

NORMAS DE COMUNICACIÓN LAN: SWITCH - ETHERNET DE ALTA VELOCIDAD

Módulo 8

Temas a tratar

1. Inteligencia en capa 2: puente (bridge)
2. Puente multipuerto: conmutador (switch)
3. VLAN's
4. Redes LAN de alta velocidad
5. Redes LAN de muy alta velocidad
6. Codificación Ethernet de alta velocidad

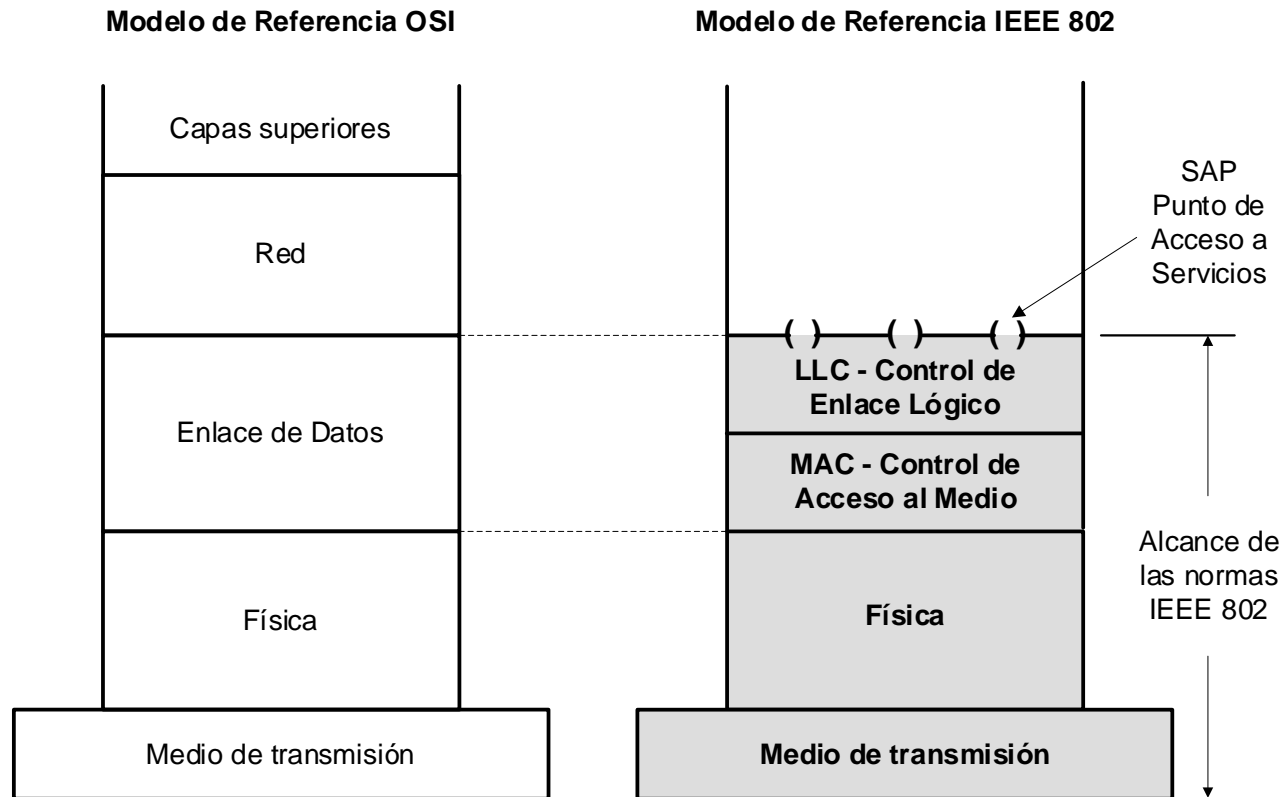
Objetivos del Módulo:

Al finalizar el presente módulo, el alumno debe:

1. Conocer las características y el funcionamiento de un puente
2. Saber dimensionar un switch a partir de sus prestaciones
3. Conocer todas las soluciones LAN de alta velocidad
4. Entender los esquemas de codificación de datos en entornos de alta y muy alta velocidad de transmisión de datos

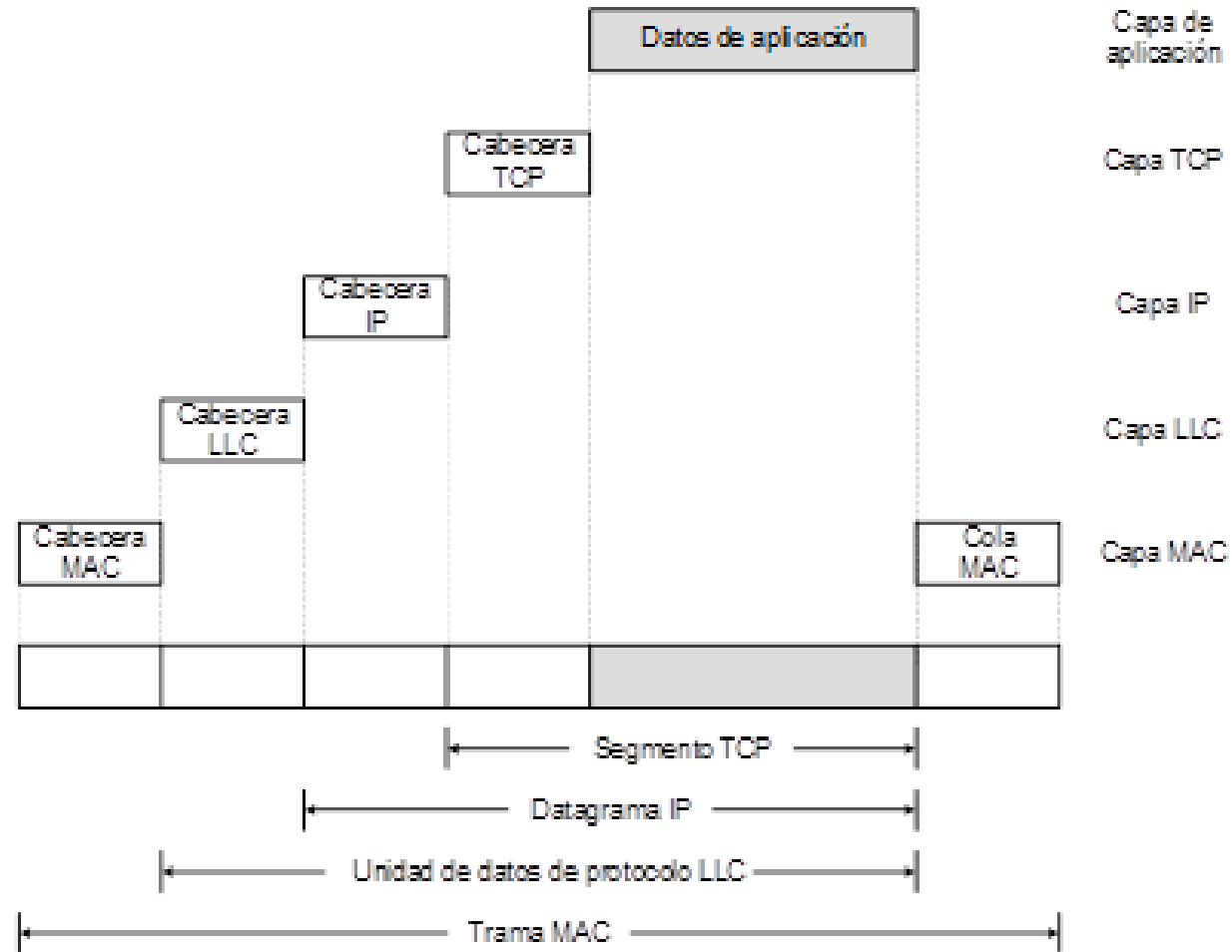
Arquitectura de Protocolo LAN : IEEE 802

IEEE 802 y el Modelo OSI



Arquitectura de Protocolo LAN : IEEE 802

IEEE 802 en un ambiente TCP/IP



Puente (Bridge)

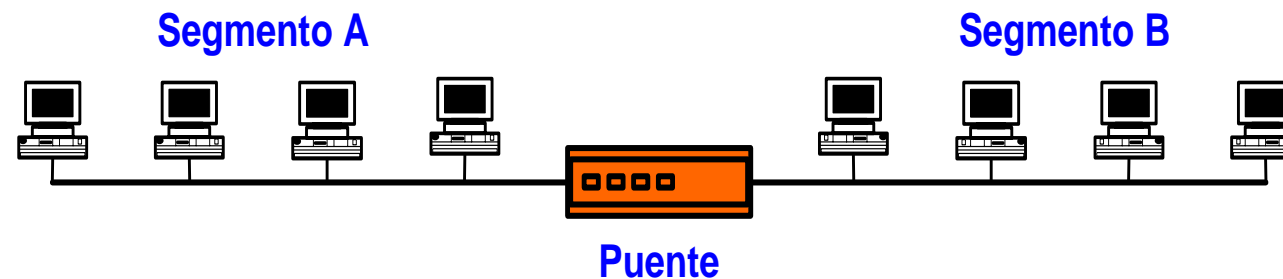
Funciones

Función principal: **filtrar tráfico** entre dos segmentos de la red.

Filtrado de tramas

Cuando se comunican dos estaciones en el mismo segmento, en el otro segmento “**no se escucha**” la transmisión; por lo tanto, puede haber al mismo tiempo otra comunicación entre dos estaciones de ese segmento.

- ✓ Ejemplo1. Una estación del segmento **A** envía tramas a una estación del segmento **B**: El puente **repite** las tramas.
- ✓ Ejemplo2. Una estación del segmento **A** envía tramas a otra estación del mismo segmento **A**: el puente **ignora** las tramas.

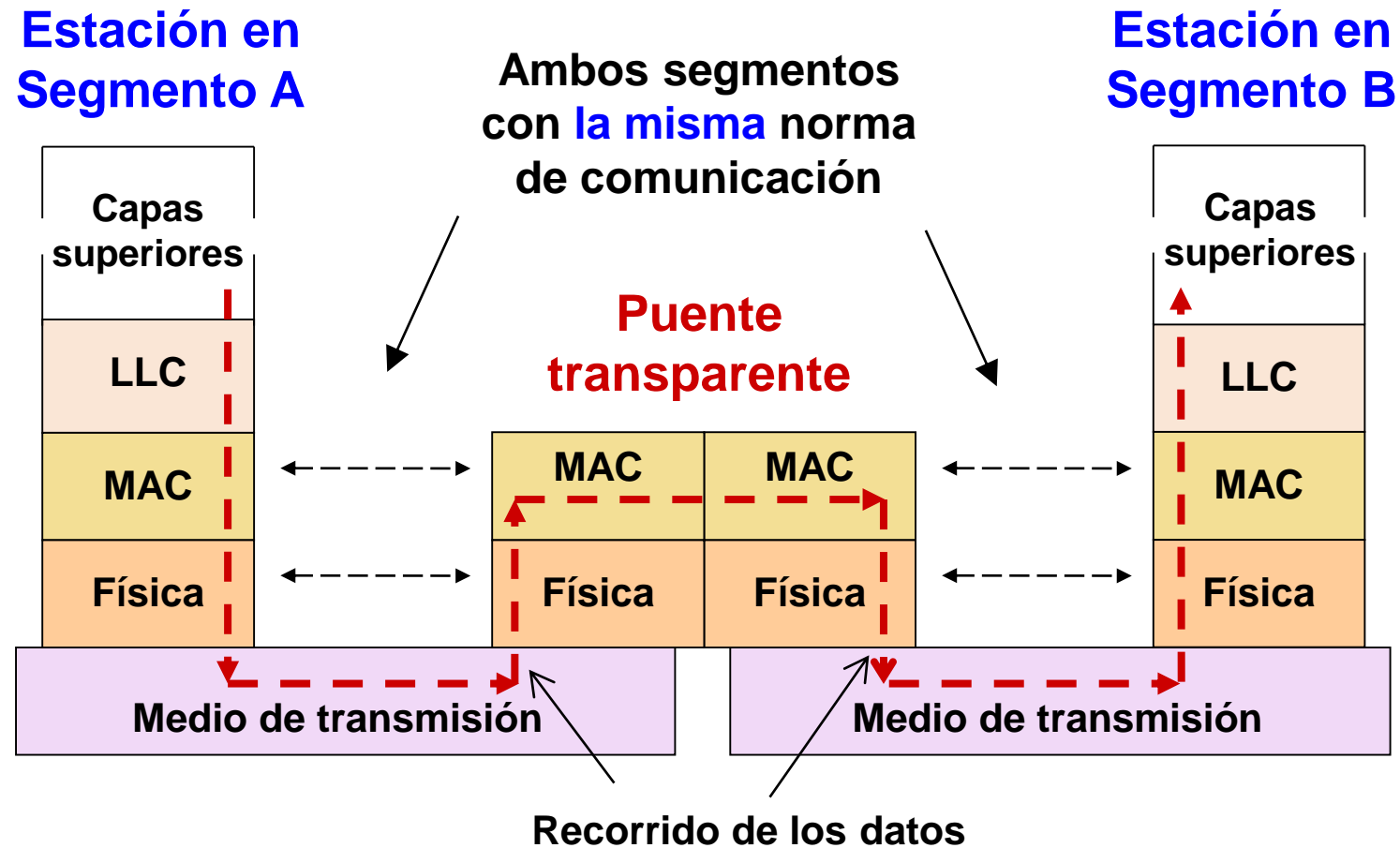


Puente (Bridge)

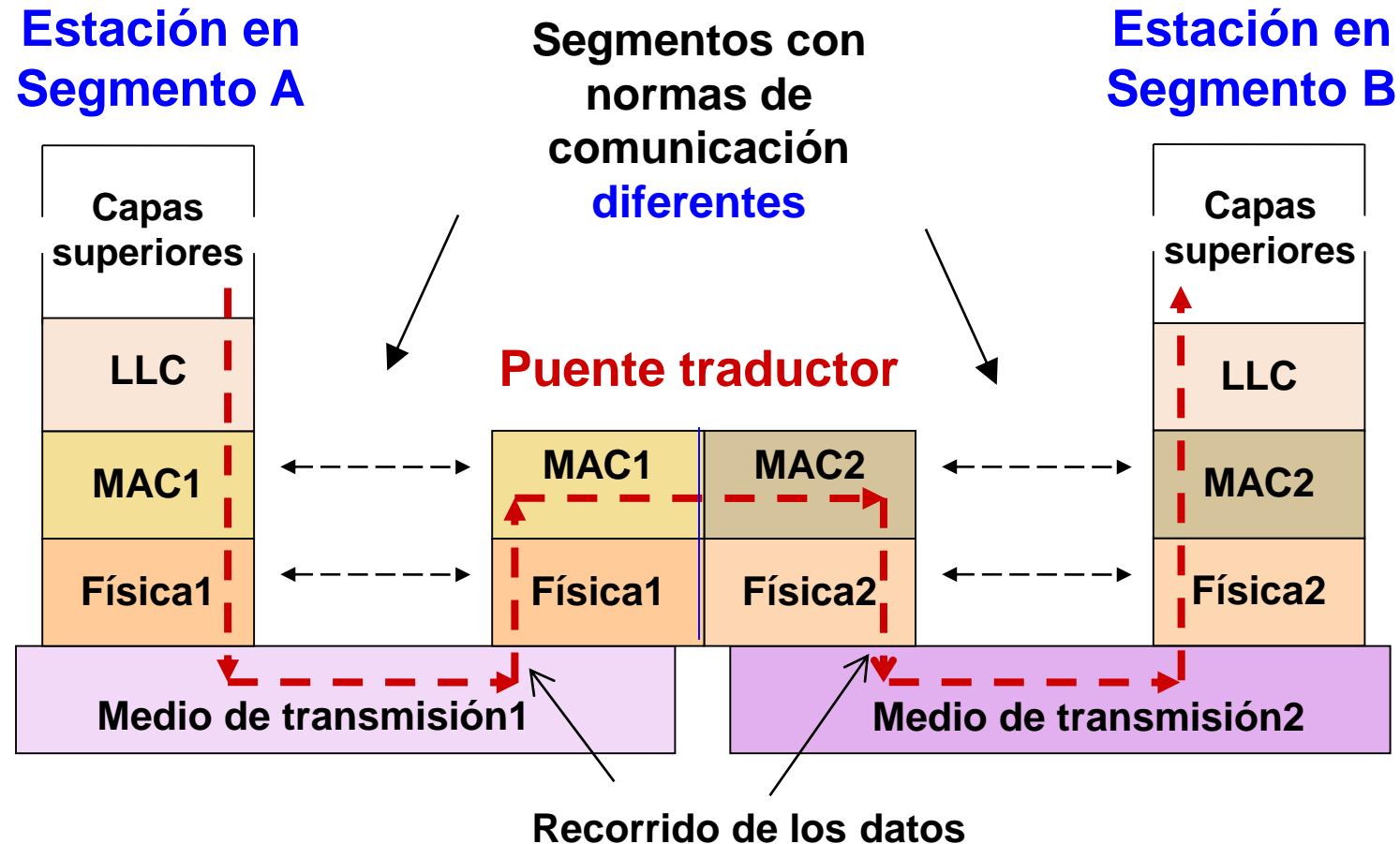
Efectos del uso de puentes en una red

- ✓ **Confiabilidad.** Sectores de una red que es afectada por distintos tipos de ruidos puede aislarse usando puentes.
- ✓ **Performance.** La performance de una LAN declina cuando se incrementa el número de estaciones. El puente puede dividir una LAN en pequeñas LAN's . Así se puede mejorar la performance , agrupando estaciones de tal forma que el tráfico "*intra-LAN*" sea significativamente mayor que el tráfico "*inter-LAN*".
- ✓ **Seguridad.** El uso de puentes permite limitar el tráfico sensible a espacios seguros (redes virtuales LAN), evitando que llegue a todos los segmentos de la red.
- ✓ **Extensibilidad:** eligiendo los puentes adecuados, se puede conectar dos o más sitios de una organización.

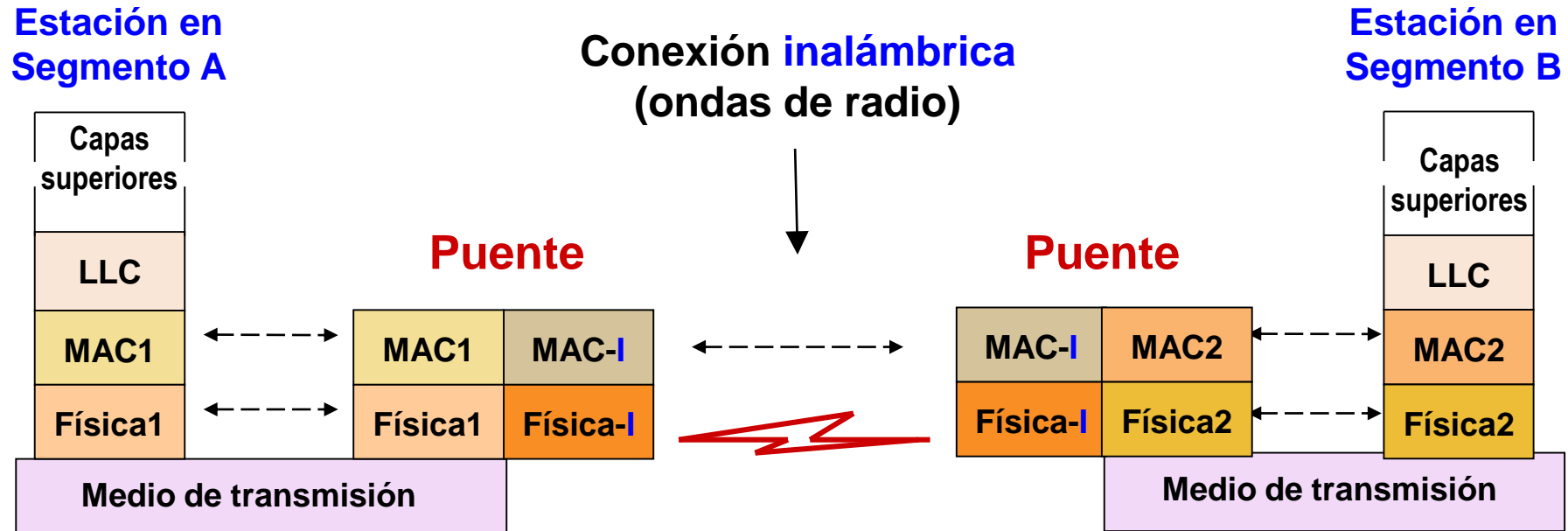
Puente (Bridge): Puente Transparente



Puente (Bridge): Puente Traductor



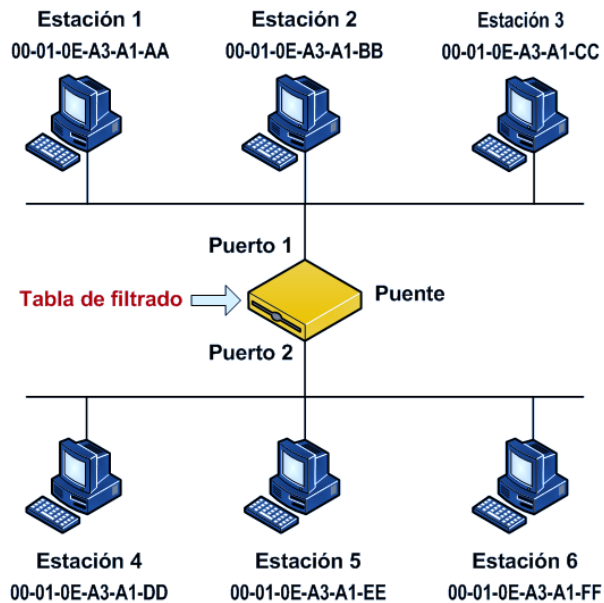
Puente (Bridge): Conexiones Inalámbricas



Puente (Bridge)

Funcionamiento del Puente:

- ✓ Retransmisión de tramas (filtrado)
- ✓ Proceso de aprendizaje
- ✓ Determinación de rutas

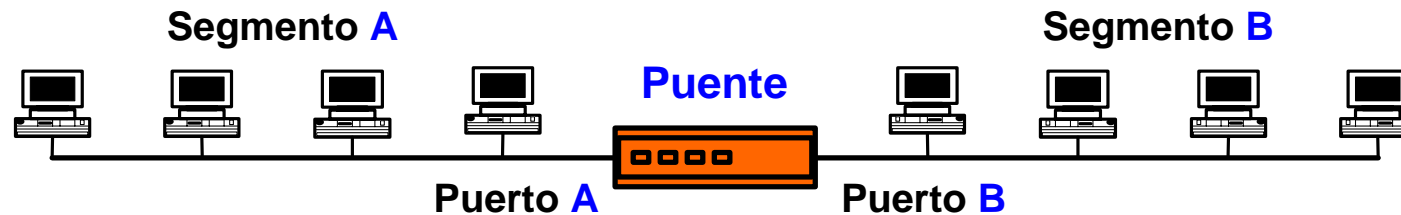


Estaciones/ Direcciones MAC	Puerto	Time r
Estación 1/ ...A1-AA	1	t1
Estación 2/ ...A1-BB	1	t2
Estación 3/ ...A1-CC	1	t3
Estación 4/ ...A1-DD	2	t4
Estación 5/ ...A1-EE	2	t5
Estación 6/ ...A1-FF	2	t6

Puente (Bridge)

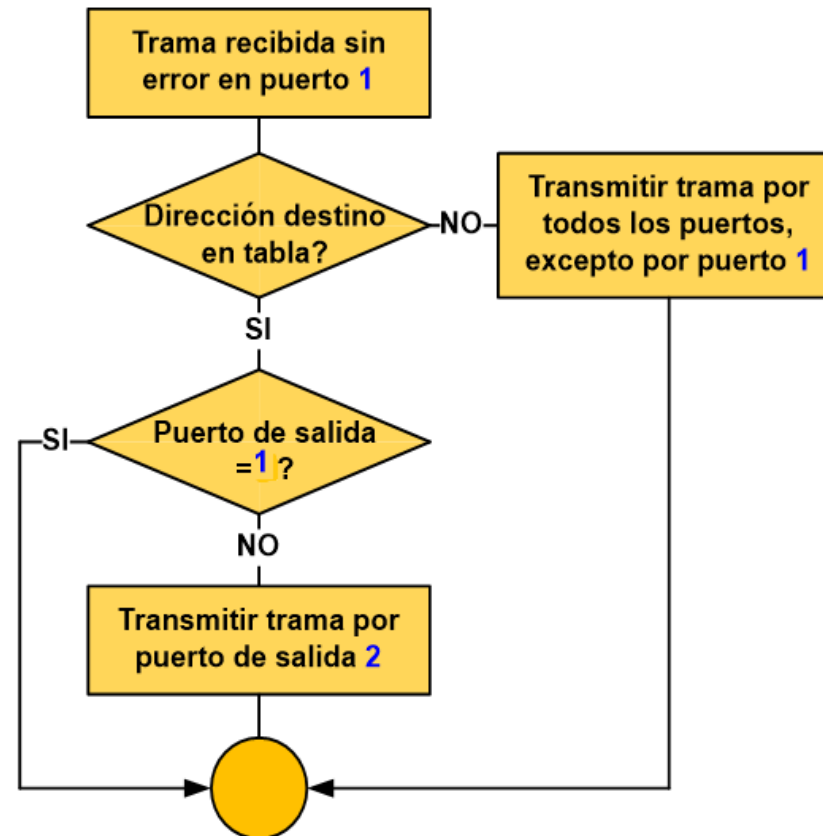
Funcionamiento del Puente: Retransmisión de tramas (Forwarding)

- ✓ Lee la dirección destino en datagramas generados en el segmento **A**.
 1. Ignora datagramas generados en **A** y dirigidos a estaciones del segmento **A**.
 2. Acepta los datagramas con dirección destino de estaciones en el segmento **B**.
 3. Ídem para datagramas que se generan en el segmento **B**.
- ✓ Para poder realizar la función de retransmisión de tramas el puente necesita **disponer** de información: **Tabla de Filtrado**



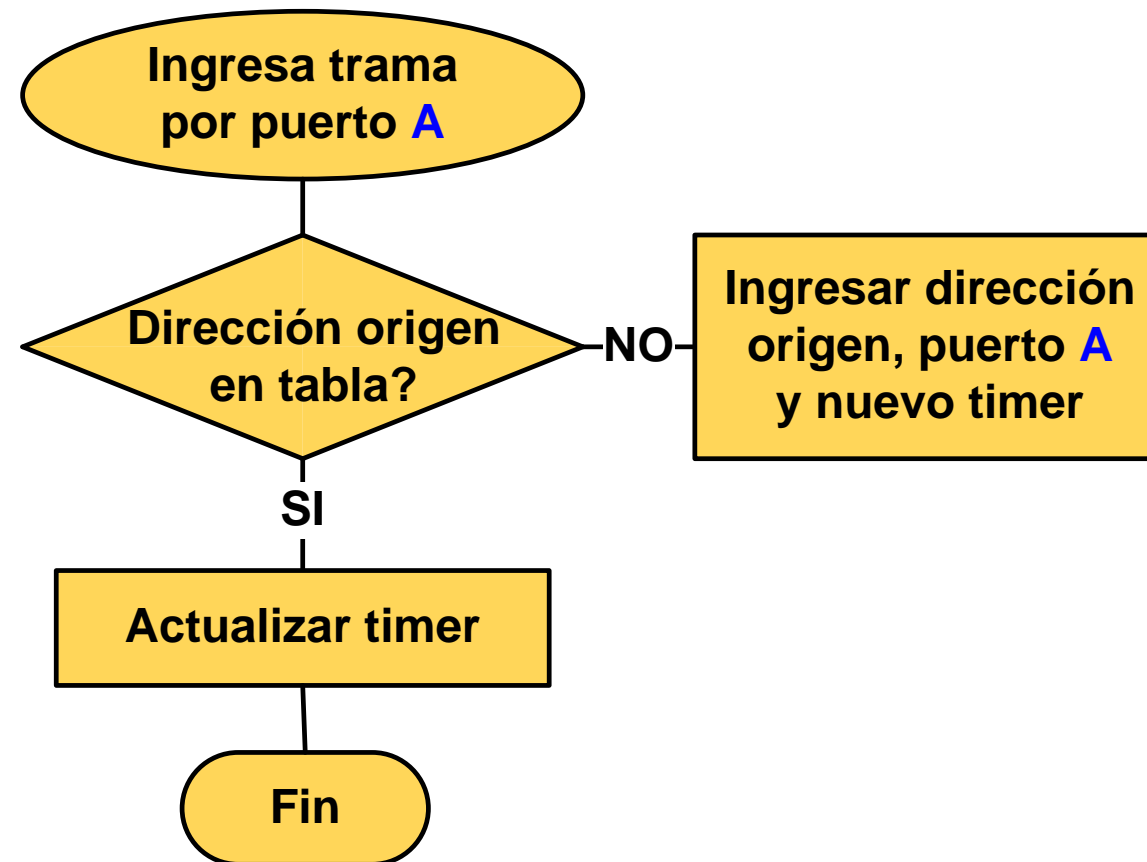
Puente (Bridge)

Funcionamiento del Puente: Retransmisión de tramas (Forwarding)



Puente (Bridge)

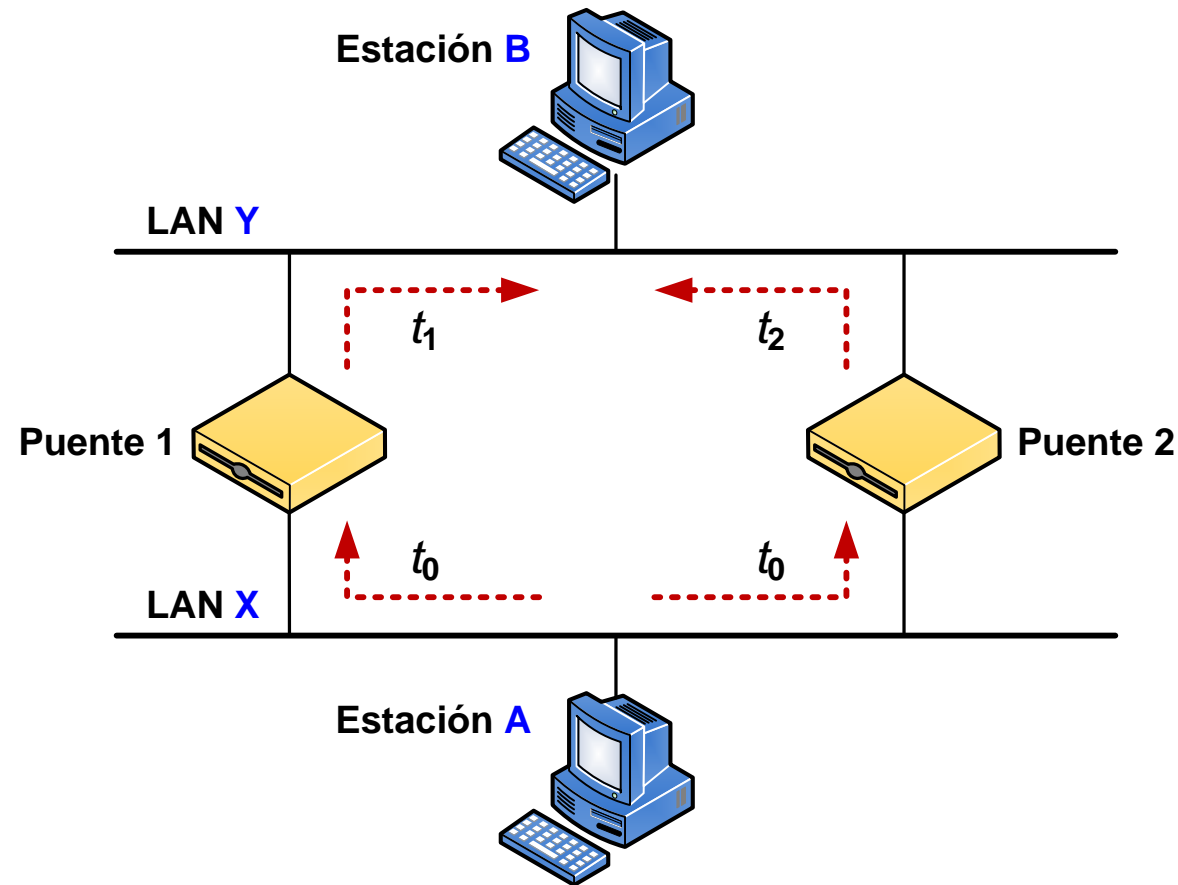
Funcionamiento del Puente: Aprendizaje (Learning)



Puente (Bridge)

Funcionamiento del Puente: Determinación de rutas

Problema del Lazo Cerrado



Puente (Bridge)

Funcionamiento del Puente: Determinación de rutas

Solución: 802.1 D

- ✓ Proporciona caminos redundantes, pero evita bucles indeseables en la red.
- ✓ En una red de capa 2, sólo puede existir una ruta activa entre dos estaciones.
- ✓ STP calcula y selecciona la mejor ruta sin bucles.
- ✓ Los puertos de la red de capa 2 envían y reciben tramas STP y la electrónica de red (switches) utilizan la trama para construir una ruta libre de bucle.
- ✓ Si existe un bucle, las estaciones finales reciben mensajes duplicados y los switches aprenden las direcciones MAC de esas estaciones.
- ✓ STP bloquea los puertos de el/los switches que generan un bucle
- ✓ STP define árbol de switches que tiene un "Root Bridge" y genera caminos libres de bucles desde el "Root" hacia todos los dispositivos.
- ✓ STP define un "Root Port" (RP), un puerto con menor costo hacia el "Root Bridge", y un "Port Designated" (DP) en cada segmento LAN.

Puente (Bridge)

Funcionamiento del Puente: Determinación de rutas

Otros estándares con mejoras

IEEE 802.1w (RSTP)	<ul style="list-style-type: none">✓ La principal diferencia es que RSTP coloca a 3 estados "listening", "blocking", y "disabled" en un estado llamado estado "discarding".✓ En STP, los switches envían información del protocolo (BPDU, Bridge Protocol Data Unit) cuando un switch recibe el pedido de un "Root Bridge". En RSTP, los switches envían un BPDU cada vez que hacen un "hello"✓ Incluye dos tipos de puertos adicionales a STP: "Alternate Ports" y "Backup Ports"
IEEE 802.1s (MSTP o MISTP)	<ul style="list-style-type: none">✓ Permite la coexistencia de múltiples VLAN's (redes privadas virtuales) en una sola instancia de árbol expandido✓ Reduce los requerimientos de recursos de procesamiento y tráfico de datos de control, mientras mantiene la posibilidad de mantener múltiples árboles de expansión, para propósitos de balanceo de carga
IEEE 802.1aq (SPB)	<ul style="list-style-type: none">✓ Reemplaza a los anteriores✓ La prevención del bucle la realiza es un "Plano de Control", que puede analizar la topología de toda la red✓ Ofrece excelentes tiempos de convergencia✓ Rápida restauración de la conexión.✓ Tiene dos modos de operación: Shortest Path Bridging - VID (SPBV) y Shortest Path Bridging - MAC (SPBM)

Switch (Conmutador)

Algunas características

- ✓ Es usado ampliamente en las redes LAN actuales (conecta computadores u otros switches, e inclusive routers).
- ✓ Una LAN constituida totalmente por switches es denominada "Switched LAN" o LAN Conmutada.
- ✓ Tiene mayores prestaciones que un concentrador: Capacidad de transmisión agregada teórica global = $\frac{1}{2} \times (\text{n}^\circ \text{ de puertos}) \times (\text{velocidad de transmisión})$
- ✓ Opera de un modo similar a un puente multipuerto (mantiene una tabla de Filtrado con direcciones, puertos y timer)
- ✓ Puede establecer conexiones paralelas y simultáneas entre varios pares de puertos (Agregación de enlaces)
- ✓ Soporta la definición de redes LAN virtuales (VLAN's)
- ✓ Es administrable, se puede configurar desde el ancho de banda en el que opera un puerto, hasta el tipo de autenticación que permitirá a un dispositivo conectarse a la red
- ✓ Pueden soportar ruteo de datagramas (switch capa 3)

Switch (Conmutador)

Especificaciones

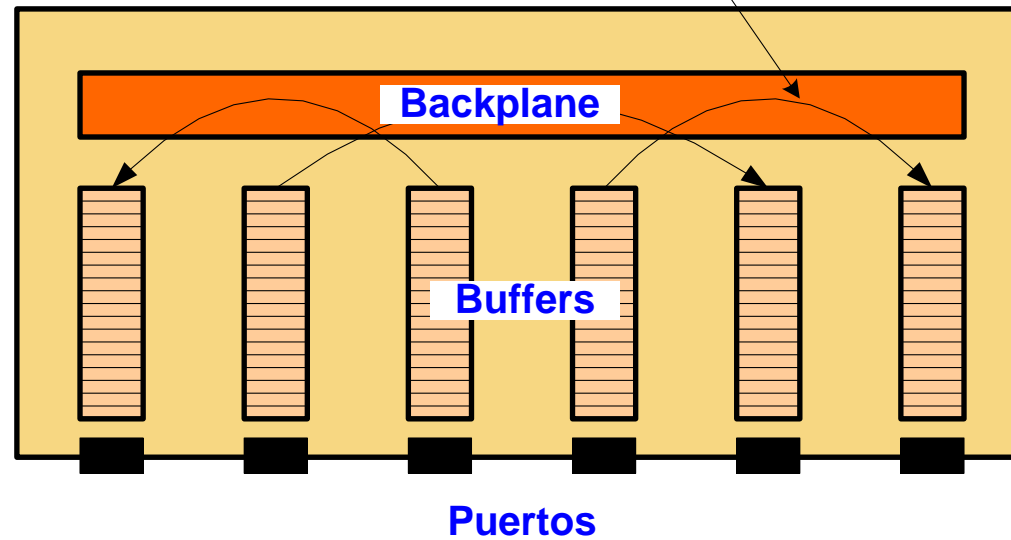
- Norma de comunicación soportada
- Arquitectura: componentes internos, funciones y características
- Ubicación en la red (borde, intermedio o backbone)
- Administración, autonegociación y espejado de puertos
- Agregación enlaces
- Soporte de QoS, redes LAN virtuales (VLAN)
- Apilamiento y tipos de puertos
- Capacidad total de procesamiento de paquetes por segundo
- Soporte de seguridad (Autenticación de dispositivos – 802.1X)
- Monitoreo remoto via SNMP (Simple Network Management Protocol)

Switch (Conmutador)

Arquitectura

1. Puertos
2. Buffers
3. Mecanismo de retransmisión de tramas
4. Backplane

Mecanismo de retransmisión de tramas



Switch (Conmutador)

Arquitectura: Puertos SFP

SFP (Small Form-factor Pluggable): Es un módulo interfaz para Fast Ethernet/Gigabit/10Gigabit con diversos tipos de interfaces físicas.

Ejemplos de SFP:

SFP para normas Fast Ethernet: 100BaseTX, 100BaseFX

SFP para normas Gigabit Ethernet: 1000BaseSX, 1000BaseLX/LH, 1000BaseZX, 1000BaseTX (UTP)

SFP+ para normas 10 GbE: 10GBase-SR, 10GBase-LX4, 10GBASE-LR, entre otros

SFP+ DAC para normas 10GbE: 10GBase

QSFP+ para normas 40GbE: 40GBase-SR4, 40GBase-LR4 y 40GBase-ER4

QSFP+ DAC para normas 40GbE: 40GBase-CR4

QSFP28 para normas 100 GbE: 100Gbase-SR4, 100Gbase-LR4, 100Gbase-ER4

QSFP28 DAC para normas 100 GbE: 100GBase-CR10 y 100GBase-CR4

QSFP56 para normas 200 GbE: 200GBase-SR4, 200GBase-LR4 y 200Gbase-FR4

QSFP-DD, OSFP para normas 400GbE: 400GBase-SR8, 400GBase-DR4, FR4, LR4, ER4

Switch (Conmutador)

Arquitectura: Puertos SFP – Opciones



XENPAK 10GB



SFP+ 10GB (Cobre y Fibra)



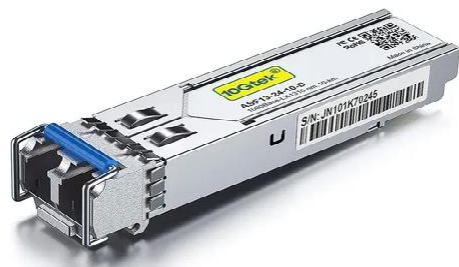
SFP+ OPTIC



XFP 10GB

Switch (Conmutador)

Arquitectura: Puertos SFP – Opciones



SFP 1 GB



SFP+ 10 GB



SFP+ DAC 10 GB



QSFP+ 40 GB



QSFP+ DAC 40 GB



QSFP28 100 GB



QSFP28 DAC 100 GB



QSFP56 400 GB

Switch (Conmutador)

Arquitectura – Switches con distintos tipos de puertos

- ✓ HP Aruba 2920 48G:
 - 44 puertos Switched Giga Ethernet (UTP)
 - 4 puertos Switched Giga Ethernet (UTP) o Fibra Óptica
 - 2 módulos para 10GigaEthernet (UTP)
- ✓ HP 1920 48G :
 - 48 puertos 10/100/1000 (autosensing)
 - 4 puertos SFP 1000 (UTP o Fibra)
 -
- ✓ Cisco Catalyst 2960-24TT-L :
 - 24 puertos 10/100 Mbps con 2 puertos uplink de 10/100/1000 Mbps.
- ✓ Cisco Catalyst 2960-24TC-L :
 - 24 puertos 10/100 Mbps con 2 puertos uplink duales de 10/100/1000 BaseT ó SFP

Switch (Conmutador)

Arquitectura: Buffers

- Cumple la función de almacenar temporalmente los datagramas en cada puerto, hasta que éstos son transmitidos
- Existen buffers basados en puertos y basado en memoria compartida para todos los puertos
- Los buffers son importante en switches que tienen puertos con dos o tres velocidades y con autosensing porque, además de realizar la inspección de la dirección destino, permiten la transmisión de datagramas a la velocidad correspondiente.
- Cuando un puerto Gigabit Ethernet debe retransmitir por ráfagas, el buffer del mismo debe retener datagramas “cortos” (p/ej, ingresados a puertos Fast Ethernet) hasta completar el largo mínimo de un datagrama Gigabit Ethernet (4.096 bytes).
- El tamaño típico de un buffer por puerto es de 32 Kbyte y basado en memoria es de entre 2 MB y 4 MB

Switch (Conmutador)

Arquitectura: Mecanismo de retransmisión de tramas

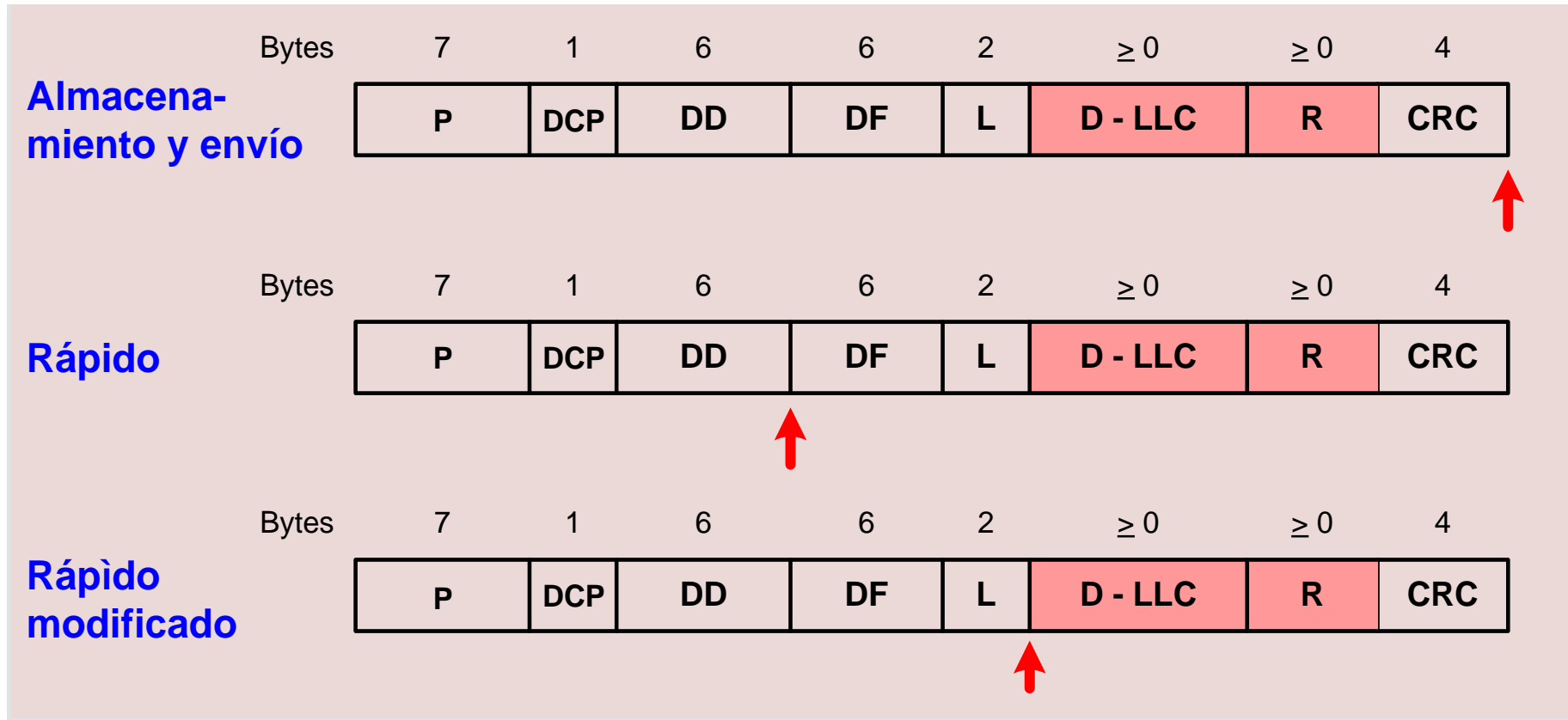
En general, los switches pueden configurarse para retransmitir las tramas según alguno de los siguientes mecanismos:

- ✓ **Almacenamiento y envío (store and forward).** El switch acepta una trama que ingresa por un puerto y la almacena temporariamente mientras realiza el control de error usando CRC y otros chequeos. La trama con error es descartada.
- ✓ **Rápido (cut through).** El switch almacena solamente la dirección destino (6 bytes) aprovechando que se encuentra al comienzo de la trama MAC. Una vez leída la dirección destino, el switch retransmite inmediatamente la trama por la línea de salida correspondiente. No hay control de error.
- ✓ **Rápido modificado (modified cut through).** Es similar al mecanismo rápido, excepto que almacena 64 bytes en lugar de 6 bytes antes de retransmitir la trama.

La justificación de este mecanismo se funda en que la mayoría de los errores y colisiones se producen en los primeros 64 bytes de la trama. Este tipo es el menos usado en relación a los dos anteriores. No hay control de error.

Switch (Conmutador)

Arquitectura: Mecanismo de retransmisión de tramas



Switch (Conmutador)

Arquitectura: Backplane

- Define **cómo** y a qué **velocidad** son transmitidos los datagramas de un puerto a otro a través de los circuitos del switch.
- La velocidades típicas en el backplane son de entre **1 a 700 Gigabps**, dependiendo del tipo de switch.
- El throughput de un switch es la cantidad de paquetes por segundo que puede transmitir sin pérdida de paquetes. En el caso del Cisco 9300L 24T-4G (Figura) es de **41,6 Mpps**



Cisco Switch Serie 9300

Switch (Conmutador)

Tipos de Switch según ubicación

- ✓ Switches de grupo de trabajo (Workgroup Switches)
 - Tienen una única dirección MAC por puerto en su tabla de filtrado: sólo pueden conectarse a una estación y no a otro switch.
 - Número típico de puertos: 8, 12, 16, 24
 - No admiten conexión con otras tecnologías como ATM, FDDI
 - No poseen puertos para conexión con fibra óptica.
- ✓ Switches intermedios o de piso
 - Aceptan decenas o centenas de direcciones MAC por puerto.
 - Normalmente se conectan a un switch en la estructura ascendente y varios en la descendente.
 - Número típico de puertos: 12, 24 y 48 para cable UTP
 - Aceptan 1 o 2 conexiones a mayor velocidad con fibra óptica con el switch ascendente.
 - No admiten conexión con otras tecnologías.

Switch (Conmutador)

Tipos de Switch según ubicación

- ✓ Switches Apilables (Stackable Switchs) Intermedios o Backbone
 - El fabricante provee una conexión propietaria de alta velocidad. Consiste de un conector y cable con el que se conecta al backplane de los switches apilados, permitiendo una transmisión a la misma velocidad (equivale a un único backplane).
 - La capacidad de apilamiento puede estar presente en switches en distinta ubicación en la red.
 - El apilamiento de switches incrementa la densidad de puertos en una sola unidad lógica de procesamiento de paquetes

Switch (Conmutador)

Tipos de Switch según ubicación

- ✓ Switches Apilables (Stackable Switches): características

Según los puertos:

- Puertos dedicados (Cisco, HP, Dell) usan puertos traseros y cables propietarios
- Puertos SFP+, QSFP o QSFP+, usan puertos de uplink de 10 y 40 GbE
- Puertos Ethernet Estándar, pero menos común.

Tipos de cable:

- Cables de stacking propietarios (fabricantes como Cisco usan cables específicos como Cisco StackWise o FlexStack)
- Cables DAC (Direct Attach Copper): Usados cuando se apila con puertos SFP+/QSFP+, son cables de cobre con conectores SFP+ o QSFP+. Económicos y de baja latencia
- Cables de fibra óptica:
Si los switches están separados físicamente a más distancia, se puede usar apilamiento virtual con módulos ópticos y fibra.

Switch (Conmutador)

Tipos de Switch según ubicación

✓ Switches Modulares o de Chasis (backbone o centro de datos)

Son completamente modulares: el fabricante provee el chasis compuesto básicamente por fuente de alimentación (doble), ranuras de expansión y módulo controlador inteligente.

Los módulos se adquieren de acuerdo a las necesidades de conexión:

- Placas con puertos 10/100/1000BASE-T
- Placas con puertos 100BASE-FX o 1000BASE-SX
- Placas con puertos de 10, 40 y 100 GbE
- Placas con puertos ATM o FDDI.

Switch (Conmutador)

Tipos de Switch según ubicación

- ✓ Switch Modular Cisco Serie 9400 (4, 7 y 10 slots)



Switch (Conmutador)

Otras características

- ✓ Puertos PoE, para alimentar cámaras, Access Point, etc.
- ✓ Capacidad de Administración, ya sea usando una consola de línea de comandos o entorno Web. Alternativa de conexión vía puerto serial
- ✓ Capacidad de espejado de puertos (Port Mirroring)
- ✓ Capacidad de Autonegociación de velocidad y tipo de transmisión
- ✓ Capacidad de Agregación de Enlaces
- ✓ Capacidad para gestionar seguridad (802.1X)
- ✓ Cantidad de Direcciones MAC que puede almacenar por puerto
- ✓ Capacidad de priorización de paquetes (QoS)
- ✓ Capacidad de Configuración de VLAN
- ✓ Soporte de monitoreo remoto del switch via SNMP (Management)

Switch (Conmutador)

Otras características: Switch capa 3

- ✓ Son dispositivos que además de ofrecer la funcionalidad de “forwarding”, incorporan la funcionalidad de **ruteo**, como por ejemplo el establecimiento de una ruta, basada en la información de la capa 3 modelo OSI, y soporta protocolos de ruteo tradicionales como RIP y OSPF.
- ✓ Previenen el colapso de la red ante la presencia de **descargas de broadcast**, manejan eficientemente el tráfico multicast.
- ✓ Tienen **mejores** niveles de **seguridad** que los switch capa 2, entre otras características pueden configurarse listas de control de acceso (ACL)
- ✓ Entre otras cosas, se usan para **conectar** distintas **VLAN's**

Switch (Conmutador)

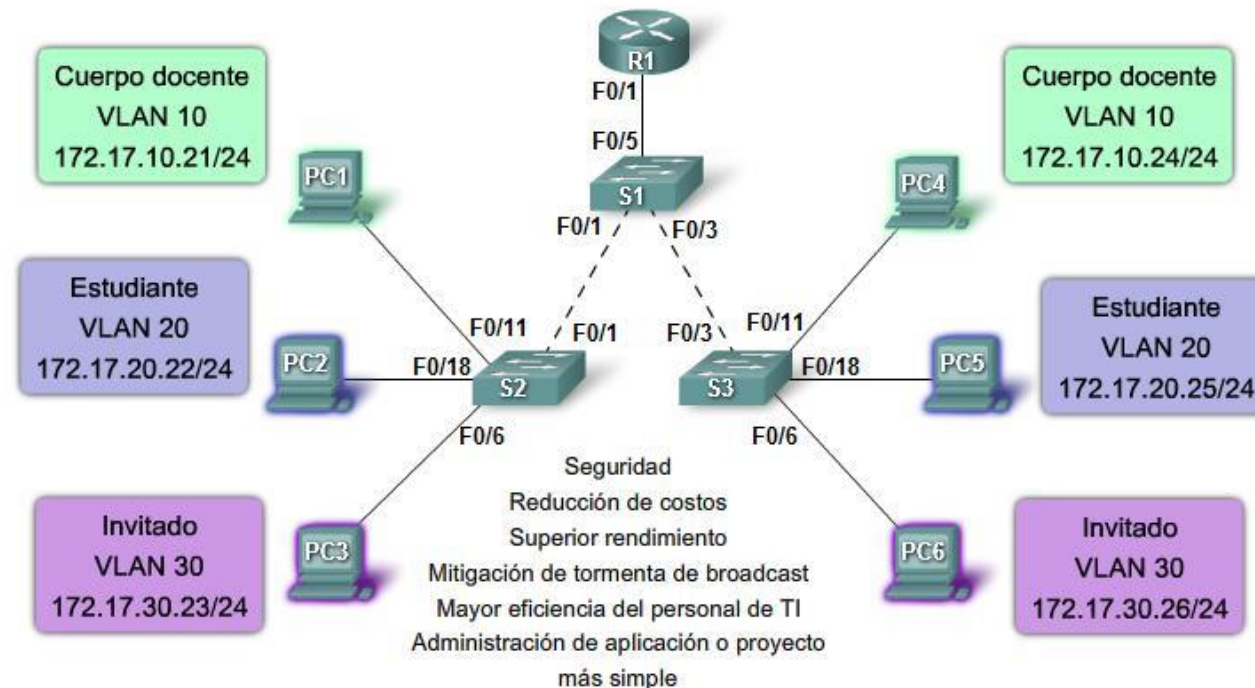
Otras características: Switch capa 4

- ✓ Son dispositivos que además de ofrecer la funcionalidad de "forwarding", y ruteo, incorporan la habilidad de implementar las políticas y filtros a partir de informaciones de la capa 4 o superior, como ser, tipos de puertos (TCP,UDP), SNMP, FTP,
- ✓ Algunos fabricantes lo llaman Switch Capa 3+
- ✓ De acuerdo al encabezado de capa 4 pueden clasificar secuencias de paquetes manejados por tipo de aplicación o garantizar anchos de banda por flujo

Redes LAN Virtuales – VLAN – 802.1Q

Definición de VLAN y Ventajas de su uso

Método para crear **redes lógicas** independientes dentro de una misma **red física**. Se agrega una **etiqueta** a la trama para **identificar la VLAN**.



Una red con 5 VLAN's

Red LAN con 5 VLAN's definidas

■ **vlan1** mgmt (untagged)
■ **vlan2** video
■ **vlan3** voip
■ **vlan4** corporate
■ **vlan5** guest

sw1
192.168.1.2

sw2
192.168.1.3

r1
eth0: 192.168.1.1
eth0.2: 192.168.2.1/24
eth0.3: 192.168.3.1/24
eth0.4: 192.168.4.1/24
eth0.5: 192.168.5.1/24
eth1: 192.0.199.254

ap1
192.168.1.4
wlan-corporate (vlan4)
wlan-guest (vlan5)

Redes LAN Virtuales – VLAN – 802.1Q

Tipos de VLAN

VLAN predeterminada (VLAN 1 para administración)

- ✓ Todos los puertos forman al inicio parte de la VLAN predeterminada
- ✓ No se puede denominar ni eliminar.
- ✓ Soporta tráfico de control de la capa 2 y *spanning tree*.

VLAN nativa (se debe configurar en el enlace troncal)

- ✓ Se asigna una VLAN nativa a un puerto troncal IEEE 802.1Q.
- ✓ Una troncal IEEE 802.1q acepta tráfico etiquetado y no etiquetado.
- ✓ Una troncal IEEE 802.1q coloca el tráfico no etiquetado a la VLAN nativa
- ✓ Una VLAN nativa puede tener cualquier ID, se acostumbra ID 99

VLAN de datos o de usuarios (se debe configurar)

- ✓ Es una VLAN configurada para enviar solo tráfico de datos generados por los usuarios.

Redes LAN Virtuales – VLAN – 802.1Q

Tipos de datagramas

El estándar 802.1/Q introduce un nuevo formato de trama Ethernet que permite transportar información de identificación de VLAN (propia del estándar 802.1Q) y de priorización de tráfico (estándar 802.1p).

El estándar define 3 tipos de formato Ethernet:

1. Untagged frame (trama sin etiqueta)

Es el formato de trama de IEEE 802.3 y Ethernet II

2. Priority-tagged frame (trama etiquetada con prioridades)

Contiene un campo con prioridades a continuación del campo de dirección origen. No contiene información de VLAN.

Si estas tramas se usan en VLAN's, deberá usarse un método propietario para incluir información sobre VLAN.

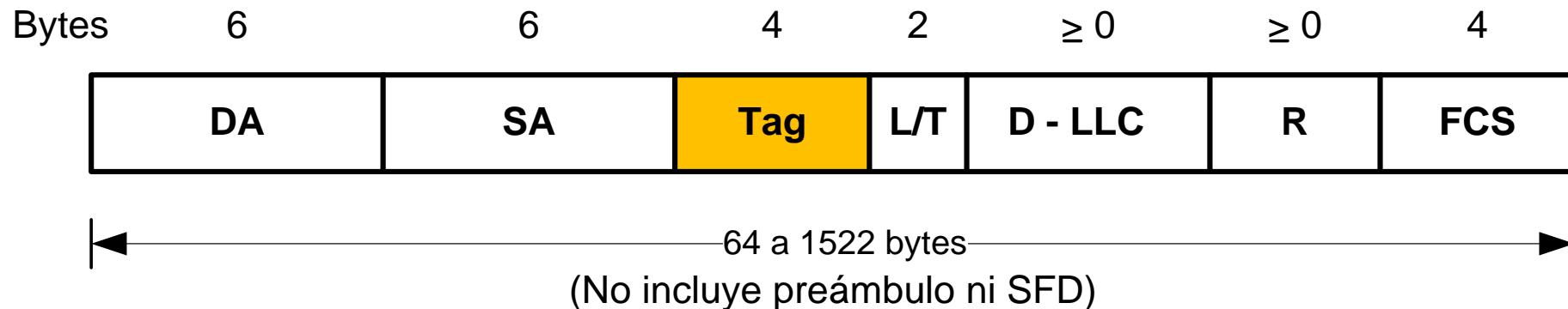
3. VLAN tagged frame (trama con información sobre VLAN)

Incluye un campo con información sobre la VLAN a la que pertenece (VID).

Redes LAN Virtuales – VLAN – 802.1Q

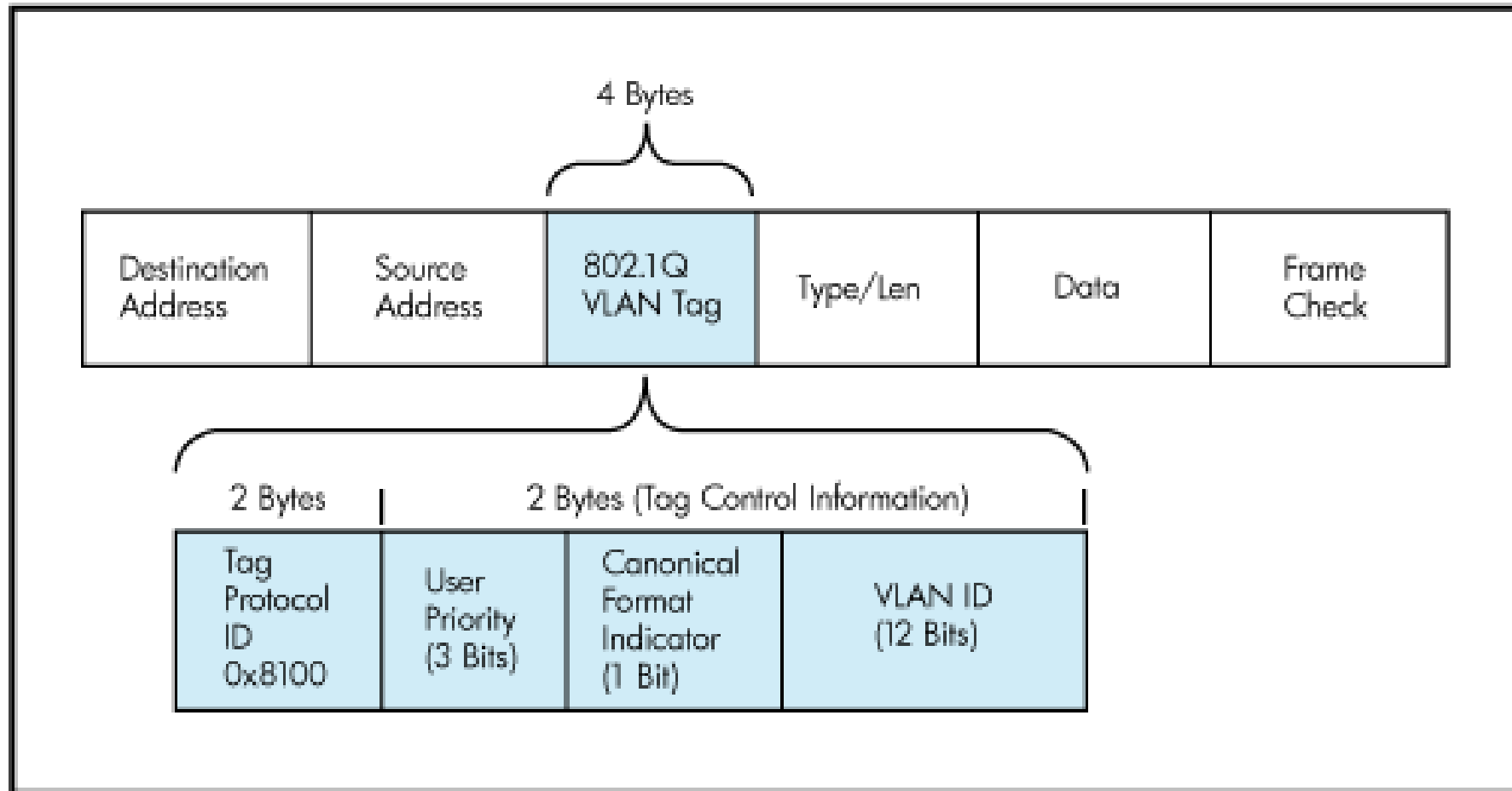
Trama con etiqueta VLAN (VLAN Tagged Frame)

- ✓ La etiqueta comienza luego del campo de dirección origen.
- ✓ El **campo de la etiqueta** tiene una longitud de **4 bytes**.
- ✓ La etiqueta se denomina "**VLAN Tag**", aunque no solo contiene información de la VLAN a la que pertenece la trama.
- ✓ Cuando la trama tiene VLAN Tag, el campo Long/Tipo se encuentra desplazado 4 bytes hacia la derecha.
- ✓ La **longitud máxima** de la trama con etiqueta VLAN es de **1522 bytes** (sin contar preámbulo ni SFD).



Redes LAN Virtuales – VLAN – 802.1Q

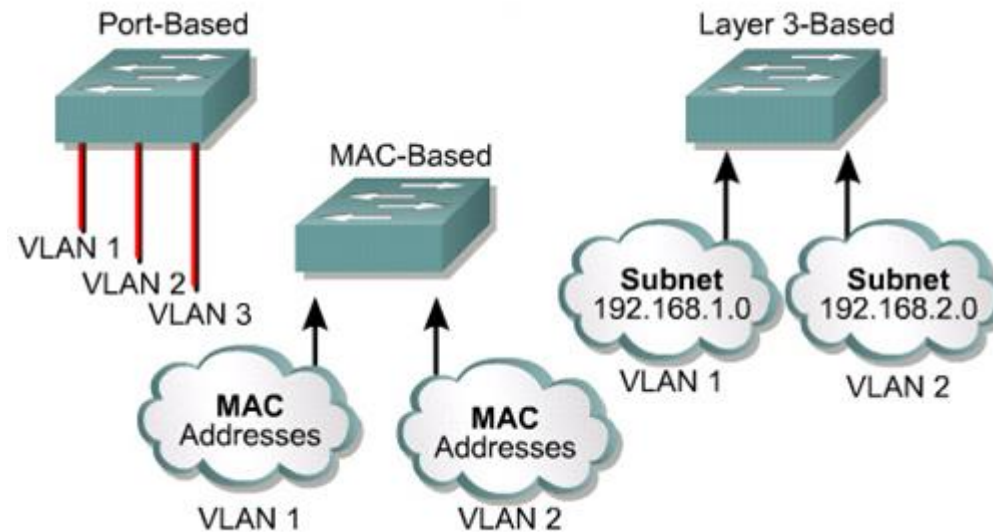
Etiqueta VLAN (4 bytes)



Redes LAN Virtuales – VLAN – 802.1Q

Configuración de VLAN

- ✓ VLAN estáticas o basadas en puerto.
 - Se asigna manualmente a cada puerto del switch a una VLAN.
- ✓ VLAN dinámicas:
 - ✓ Basadas en direcciones MAC: El administrador crea una tabla MAC, la cual se compara cada vez que se conecta un computador y se le asigna la VLAN al puerto.
 - ✓ Por direcciones IP



Redes LAN Virtuales – VLAN – 802.1Q

Configuración de puertos VLAN

Configuración de puertos como VLAN “tagged” y “untagged”

- ✓ Puerto “VLAN Tagged” (IEEE 802.1p/Q - Enlaces “Trunk”)
 - Es configurado así cuando el switch debe traficar tramas que identifican a distintas VLAN’s.
 - Ejemplo: puertos “uplink” en el backbone o puertos conectados a servidores.
- ✓ Puerto “VLAN untagged” (IEEE 802.3 - Enlaces de acceso)
 - Normalmente, se configuran así los puertos que soportan puestos de trabajo.
 - Si se configura un puerto como “tagged” y otro como “untagged” puede no haber comunicación entre ellos (o presentar errores).
 - Observar también que no todas las placas soportan VLAN tagging, aunque pueden soportar la trama 802.1p.

Redes LAN Virtuales – VLAN – 802.1Q

Tagged – Untagged: cuatro escenarios

- ✓ Paquete no etiquetado recibido en un puerto no etiquetado (VLAN Untagged): reenvío basado en la VLAN configurada en el puerto
- ✓ Paquete etiquetado recibido en un puerto no etiquetado (VLAN Untagged): descartar el paquete excepto si la etiqueta es la misma que la VLAN configurada en el puerto
- ✓ Paquete etiquetado recibido en un puerto etiquetado (VLAN Tagged): reenvío basado en la etiqueta VLAN del paquete
- ✓ Paquete no etiquetado en un puerto etiquetado (VLAN Tagged). Dado que ese puerto puede transportar varias VLAN y no está asignado a una sola VLAN, ¿qué etiqueta VLAN debe aplicar a ese paquete no etiquetado?: La VLAN nativa es la VLAN asociada a todos los paquetes no etiquetados en un puerto etiquetado/troncal. En este caso el puerto etiquetado envía el paquete en forma no etiquetada por la VLAN nativa

Redes LAN Virtuales – VLAN – 802.1Q

A tener en cuenta . . .

- ✓ Un switch que permite implementación de VLAN's no soporta comunicación entre VLAN's. Para esto se requiere un switch de 3 capas (switch Layer3) o un router.
- ✓ Algunos switches soportan múltiples VLAN's por puerto.
(Ejemplo: Teléfonos IP/PC conectados al mismo puerto Switch)
- ✓ El estándar IEEE 802.1Q también habla sobre implementación de VLAN's y del protocolo Spanning Tree.
- ✓ MSTP (Multiple Spanning Tree Protocol): Una instancia de un módulo spanning tree por cada VLAN.

B r e a k

Redes LAN de alta velocidad

Familia de protocolos Ethernet desde los 10 Mbps hasta los 100 Gbps

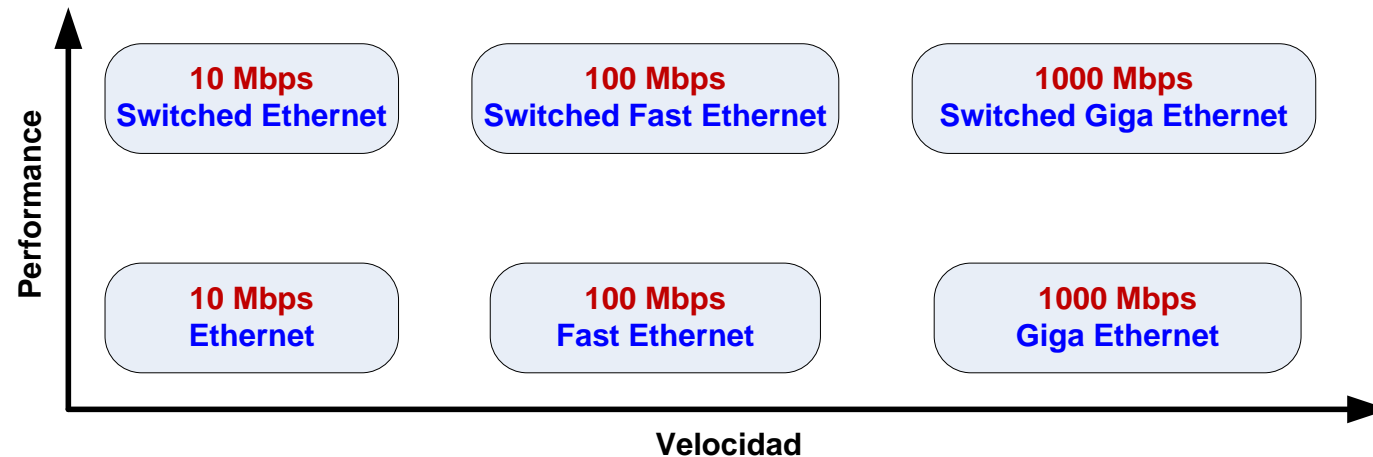
- ✓ Ethernet (IEEE 802.3)
- ✓ Fast Ethernet (IEEE 802.3u)
- ✓ Gigabit Ethernet (IEEE 802.3z y 802.3ab)
- ✓ 10-Gigabit Ethernet (IEEE 802.ae y 802.3an)
- ✓ 40- 100 Gigabit Ethernet (802.3ba, 802.3bg, 802.3bj y 802.3bm)

LAN de alta velocidad: desde los 10 Mbps hasta los 100 Gbps

Familia de protocolos Ethernet

Razones de su utilización en todo el mundo

- Proporciona transmisión a **alta velocidad** y a **bajo costo**.
- Ofrece una **amplia base de soporte** para distintos tipos de LAN y aplicaciones.
- Establece un **claro y razonable camino de migración técnica y económica** desde los 10 Mbps de Ethernet a sistemas de mayor velocidad y performance.

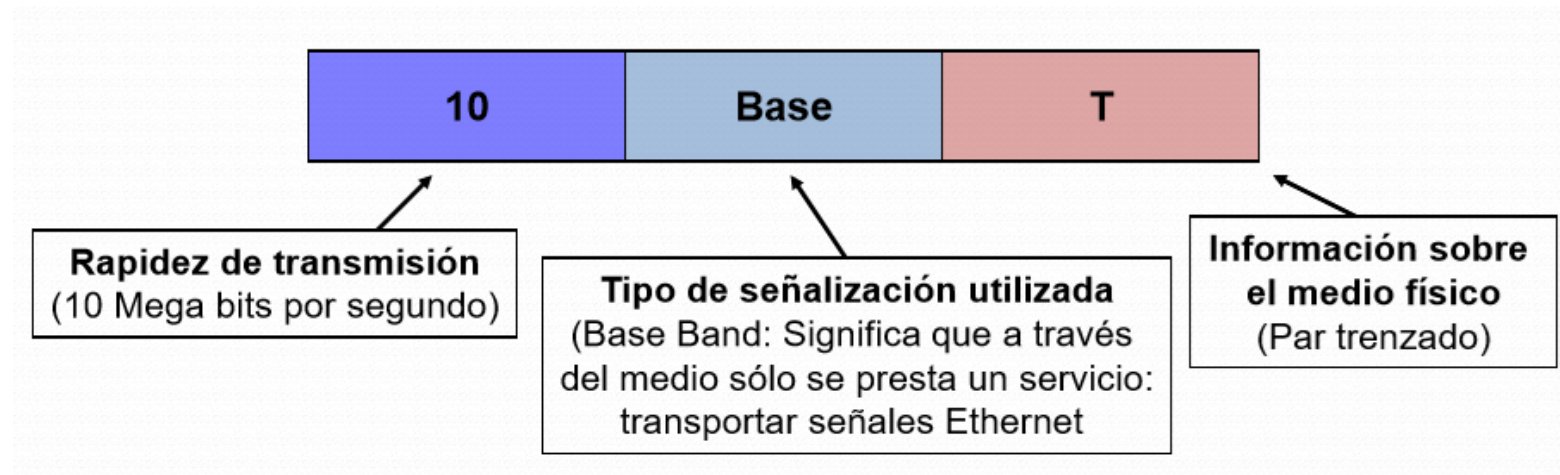


LAN de alta velocidad: desde los 10 Mbps a los 100 Gbps

Familia de protocolos Ethernet: Ethernet 802.3

Características principales

- Fecha: 1983 (10Base5, coaxial grueso)
- Velocidad de transmisión: 10 Mbps
- Señalización: banda base digital con codificación Manchester
- Control de acceso al medio: técnica de CSMA/CD



LAN de alta velocidad: desde los 10 Mbps a los 100 Gbps

Familia de protocolos Ethernet: Ethernet 802.3, componentes

- ✓ Define características del medio físico, compuesto por los cables y conectores que la norma estandariza
- ✓ Los componentes de señalización, dispositivos electrónicos estandarizados (transceivers) que envían y reciben señales sobre un canal Ethernet.
- ✓ El conjunto de reglas para acceder al medio, protocolo utilizado por la interfaz (tarjeta de red) que controla el acceso al medio (CSMA/CD). Además existen dos modos: half y full duplex.
- ✓ El frame (paquete o trama) Ethernet, conjunto de bits organizados de forma estándar. El frame es utilizado para llevar los datos dentro del sistema Ethernet.
- ✓ Define las operaciones en dos modos: Modo Half Duplex y Full Duplex

LAN de alta velocidad: desde los 10 Mbps a los 100 Gbps

Familia de protocolos Ethernet: Ethernet 802.3, especificaciones

	10BASE5	10BASE2	10BASE-T	10BASE-F
Medio de transmisión	Cable coaxil [50 ohm]	Cable coaxil [50 ohm]	Cable UTP	Par de fibra óptica multimodo - 850 nm
Técnica de señalización	Banda base [Manchester]	Banda base [Manchester]	Banda base [Manchester]	Manchester/ On-Of
Topología	Bus	Bus	Estrella	Estrella
Longitud máxima del segmento [m]	500	185	100	1000 ó 2000
Nodos por segmento	100	30	-	33
Diámetro del cable [mm]	10	5	0.4 – 0.6	62.5/125 μm

LAN de alta velocidad: desde los 10 Mbps a los 100 Gbps

Familia de protocolos Ethernet: Fast Ethernet (802.3 u)

Características principales

- ✓ Fecha creación: año 1995.
- ✓ Topología: estrella
- ✓ Velocidad de transmisión: 100 Mbps
- ✓ Objetivos básicos en el ámbito de 802.3: escalabilidad e interoperabilidad con las otras normas.
- ✓ Técnica de acceso al medio: CSMA/CD
- ✓ Formato de datagrama: idéntico al de IEEE 802.3
- ✓ Especificación: para varios tipos de cables:
 - 100Base-TX: UTP categoría 5.
 - 100Base-TX: STP
 - 100Base-T₄: UTP categoría 3/4/5.
 - 100Base-FX: Fibra óptica.

LAN de alta velocidad: desde los 10 Mbps a los 100 Gbps

Familia de protocolos Ethernet: Fast Ethernet (802.3 u), especificaciones

	100BASE-TX		100BASE-FX	100BASE-T4
Medio de transmisión	STP (2 pares)	UTP (2 pares categ. 5)	Fibra óptica (2 conductores)	UTP (4 pares categ. 3/4/5)
Técnica de señalización	MLT-3	MLT-3	4B5B-NRZI	8B6T-NRZ
Velocidad de transmisión [Mbps]	100	100	100	100
Máxima longitud de segmento [m]	100	100	100	100
Máxima distancia entre dos estaciones [m]	200	200	400	200

LAN de alta velocidad: desde los 10 Mbps a los 100 Gbps

Familia de protocolos Ethernet: Fast Ethernet (802.3 u)

Autonegociación (Extensión de 802.3u – 1995)

- ✓ Permite establecer en forma **automática** el mejor modo de operación en un enlace punto a punto (placa de red - puerto de un switch, entre puertos de dos switches)
- ✓ El protocolo selecciona el “**máximo común denominador**” entre los dispositivos.
- ✓ Parámetros que se negocian: velocidad, tipo de transmisión (half duplex o full duplex), si se realizará o no control de flujo, etc.
- ✓ Tiene lugar siempre antes de la inicialización del enlace.
- ✓ Utiliza un esquema propio de señalización (independiente de la norma de comunicación).

LAN de alta velocidad: desde los 10 Mbps a los 100 Gbps

Familia de protocolos Ethernet: Fast Ethernet (802.3 u)

Autonegociación (Extensión de 802.3u – 1995)

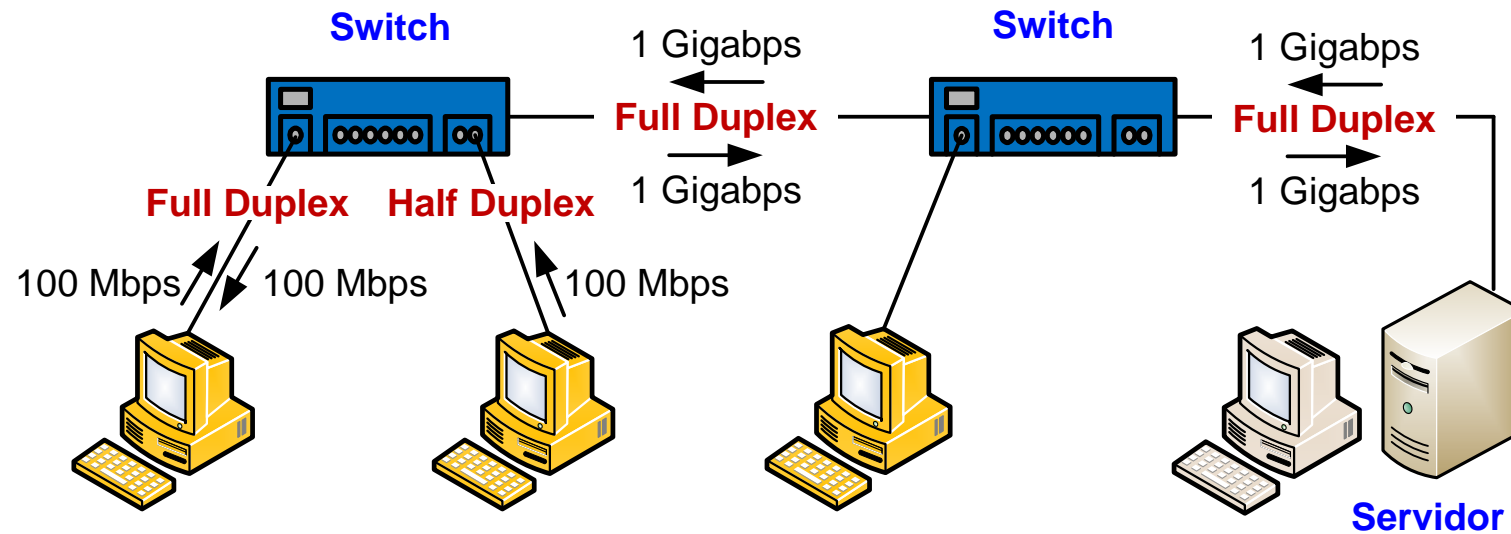
- La autonegociación comienza cuando un puerto envía un mensaje (Fast Link Pulse) donde cada bit indica las capacidades que ofrece el puerto.
- En el otro extremo el puerto receptor compara lo recibido con sus propias capacidades y obtiene la mejor opción ofrecida por ambos.

Prioridades de autonegociación	
A	1000BASE-T, full duplex
B	1000BASE-T
C	100BASE-T2, full duplex
D	100BASE-TX, full duplex
E	100BASE-T2
F	100BASE-T4
G	100BASE-TX
H	10BASE-T, full duplex
I	10BASE-T

LAN de alta velocidad: desde los 10 Mbps a los 100 Gbps

Familia de protocolos Ethernet: Transmisión Full Duplex

- ✓ Transmisión es en ambos sentidos y simultánea en una conexión punto a punto.
- ✓ Sólo posible Switched LAN, la transmisión entre dos puertos solo es “escuchada” por ambos. No existe posibilidad de colisiones. Se deshabilita el circuito de detección de colisiones
- ✓ Full Duplex debe ser soportada por la placa de red, los puertos y la inteligencia del switch y por el sistema operativo del emisor y el receptor



LAN de alta velocidad: desde los 10 Mbps a los 100 Gbps

Familia de protocolos Ethernet: Giga Ethernet (802.3z y 802.3ab)

Características principales

- ✓ Fecha creación: 802.3z año 1998, 802.3ab año 1999
- ✓ Velocidad de transmisión: 1000 Mbps
- ✓ Objetivos básicos en el ámbito de 802.3x: escalabilidad e interoperabilidad con Ethernet y Fast Ethernet.
- ✓ Técnica de acceso al medio: CSMA/CD
- ✓ Formato de datagrama: idéntico al de IEEE 802.3, en Half Duplex utiliza Reader Extension y Frame Bursting
- ✓ Especificación: para varios tipos de cables.
- ✓ Cables de fibra óptica (802.3z)
 - 1000Base-SX: Fibra óptica (multimodo) - Long. Onda 850nm - Distancia hasta 500 m.
 - 1000Base-LX: Fibra óptica (monomodo) - Long. Onda 1270-1335 nm - Distancia 550 m a 5000 m.

LAN de alta velocidad: desde los 10 Mbps a los 100 Gbps

Familia de protocolos Ethernet: Giga Ethernet (802.3z y 802.3ab)

Características principales

- ✓ Cable STP (802.3z)
 - 1000Base-CX: Cable STP - 25 m
- ✓ Cables de cobre (802.3ab)
 - 1000Base-T: Cable UTP categoría 5 -100 m, Usa los 4 pares con codificación 4D-PAM5
 - 1000Base-TX: Cable UTP categoría 6 - 100 m, usa sólo 2 pares
- ✓ Especificaciones no Estándares, pero implementada por fabricantes:
 - 1000Base-LH y 1000Base-ZX: Fibra Monomodo hasta 70 Km

LAN de alta velocidad: desde los 10 Mbps a los 100 Gbps

Familia de protocolos Ethernet: Giga Ethernet PoE

802.3af

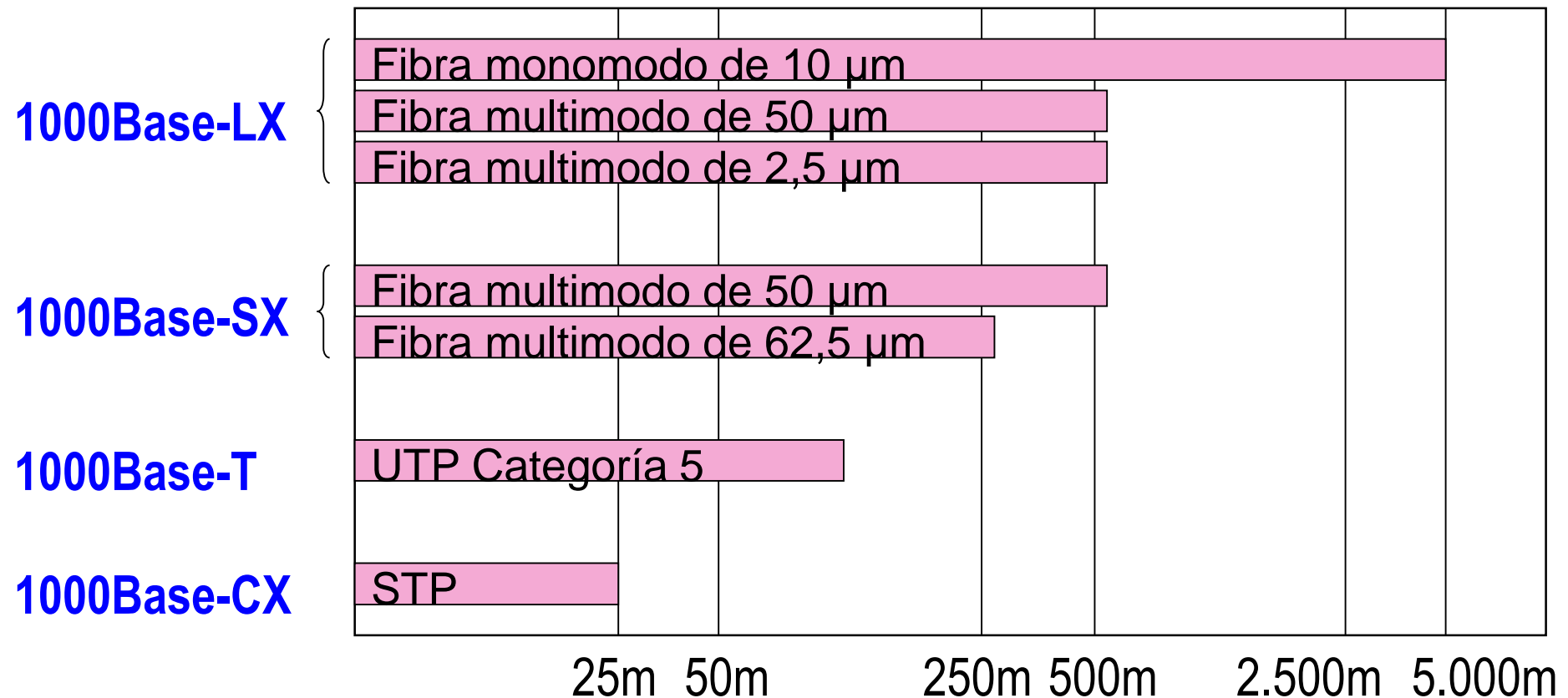
- ✓ Año: 2003
- ✓ Tipo 1: 2 pares
- ✓ Velocidad compatible: hasta 1 Gbps (Gigabit Ethernet)
- ✓ Potencia entregada: hasta 15,4 W por puerto (12,95 W disponibles en el dispositivo final por atenuación en el cable)
- ✓ Recomendado para cámaras fijas sin Infrarrojos

802.3at (PoE+)

- ✓ Año: 2009
- ✓ Tipo 2: 2 pares
- ✓ Velocidad compatible: hasta 1 Gbps
- ✓ Potencia entregada: hasta 30 W por puerto (25,5 W disponibles en el dispositivo final por atenuación en el cable)
- ✓ Recomendado para cámaras con Zoom, Infrarrojos y Cámaras Domos

LAN de alta velocidad: desde los 10 Mbps a los 100 Gbps

Familia de protocolos Ethernet: Giga Ethernet (802.3z y 802.3ab)



LAN de alta velocidad: desde los 10 Mbps a los 100 Gbps

Compatibilidad 802.3, 802.3u y 802.3z

- ✓ La compatibilidad y el bajo costo es el secreto del éxito de IEEE 802.3x .
- ✓ Compatibilidad en: Cableado, Placas de red y Switch
 - Cableado
 - ✓ UTP (Unshielded Twisted Pair):
 - En las categorías. 3,4 y 5: Ethernet y Fast Ethernet
 - En las categorías. 5, 5E y 6: Ethernet, Fast Ethernet y Giga Ethernet
 - ✓ Fibra óptica multimodo: Ethernet, Fast Ethernet y Giga Ethernet
 - Placa de red
 - ✓ UTP: Cuando se especifica: 10/100/1000BASE-T significa que la placa tiene capacidad de autonegociación para definir los parámetros que se van a adoptar en la transmisión.
 - ✓ Fibra Óptica: No hay posibilidad de negociación, sólo se transmite a una dada velocidad.
 - Switch
 - Los puertos se comportan de forma similar a las placas de red.

LAN de alta velocidad: desde los 10 Mbps hasta los 100 Gbps

Familia de protocolos Ethernet: 10 Giga Ethernet (802.3ae y 802.3an)

Características principales

- ✓ Fecha creación: año 2002. Año 2008 se completa especificación para múltiples interfaces.
- ✓ Se amplía el concepto de LAN tradicionales de reducidas dimensiones: varios edificios cercanos, un campus (hasta un máximo de pocas decenas de hectáreas).
- ✓ Se pueden conectar a 10 Gbps varias LAN's o MAN's tradicionales hasta una distancia de 40 Km.
- ✓ Sólo conectan LAN's/MAN's punto a punto (end to end)
- ✓ Sólo provee transmisión full duplex.
- ✓ Se conoce también como 10 GE, 10 GbE, 10 GigE
- **Ejemplo de aplicación:** enlaces de 10 GbE conectan distintas oficinas gubernamentales con Fibra Óptica en el gran San Miguel de Tucumán.

LAN de alta velocidad: desde los 10 Mbps hasta los 100 Gbps

Familia de protocolos Ethernet: 10 Giga Ethernet (802.3ae y 802.3an)

Características principales

- Mantiene el formato de trama 802.3
- Mantiene el tamaño mínimo y máximo de trama Ethernet
- No soporta Jumbo Frame
- No usa modo Half Duplex
- Desactiva el CSMA/CD
- LAN PHY a 10 GB
- WAN PHY a 9.29 GB, encapsulado en una trama SONET
- Interfaces Electrónicas más comunes
- **XENPACK**: es la más antigua, mayor tamaño, no se fabrican.
- **SFP+**: es la más moderna y de menor tamaño.

LAN de alta velocidad: desde los 10 Mbps hasta los 100 Gbps

Familia de protocolos Ethernet: 10 Giga Ethernet (802.3ae y 802.3an)

- ✓ Cables de fibra óptica (802.3ae) y Twinaxial de Cobre
 - 10GBASE-SR (Long. de onda: 850 nm sobre fibra multimodo). Hasta 300 m (sobre fibra multimodo de 50 Micrones)
 - Desde 26 a 82 m sobre fibra estándar.
 - 10GBASE-LR (Long. de onda: 1310 nm sobre fibra monomodo). Hasta 10 km.
 - 10GBASE-ER (Long. de onda: 1550 nm sobre fibra monomodo). Hasta 40 km.
 - 10GBASE-LX4 (Long. de onda: 1310 nm sobre mono/multimodo). Hasta 10 km (monomodo).
 - 10GBASE-BX: Fibra Monomodo, un solo “pelo”, hasta 20 Km, conector LC Simplex
 - 10GBase-CR: Cables Twinaxial (DAC) con módulos SFP+ incorporados. Long. Max: 7 mts.
- ✓ Cables de cobre (802.3an)
 - 10GBase-T: Sobre UTP CAT6A y CAT7 (para UTP CAT6 - 55 mts)

LAN de alta velocidad: desde los 10 Mbps hasta los 100 Gbps

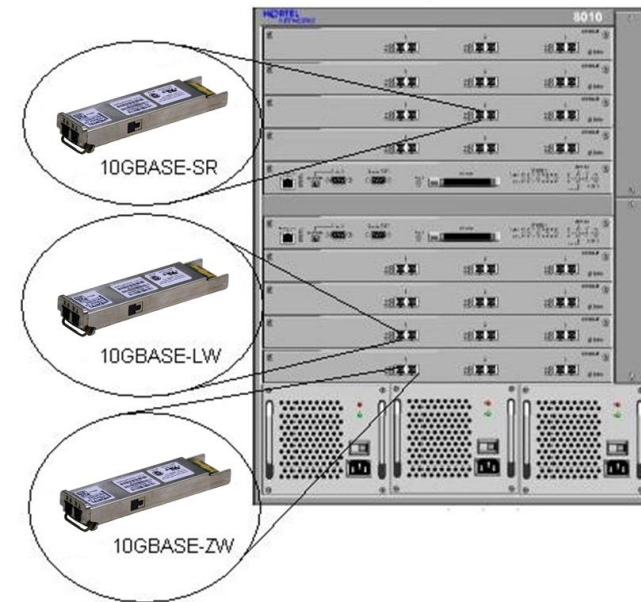
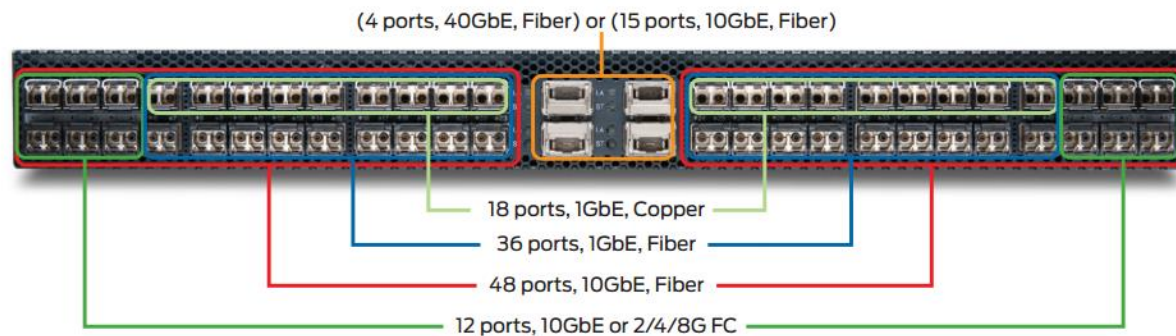
Familia de protocolos Ethernet: 10 Giga Ethernet PoE

802.3bt (PoE++ o 4PPoE)

- ✓ Año: 2018 Velocidad compatible: hasta 10 Gbps, pero también se usa con 1 Gbps
- ✓ Tipo 3: 4 pares
- ✓ Tipo 4: 4 pares
- ✓ Potencia entregada:
 - ✓ Tipo 3: hasta 60 W
 - ✓ Tipo 4: hasta 100 W

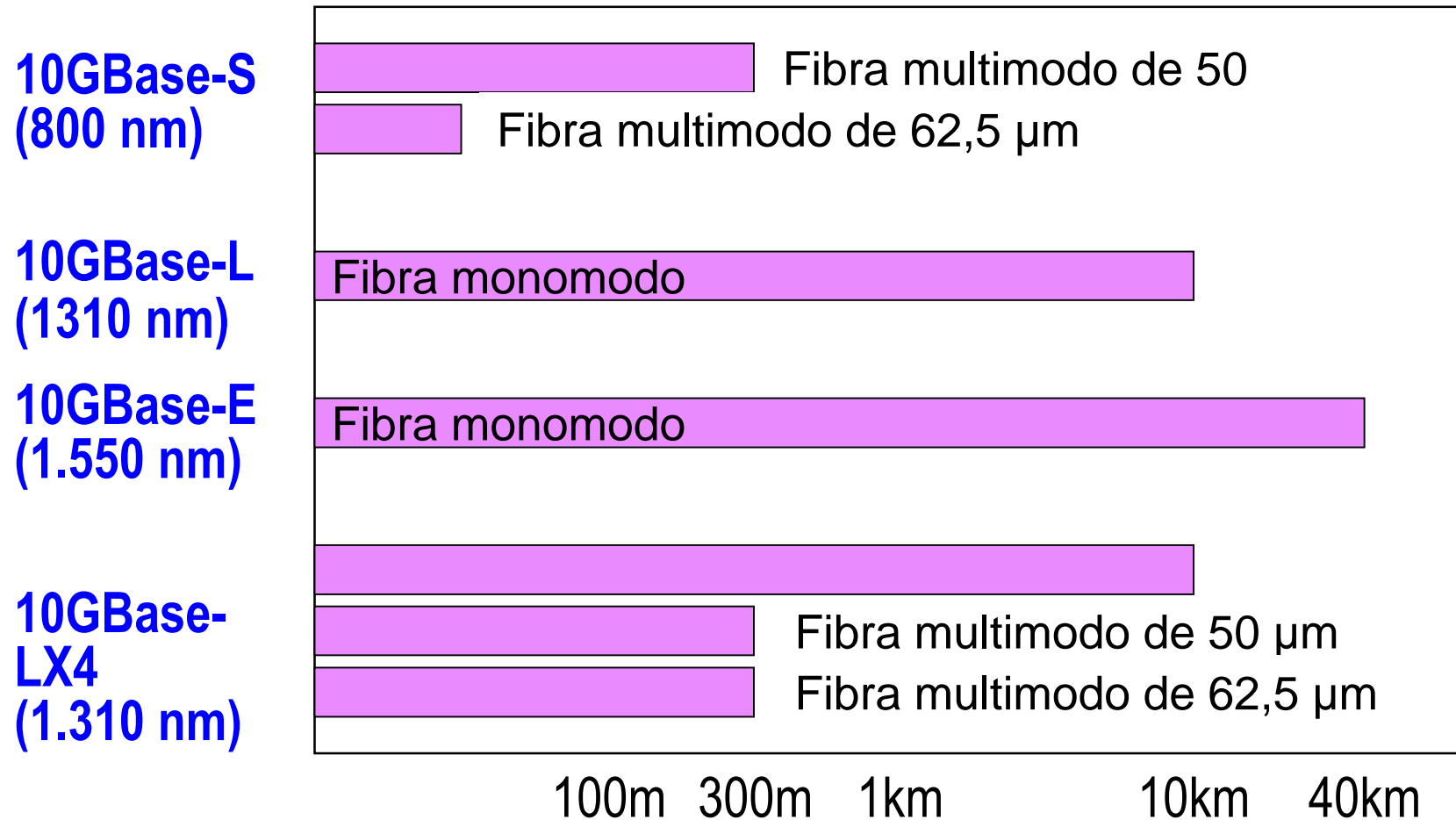
LAN de alta velocidad: desde los 10 Mbps hasta los 100 Gbps

Familia de protocolos Ethernet: 10 Giga Ethernet (802.3ae y 802.3an)



LAN de alta velocidad: desde los 10 Mbps hasta los 100 Gbps

Familia de protocolos Ethernet: 10 Giga Ethernet (802.3ae y 802.3an)



LAN de alta velocidad: desde los 10 Mbps hasta los 100 Gbps

Familia de protocolos Ethernet: 10 Giga Ethernet (802.3ae y 802.3an)

Aplicaciones en Redes LAN

- ✓ La tecnología Ethernet ya es la tecnología más implementada para entornos LAN de alto rendimiento.
- ✓ La LAN ahora puede llegar más lejos y soportar aplicaciones que consumen ancho de banda.
- ✓ Con 10 GBE instalados en el backbone, se puede ofrecer servicio Gigabit Ethernet en las estaciones de trabajo y, eventualmente, en el escritorio para admitir aplicaciones como transmisión de video, imágenes médicas, aplicaciones centralizadas y gráficos de alta calidad.

LAN de alta velocidad: desde los 10 Mbps hasta los 100 Gbps

Familia de protocolos Ethernet: 10 Giga Ethernet (802.3ae y 802.3an)

Aplicaciones en Redes MAN y SAN

- ✓ 10 Gigabit Ethernet ya se está implementando como una tecnología troncal para redes metropolitanas de fibra oscura.
- ✓ Con las interfaces apropiadas de 10 Gigabit Ethernet, los transceptores ópticos y la fibra monomodo, los proveedores de servicios pueden construir enlaces de hasta 40 km o más.
- ✓ 10 Gigabit Ethernet proporciona infraestructura tanto para el almacenamiento conectado a la red (NAS) como para las redes de área de almacenamiento (SAN).

LAN de alta velocidad: desde los 10 Mbps hasta los 100 Gbps

Familia de protocolos Ethernet: 10 Giga Ethernet (802.3ae y 802.3an)

Aplicaciones en Redes WAN

- ✓ 10 Gigabit Ethernet permitirá a los proveedores de servicios de Internet (ISP) y proveedores de servicios de red (NSP) crear enlaces de muy alta velocidad a un costo muy bajo, entre conmutadores y enrutadores de clase portadora y equipos ópticos que están directamente conectados a la nube de SONET / SDH.
- ✓ 10 Gigabit Ethernet con WAN PHY también permitirá la construcción de WAN que conecten LAN dispersas geográficamente entre campus o POP (puntos de presencia) sobre redes SONET / SDH / TDM existentes.

LAN de alta velocidad: desde los 10 Mbps hasta los 100 Gbps

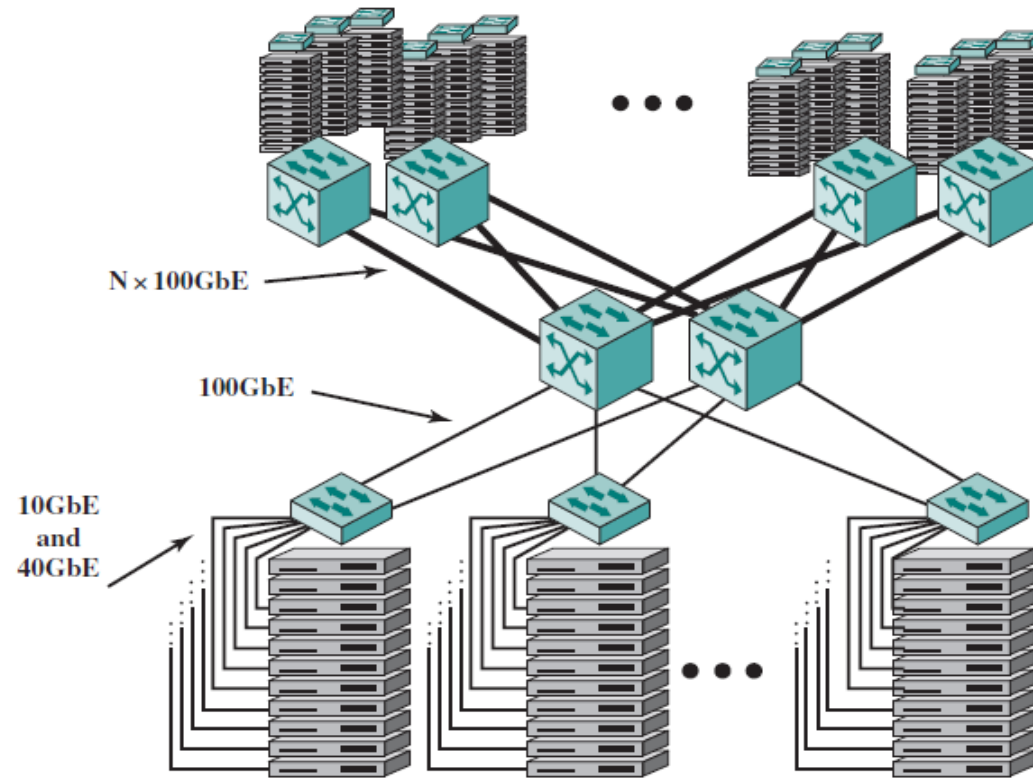
Familia de protocolos Ethernet: 40- 100 Gigabit Ethernet (802.3ba, 802.3bg, 802.3bj y 802.3bm)

Características

- ✓ Conserve el formato de trama Ethernet 802.3
- ✓ Conserva el tamaño mínimo y máximo de la trama del estándar 802.3 actual
- ✓ Admite una tasa de error de bits (BER) mejor o igual que 10^{-12} en la interfaz de servicio MAC / PLS
- ✓ Brindar el soporte adecuado para OTN
- ✓ Admite velocidades de datos MAC de 40 y 100 Gbit / s
- ✓ Proporcione especificaciones de capa física (PHY) para el funcionamiento a través de fibra óptica monomodo (SMF), fibra óptica multimodo optimizada para láser (MMF) OM3 y OM4, y cables de cobre

LAN de alta velocidad: desde los 10 Mbps hasta los 100 Gbps

Familia de protocolos Ethernet: 40- 100 Gigabit Ethernet (802.3ba, 802.3bg, 802.3bj y 802.3bm): USOS



LAN de alta velocidad: desde los 10 Mbps hasta los 100 Gbps

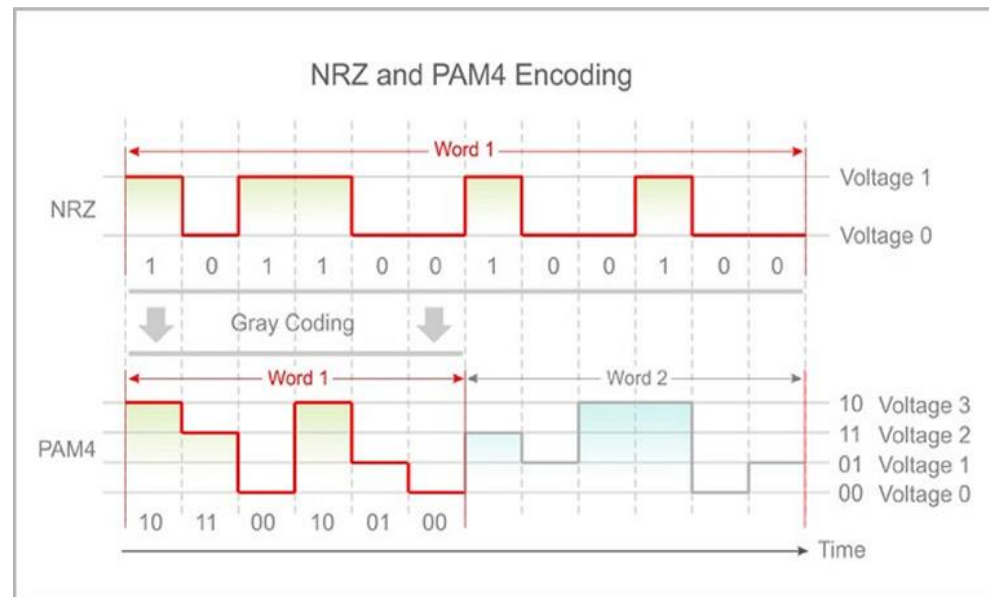
Familia de protocolos Ethernet: 40- 100 Gigabit Ethernet (802.3ba, 802.3bg, 802.3bj y 802.3bm)

Physical layer	40 Gigabit Ethernet	100 Gigabit Ethernet
Backplane		100GBASE-KP ₄
Improved Backplane	40GBASE-KR ₄	100GBASE-KR ₄
7 m over twinax copper cable	40GBASE-CR ₄	100GBASE-CR ₁₀ 100GBASE-CR ₄
30 m over " Cat.8 " twisted pair	40GBASE-T	
100 m over OM ₃ MMF	40GBASE-SR ₄	100GBASE-SR ₁₀
125 m over OM ₄ MMF ^[18]		100GBASE-SR ₄
2 km over SMF, serial	40GBASE-FR	100GBASE-CWDM ₄ ^[21]
10 km over SMF	40GBASE-LR ₄	100GBASE-LR ₄
40 km over SMF	40GBASE-ER ₄	100GBASE-ER ₄

LAN de muy alta velocidad: 200 y 400 Gbps

Familia de protocolos Ethernet: 200 y 400 Gbps (802.3bs) – 2017

- ✓ Necesidad de procesar más símbolos por segundo
- ✓ Mejorar el algoritmo de modulación para admitir más bits por símbolo
- ✓ Requiere la implementación de nuevos módulos, conectores y cables



LAN de muy alta velocidad: 200 y 400 Gbps

Familia de protocolos Ethernet: 200 y 400 Gbps (802.3bs) – 2017

Nombre	Tipo Fibra	Fibras Tx	Carriles	Alcance	Codificación
400GBASE-SR16	MMF	16	16 x 25 Gbps	70 m (OM3) 100 m (OM4)	NRZ
400GBASE-DR4	SMF	4	4 x 100 Gbps	500 m	PAM ₄
400GBASE-FR8	SMF	1	8 x 50 Gbps (WDM)	2 km	PAM ₄
400GBASE-LR8	SMF	1	8 x 50 Gbps (WDM)	10 km	PAM ₄
200GBASE-DR4	SMF	4	4 x 50 Gbps	500 m	PAM ₄
200GBASE-FR4	SMF	1	4 x 50 Gbps (WDM)	2 km	PAM ₄
200GBASE-LR4	SMF	1	4 x 50 Gbps (WDM)	10 km	PAM ₄

Codificación Ethernet de Alta Velocidad

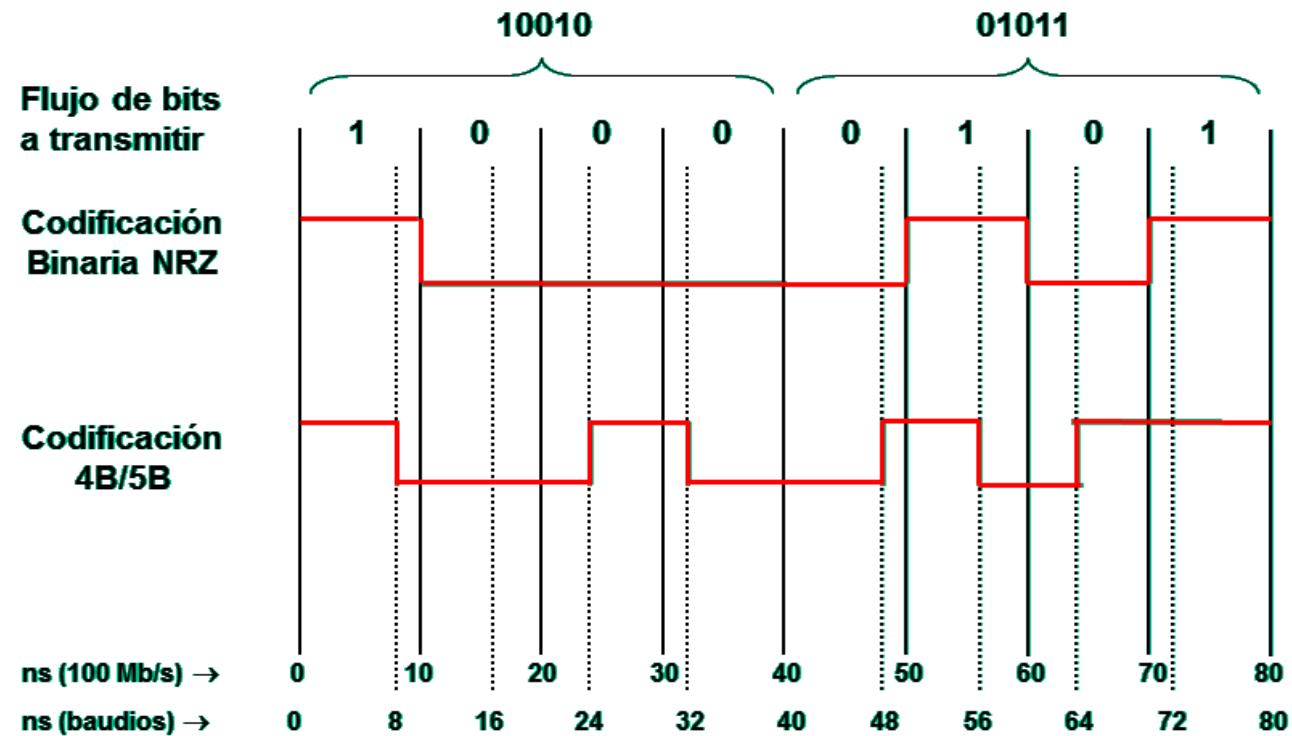
Codificación 4B/5B

Código 4B/5B	
Bits	Símbolo
0000	11110
0001	01001
0010	10100
0011	10101
0100	01010
0101	01011
0110	01110
0111	01111
1000	10010
1001	10011
1010	10110
1011	10111
1100	11010
1101	11011
1110	11100
1111	11101

Símbolos especiales	
Bits	Símbolo
IDLE	11111
J	11000
K	10001
T	01101
R	00111
S	11001
QUIET	00000
HALT	00100
No usado	00110
No usado	01000
No usado	01100
No usado	10000
No usado	00001
No usado	00010
No usado	00011
No usado	00101

Codificación Ethernet de Alta Velocidad

Codificación 4B/5B



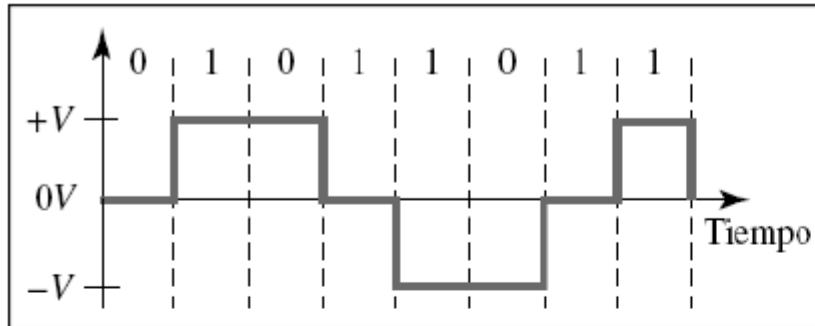
Codificación Ethernet de Alta Velocidad

Codificación 4B/5B: Ventajas

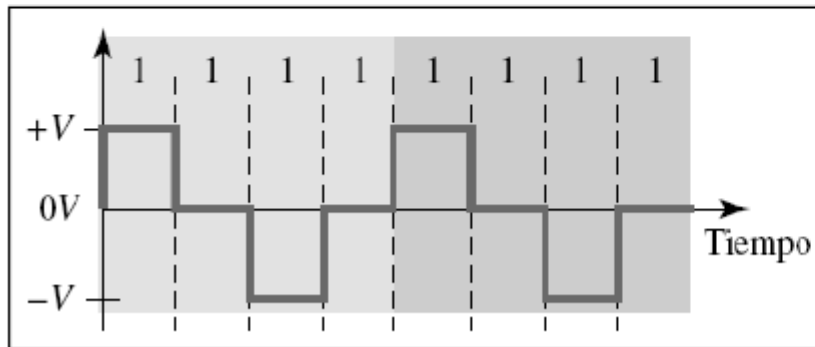
- ✓ 4 bits en 5 baudios. Eficiencia 80% (4/5)
- ✓ Para transmitir 100 Mbps se necesitan 125 Mbaudios (con Manchester hubiera necesitado 200 Mbaudios)
- ✓ Al poder usar frecuencias más bajas, se puede usar cable más barato (Cat. 5)
- ✓ En la fibra óptica los pulsos no son tan breves como si fuera Manchester

Codificación Ethernet de Alta Velocidad

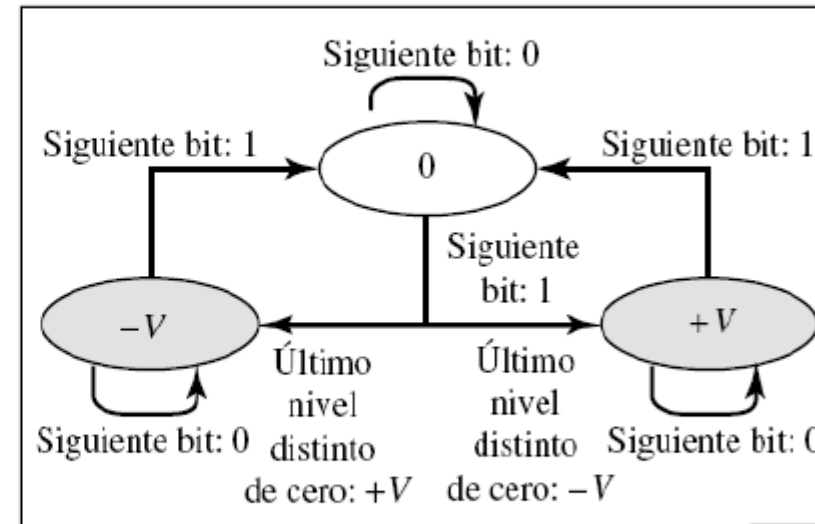
Codificación MLT-3



a. Caso típico



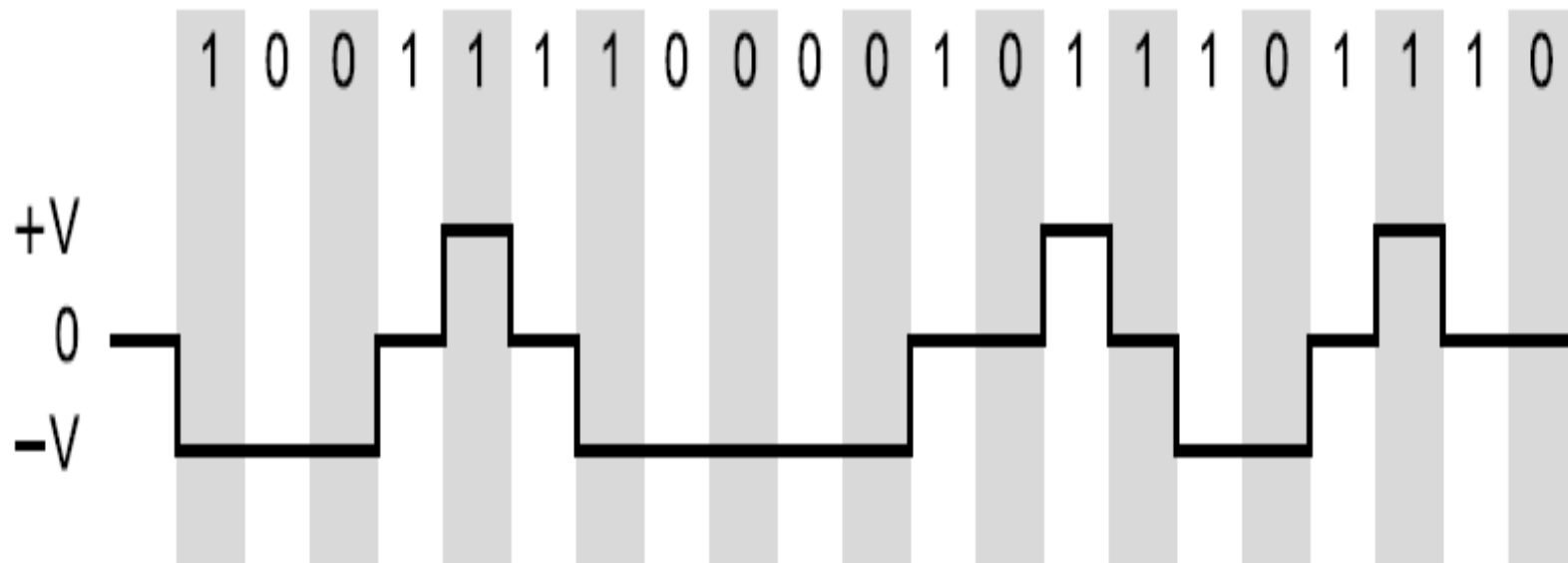
b. Caso peor



c. Estados de transición

Codificación Ethernet de Alta Velocidad

Codificación MLT-3



Codificación Ethernet de Alta Velocidad

Codificación 8B/10B

Rules for Running Disparity

Previous RD	Disparity of code word	Disparity chosen	Next RD
-1	0	0	-1
-1	± 2	+2	+1
+1	0	0	+1
+1	± 2	-2	-1

3b/4b code

input		RD = -1	RD = +1	input		RD = -1	RD = +1
	HGF	fghj			HGF	fghj	
D.x.0	000	1011	0100	K.x.0	000	1011	0100
D.x.1	001	1001		K.x.1	001	0110	1001
D.x.2	010	0101		K.x.2	001	1010	0101
D.x.3	011	1100	0011	K.x.3	011	1100	0011
D.x.4	100	1101	0010	K.x.4	100	1101	0010
D.x.5	101	1010		K.x.5	001	0101	1010
D.x.6	110	0110		K.x.6	001	1001	0110
D.x.P7	111	1110	0001				
D.x.A7	111	0111	1000	K.x.7	111	0111	1000

5B/6B code

input		RD = -1	RD = +1	input		RD = -1	RD = +1
	EDCBA	abcdei			EDCBA	abcdei	
D.00	00000	100111	011000	D.16	10000	011011	100100
D.01	00001	011101	100010	D.17	10001	100011	
D.02	00010	101101	010010	D.18	10010	010011	
D.03	00011	110001		D.19	10011	110010	
D.04	00100	110101	001010	D.20	10100	001011	
D.05	00101	101001		D.21	10101	101010	
D.06	00110	011001		D.22	10110	011010	
D.07	00111	111000	000111	D.23	10111	111010	000101
D.08	01000	111001	000110	D.24	11000	110011	001100
D.09	01001	100101		D.25	11001	100110	
D.10	01010	010101		D.26	11010	010110	
D.11	01011	110100		D.27	11011	110110	001001
D.12	01100	001101		D.28	11100	001110	
D.13	01101	101100		D.29	11101	101110	010001
D.14	01110	011100		D.30	11110	011110	100001
D.15	01111	010111	101000	D.31	11111	101011	010100
				K.28	11100	001111	110000

Codificación Ethernet de Alta Velocidad

Codificación 8B/10B: Ventajas

- ✓ Cada 8 bits de datos se transforman en 10 bits para su transmisión
- ✓ Se puede implementar utilizando transceptores relativamente sencillos y fiables de bajo coste.
- ✓ Presenta una buena compensación, con mínimas desviaciones en la ocurrencia de un número igual de bits 0 y 1 a lo largo de una secuencia.
- ✓ Proporciona una buena densidad de transiciones para una fácil recuperación del sincronismo.
- ✓ Proporciona una capacidad útil de detección de errores.

Codificación Ethernet de Alta Velocidad

Codificaciones usadas por la familia Ethernet

Medio	Veloc. (Mb/s)	Codificación	Pares	Mbaudios	Eficiencia	Cable
10BASE-T	10	Manchester	1	20	50%	UTP-3
100BASE-X	100	4B/5B	1	125	80%	UTP-5
1000BASE-X	1000	8B/10B	1	1250	80%	F.O.
10GBASE-R	10000	64B/66B	1	10300	97%	F.O.
1000BASE-TX	250	PAM-5	4	125	200%	UTP-5e
10GBASE-T	2500	PAM-16	4	833	300%	UTP-6a

Temas a tratados

1. Puente (bridge)
2. Conmutador (Switch)
3. VLAN's
4. Redes LAN de alta velocidad
5. Redes LAN de muy alta velocidad
6. Codificación Ethernet de alta velocidad

Fin Módulo 8