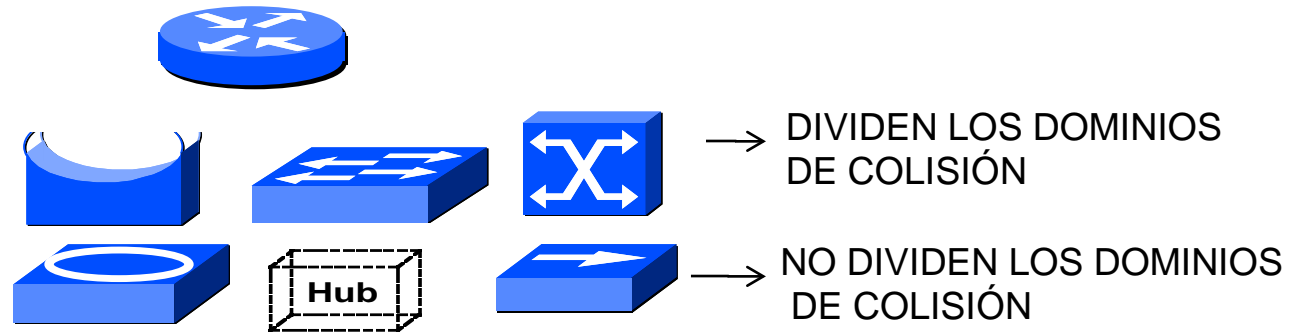
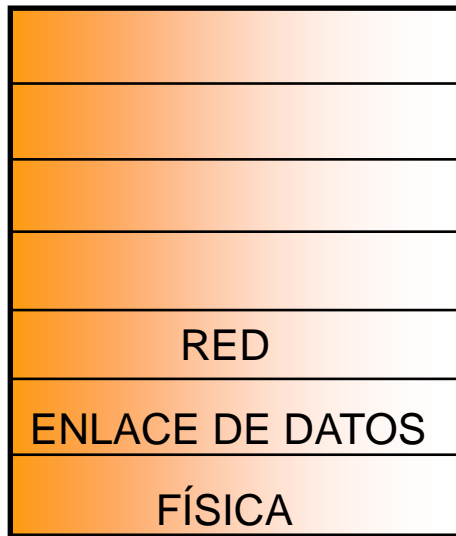
➤ Dominio de Colisión y Dominio de Broadcast.

Los dominios de colisión son los segmentos de red física conectados, donde pueden ocurrir colisiones.



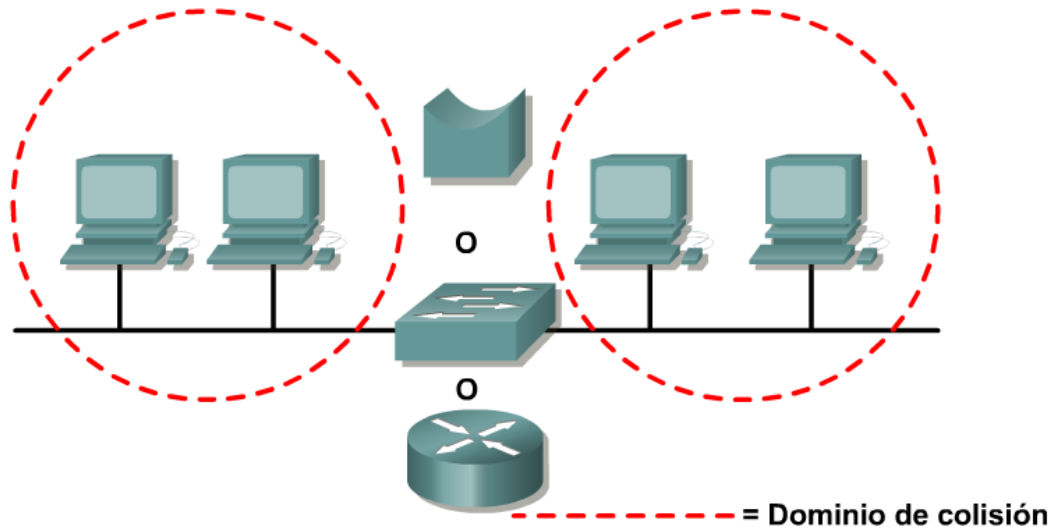
Esta red con 43 hosts, 5 servidores, 5 impresoras de red y 7 hubs es un dominio de colisión / broadcast único. Cuando un host o servidor transmite todos los demás dispositivos lo reciben. Más importante es el hecho de que un solo dispositivo en toda esta red puede enviar datos en un determinado momento.

➤ Dispositivos que definen los dominios de colisión

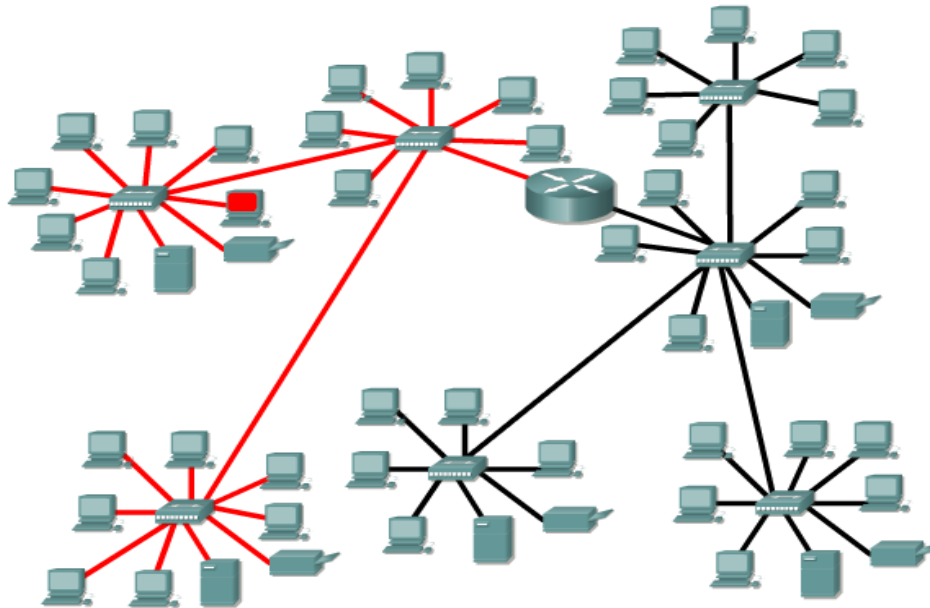


➤ Ejemplo de dominio de colisión

En este diagrama se muestra como estos dispositivos de capa 2 dividen los dominios de colisión. El control de propagación de trama con la dirección MAC asignada a todos los dispositivos de Ethernet ejecuta esta función.



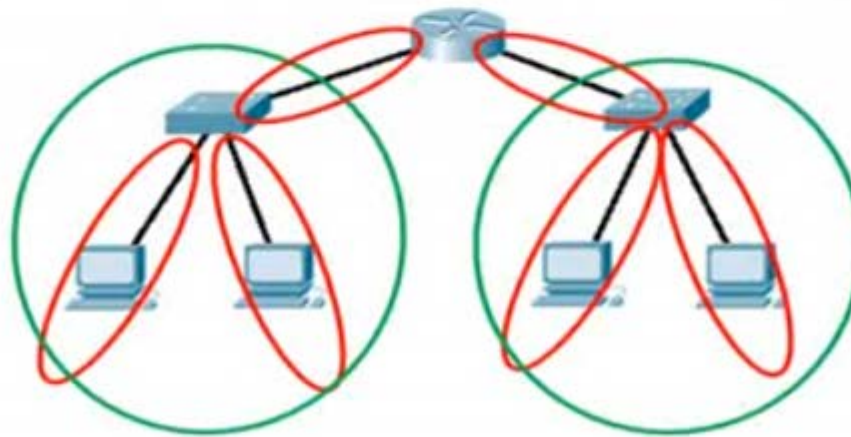
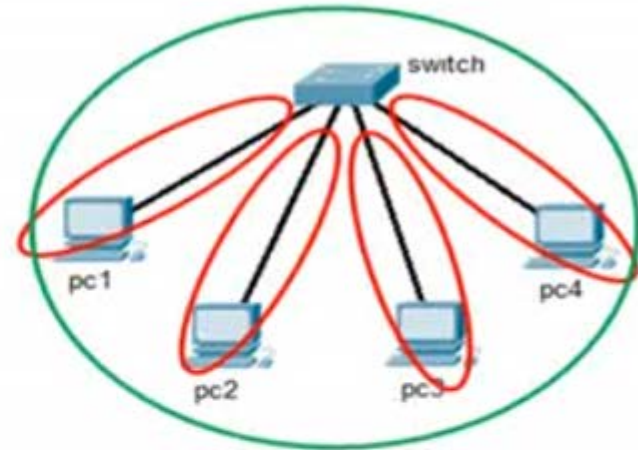
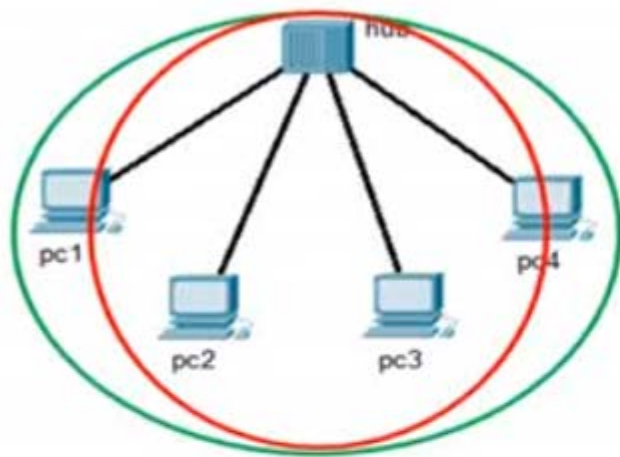
Un dominio de broadcast es un grupo de dominios de colisión conectados por dos dispositivos de Capa 2.



Los dominios de broadcast están controlados en la Capa 3 porque los routers no envían broadcasts.

Se contiene un broadcast de capa 2 mediante el uso de un router en lugar de un dispositivo de puenteo. Los dispositivos de Capa 3 son los únicos que contienen broadcasts.

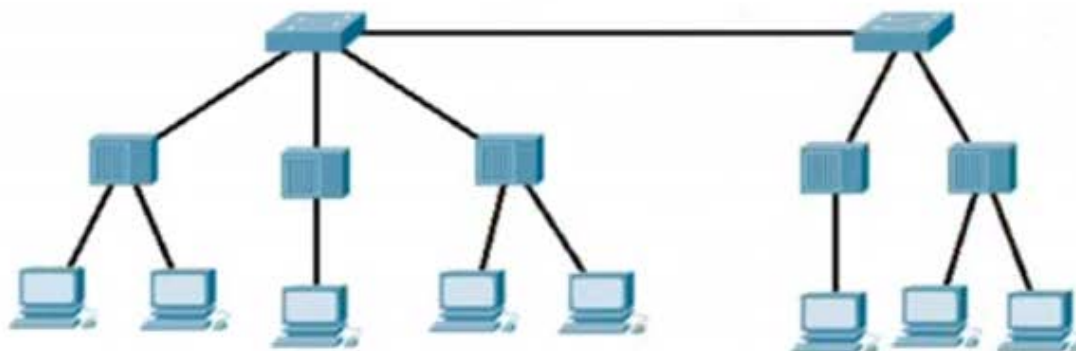
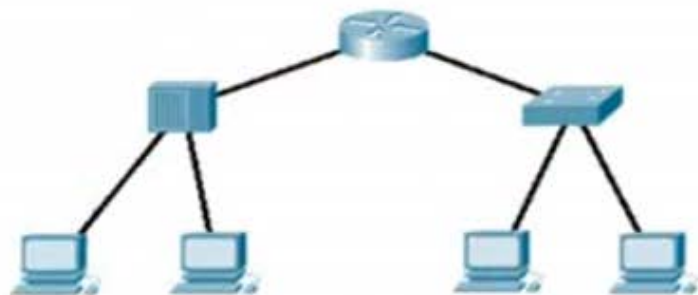
DOMINIO DE COLISION – DOMINIO DE BROADCAST



➤ Ejercicio 3

Identificar los dominios de colisión y broadcast.

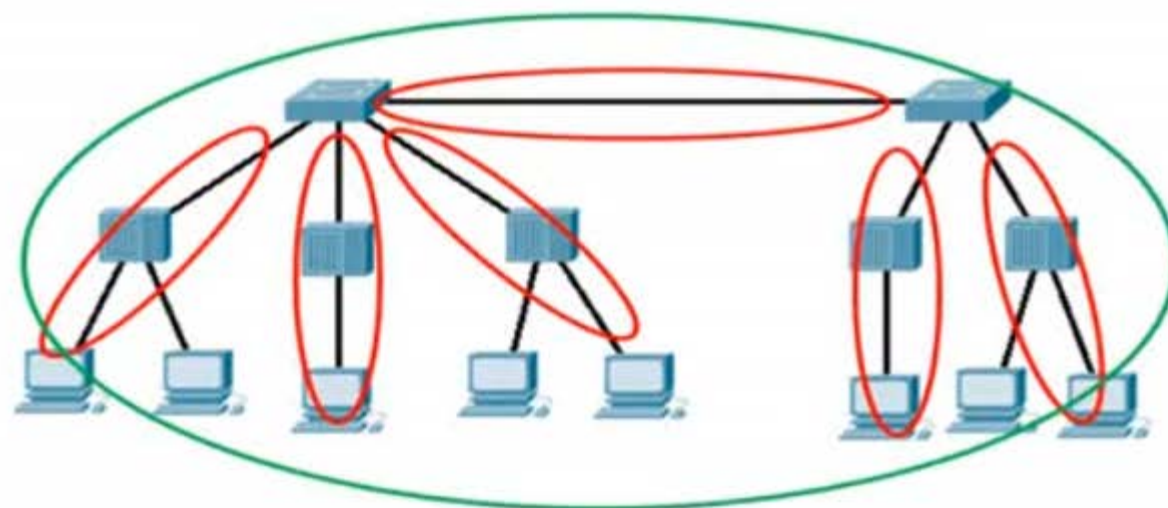
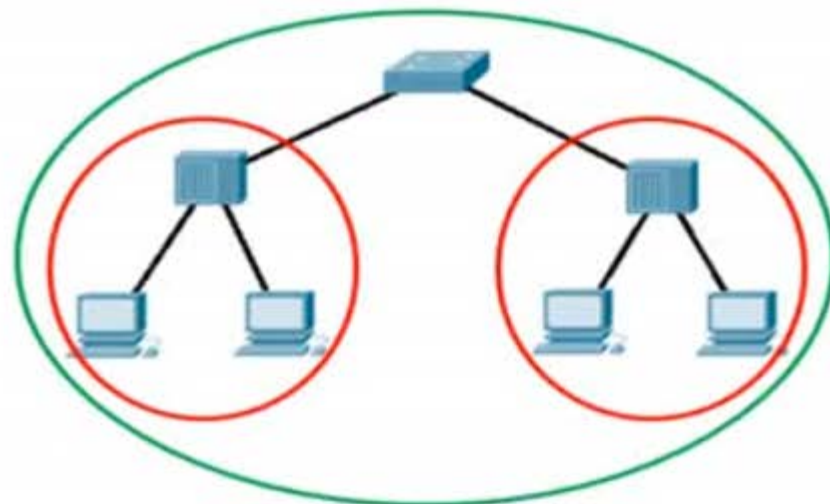
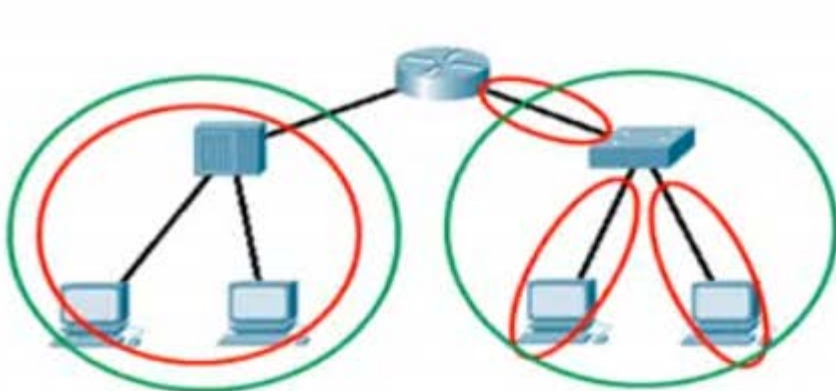
DOMINIO DE COLISION — DOMINIO DE BROADCAST



Asumamos que en los switches, sólo UNA VLAN se encuentra configurada por defecto.



DOMINIO DE COLISION – DOMINIO DE BROADCAST

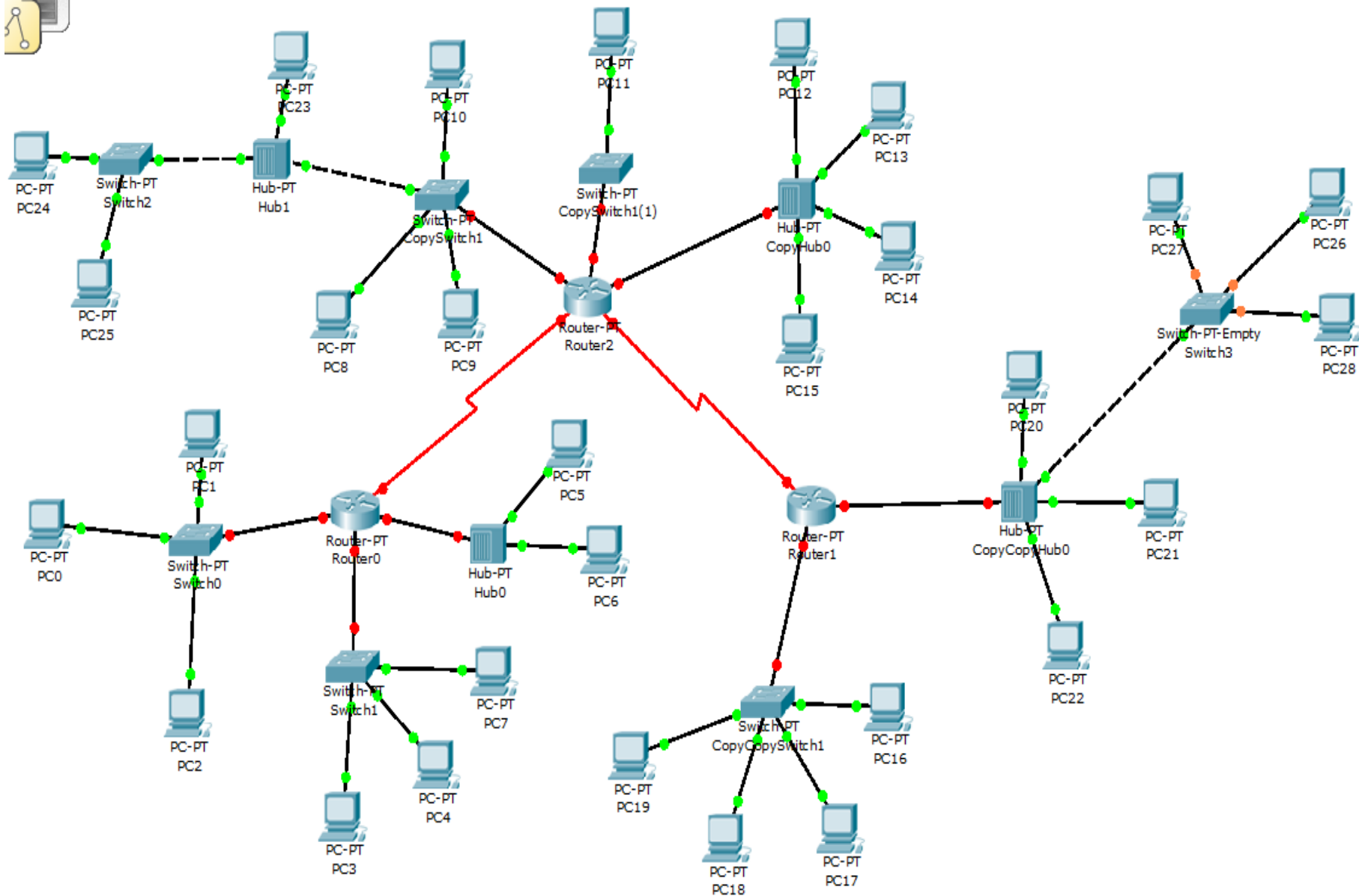


Asumamos que en los switches, sólo UNA VLAN se encuentra configurada por defecto.

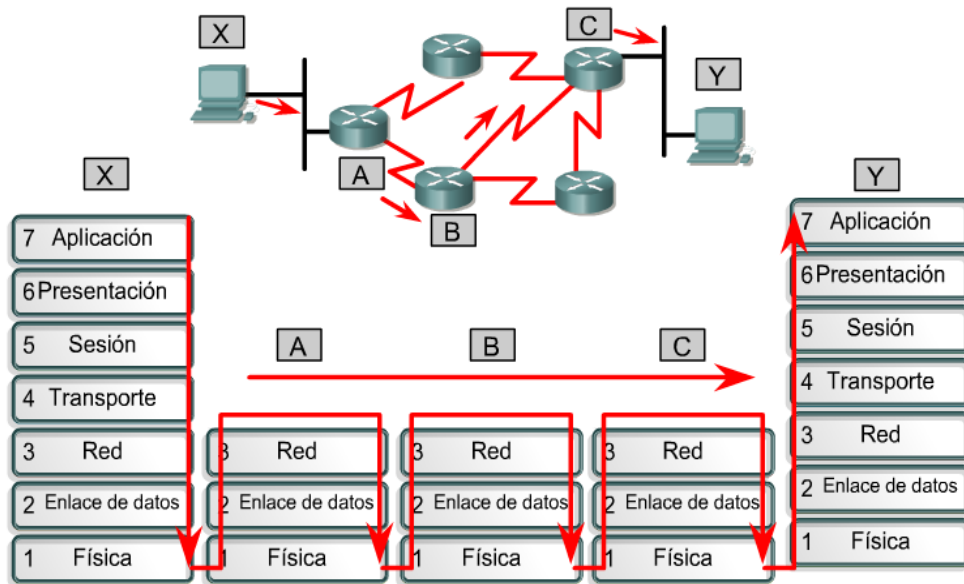


➤ Ejercicio 4

Identificar los dominios de colisión y broadcast.



El flujo de datos en un contexto de dominios de colisión y de broadcast se centra en la forma en que las tramas se propagan a través de la red.



El flujo de datos en una red se concentra en las capas 1, 2 y 3 del modelo OSI. Esto ocurre después de ser transmitido por el host de envío y antes de llegar al host receptor.

Los datos se encapsulan en la capa de red con una dirección de origen y destino IP, y en la capa de enlace de datos con una dirección MAC origen y destino.

La Capa 1 se utiliza en la transmisión por medios físicos, la Capa 2 para la administración de dominios de colisión, y la Capa 3 para la administración de dominios de broadcast.