

Sección 4 – Parte 3ª

# **ETHERNET Y SISTEMAS DE INTERCONEXIÓN**

# Ethernet y sistemas de interconexión

## Introducción

Ya se ha mencionado en este módulo la existencia de las redes de datos y se han clasificado en varios grupos por su alcance geográfico. En la práctica, las redes se pueden dividir en dos grandes grupos, las redes **LAN y las WAN**. Tanto unas como otras se han ido desarrollando, para dar servicio a organizaciones, empresas, hogar, etc. y para sumergirnos en la llamada '**globalización**' a través de la WAN más importante de todas: Internet.

Al principio, diferentes tecnologías de red emergieron para dar cobertura a estas necesidades, pero al cabo de los años, una tecnología es la que **copa el mercado de las comunicaciones de datos en casi un 100%, la tecnología Ethernet**. El éxito de Ethernet está basado fundamentalmente en su **alta capacidad de evolución y adaptación**. Cabe destacar que en sus comienzos la velocidad inicial era de **3 Mbps usando cable coaxial** y que en la actualidad existen **redes de 10Gbps** que usan pares trenzados, fibra óptica u otros medios físicos de comunicación.

Ethernet fue desarrollada por la empresa **Xerox en 1973** para comunicaciones de datos es los sistemas de esta firma y proporciona las funciones de las capas física y de nivel de enlace en la estructura de capas OSI vista en temas anteriores. En su creación se intentó que fuese simple y flexible en su concepción, que ofreciese gran velocidad de transferencia de datos y protección ante errores y que la instalación del cableado fuese sencilla y a ser posible económica.

La unión posterior de Digital, Intel y Xerox a nivel de investigación (DIX) hizo posible la primera versión oficial de Ethernet en 1980, con una velocidad de 10Mbps sobre cable coaxial (grueso primero y fino después, thick / thin). Las empresas podían fabricar productos Ethernet a 10Mbps abonando una pequeña cuota al grupo DIX, lo cual facilitó su expansión.

En 1982, el grupo DIX publicó una nueva versión conocida como Ethernet II.

La organización IEEE, basándose en la definición de Ethernet, creó el estándar IEEE 802.3. Es común usar 'Ethernet' para referirnos al estándar IEEE 802.3 o al Ethernet II.

Siguiendo con su evolución, en **1995** se extendió la norma para velocidades de **100 Mbps**, este estándar se denominó **FastEthernet**, aunque actualmente es el más usado y está siendo sustituido por la siguiente evolución de **1998**, llamada **Gigabit Ethernet** y con velocidades de **1 Gbps** sobre fibra óptica, en **1999** se extendió **Gigabit** a cable de pares trenzados sin apantallar (**UTP**).

La evolución continúa y desde 2002 hay publicadas extensiones para velocidades de **10 Gbps**. Desde 2011 se está trabajando en definiciones Ethernet para **40 Gbps y 100 Gbps**.

# Ethernet y sistemas de interconexión

## El modelo OSI, IEEE 802.3 y Ethernet

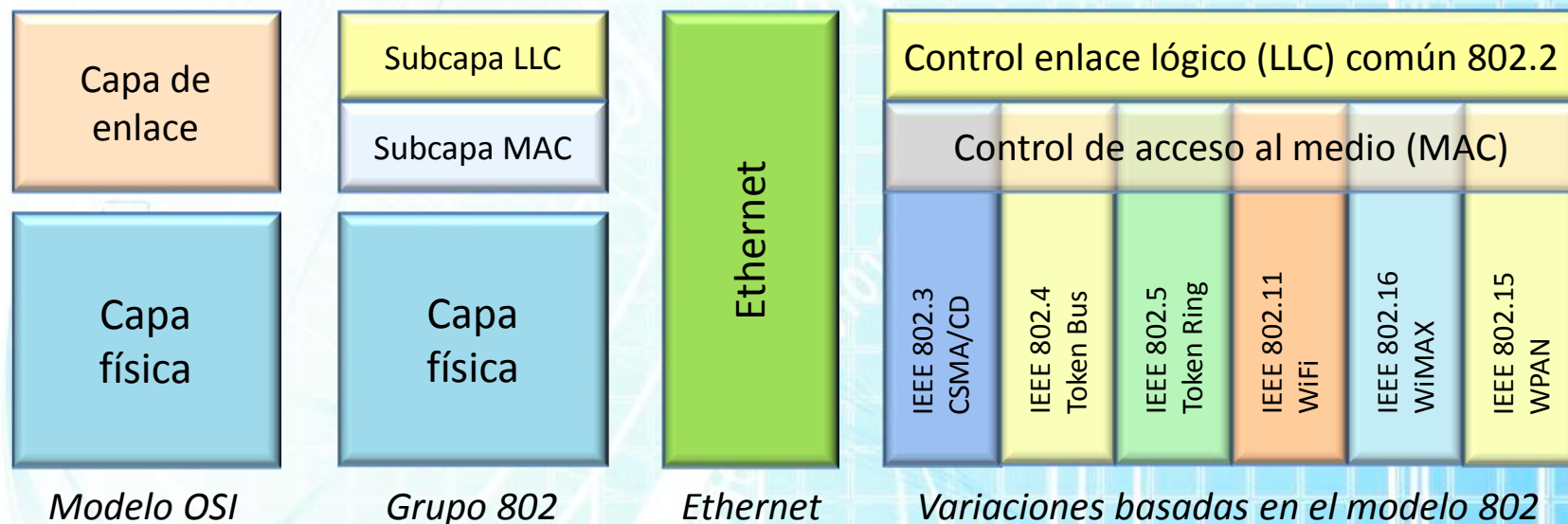
Anteriormente hemos visto que **primero se creó Ethernet**, a continuación el **modelo OSI** y después el **IEEE creó el comité 802** para definir las redes de datos intentando **respetar el estándar OSI y las definiciones Ethernet del grupo DIX**.

En 1985 IEEE publicó la norma **IEEE 802.3 con carácter abierto** para que cualquier fabricante pudiese implementarla sin necesidad de pagar ningún tipo de derechos.

El estándar **IEEE 802.3** definido tiene algunas pequeñas **diferencias con respecto al modelo OSI** y respecto al modelo **Ethernet**, aunque se consideran **compatibles**, más adelante veremos esas diferencias.

El estándar IEEE 802.3 fue el primero, pero a continuación **se definieron otros modelos**: el IEEE 802.4 (*Token Bus*), el IEEE 802.5 (*Token Ring*) que compitieron con 802.3, al final se impuso el estándar IEEE 802.3.

Hay **nuevas definiciones** relacionadas con las redes telemáticas tales como el **IEEE 802.11 (Wi-Fi)**, el **IEEE 802.15.1 (Bluetooth)** o el **IEEE 802.16 (WiMAX)**. Así mismo, se han realizado multitud de **revisiones del IEEE 802.3** para adaptarlo a los nuevos avances en las redes locales.





# Ethernet y sistemas de interconexión

## El modelo OSI, IEEE 802.3 y Ethernet

Como se puede ver en el gráfico anterior la **capa de enlace está dividida en dos subcapas** en el estándar 802, estando vinculada la capa de control de **acceso al medio (MAC)** al **hardware (capa física)** y de ahí hacia 'arriba', **capa LLC**, ya existe **independencia del hardware** y las capas tienen el mismo modelo.

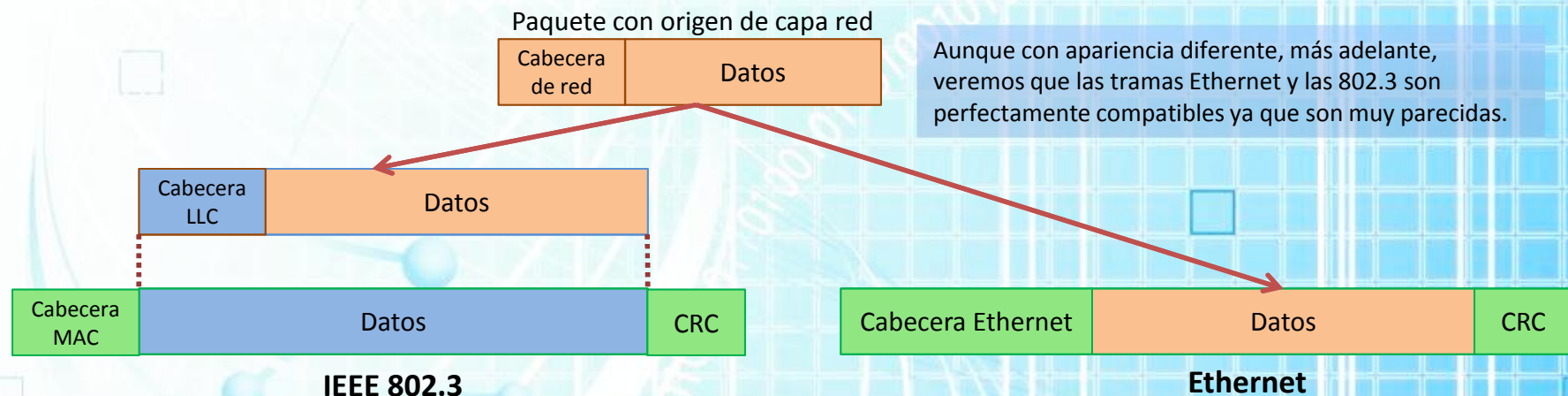
Capa de **control de enlace lógico (LLC)**: definido por IEEE 802.2

La **subcapa LLC es la diferencia principal entre el estándar definido por el IEEE y el Ethernet**, esta subcapa **no existe en Ethernet**. Esta subcapa ya **no depende del hardware**, recibe la información de la **capa superior (capa de red)** y **pasa la información a la MAC**, se comporta de igual forma independientemente de la implementación inferior, ofreciendo una interfaz común con **formato único de datos**, ocultando las diferencias que encontraremos en niveles inferiores para distintos tipos de redes (ver figura página anterior).

Incorpora su propia cabecera de datos para encapsular los datos que vengan de la capa de red (superior).

### Ethernet

Ethernet, propone funcionalidad de la **capa física y de enlace del modelo OSI**. Especifica características de *cableado, conectores, codificación, velocidad, etc. además de las funciones de la capa de enlace, direccionamiento físico, control de acceso al medio, codificación, control de errores, etc.* Los cambios y evolución de hardware han obligado a desarrollar **nuevas especificaciones en la parte de gestión física de Ethernet**, evitando en lo posible los cambios en la parte de las funciones de enlace.



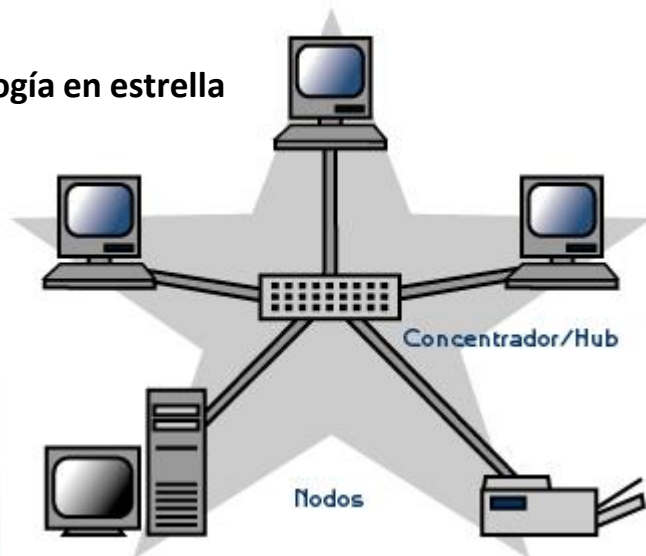


# Ethernet y sistemas de interconexión

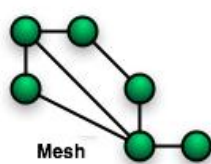
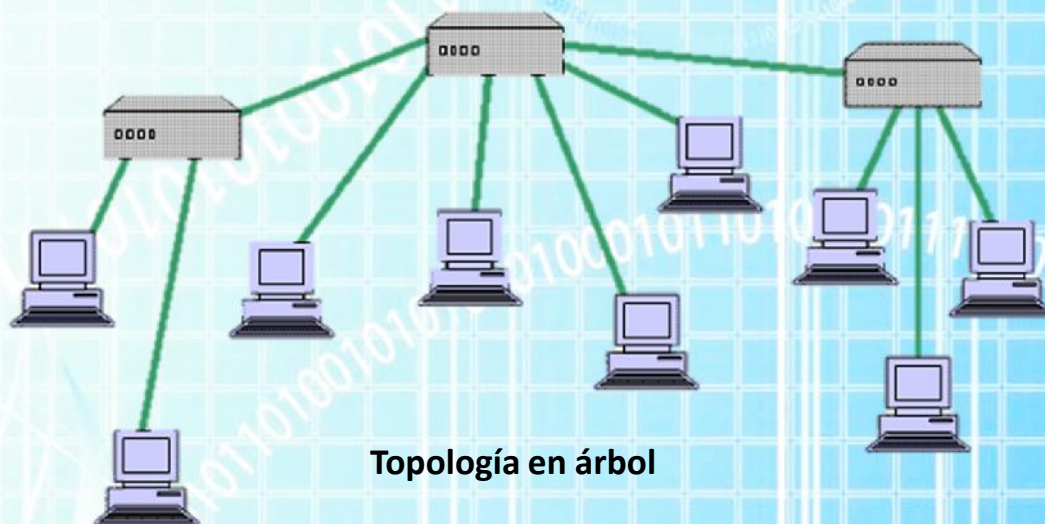
## Elementos de una red Ethernet

En la sección anterior, se habló de las **topologías existentes en las redes LAN**, en el caso de las redes **Ethernet / IEEE 802.3**, después del **comienzo con cables coaxiales**, se ha pasado al cableado mediante **pares trenzados**. Aunque existen otras formas de conexión, tales como la fibra óptica, la **gran mayoría de las redes LAN usan conexiones de pares por su versatilidad, buen funcionamiento, facilidad de instalación y economía**. Debido a la forma en que se conectan los equipos mediante cables de pares trenzados, la topología LAN, en casi el **100% de los casos es en 'estrella' o en 'árbol'**. En las siguientes imágenes podemos ver unos ejemplos de lo indicado:

Topología en estrella



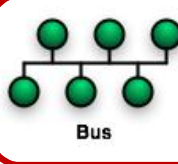
Topología en árbol



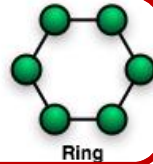
Mesh



Fully Connected



Bus



Ring

Topologías no usadas u obsoletas

# Ethernet y sistemas de interconexión

## Elementos de una red Ethernet

En casi todos los ámbitos es posible encontrar ya redes LAN, desde el hogar a todos tipo de empresas e instituciones y de alguna forma ya estamos familiarizados con algunos elementos que forman partes de las redes LAN.



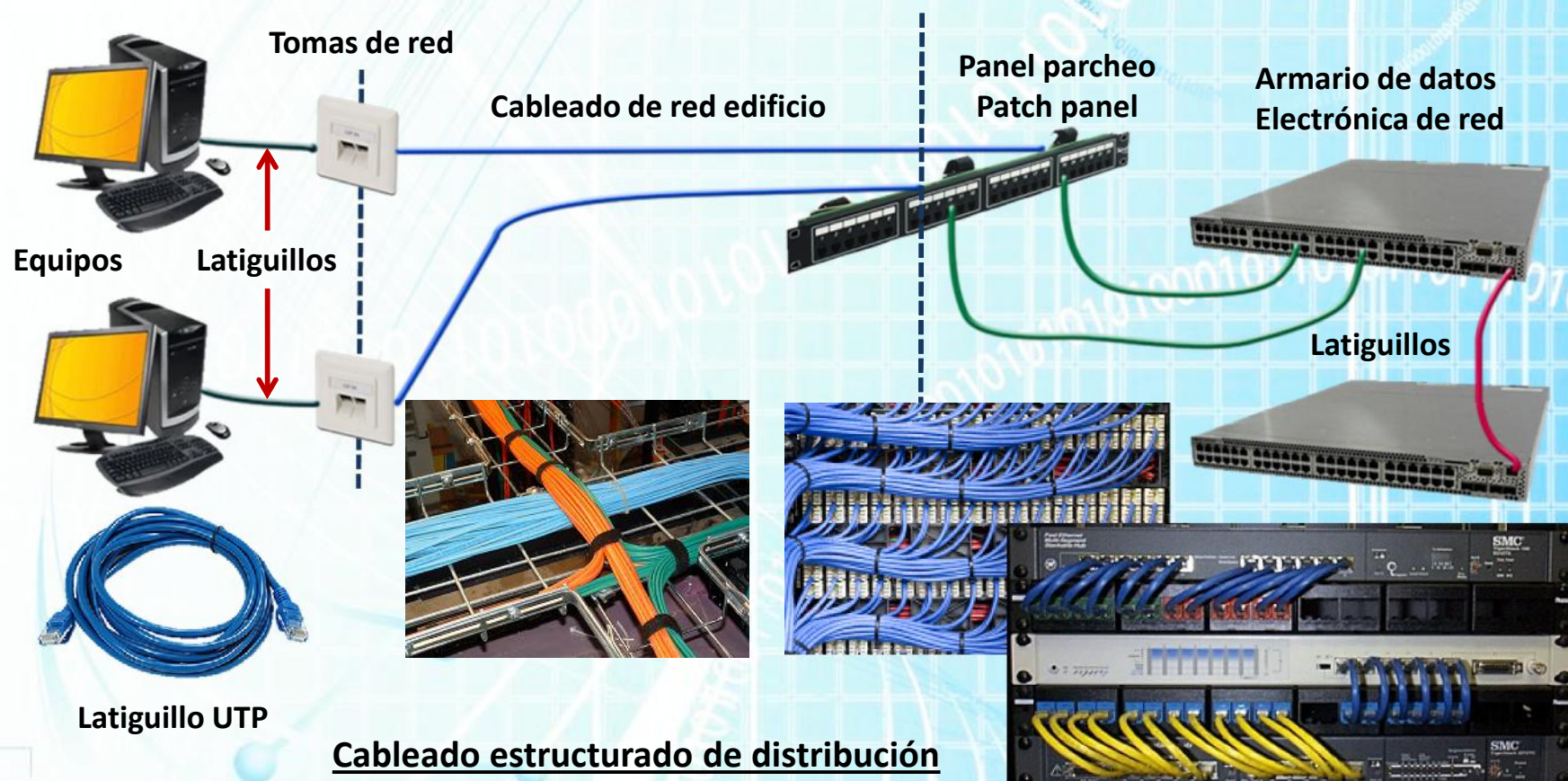
En las figuras podemos observar un **latiguillo de conexión**, **rosetas para conexión red de superficie**, **tarjeta de red para ordenador**, **toma de red en ordenador**, **conmutadores de red**, un **router ADSL**.



# Ethernet y sistemas de interconexión

## Elementos de una red Ethernet

En general, podemos encontrar que los **dispositivos de usuario se conectan a una toma de servicio de red** con un latiguillo, desde ese punto, existe un **cableado, normalmente oculto, por suelo, techo, canalizaciones**, etc. que lleva hasta un **armario de datos**, finalizando en un '**panel de parcheo**', en el armario de datos, se conectará la **toma del panel de parcheo a la electrónica de red** que sea preciso, típicamente un **switch o conmutador**. Es bastante común que si la red tiene un tamaño importante, **varios switches se conecten entre si** para dar servicio a **más usuarios**.



### Cableado estructurado de distribución

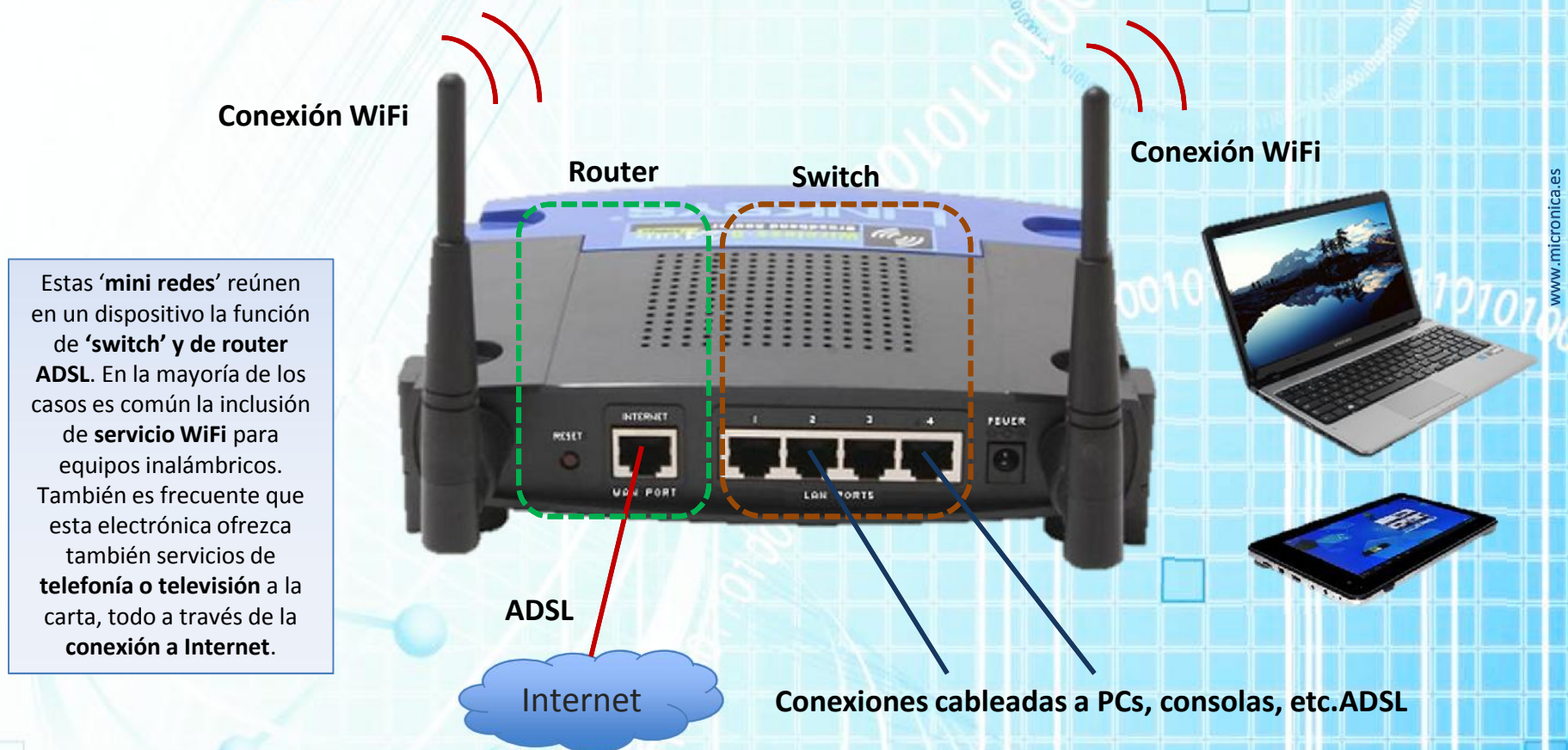
Sistemas Informáticos y Redes Locales



# Ethernet y sistemas de interconexión

## Elementos de una red Ethernet

En **viviendas y en empresas muy pequeñas, tiendas, locales comerciales, etc.** pueden existir **pequeñas 'redes locales'** para dar servicio a muy **pocos clientes con una organización mucho más simple**. Estas redes normalmente tienen como **objetivo el acceso a Internet** y se suelen componer de un **router/switch** y de la **conexión a los clientes**.



Estas '**mini redes**' reúnen en un dispositivo la función de '**switch**' y de **router ADSL**. En la mayoría de los casos es común la inclusión de **servicio WiFi** para equipos inalámbricos. También es frecuente que esta electrónica ofrezca también servicios de **telefonía o televisión** a la carta, todo a través de la **conexión a Internet**.

# Ethernet y sistemas de interconexión

## Elementos de una red Ethernet

Resumiendo, en una red cableada común nos encontraremos los siguientes elementos:

- **Dispositivos clientes con tomas de red RJ-45.** Típicamente *ordenadores*, aunque cada vez existen más equipos diversos que usan esta tecnología para comunicarse: *impresoras, sistemas de control de acceso, controles horarios, sistemas de seguridad, equipos de control, etc.*
- **Cable de conexión del dispositivo a la 'roseta' o punto de conexión de red más cercano.** Se realizará con un *latiguillo UTP* con *terminales RJ-45*.
- **Cableado de las rosetas de conexión a los armarios de datos.** Cables *UTP identificados* y canalizados por *falso suelo, falso techo, bandejas, canaletas, etc.* Los *extremos de este cableado van conectados* a las rosetas y a los '*paneles de parcheo de los armarios*'. Ver fig. anterior.
- **Conexión del panel de parcheo (toma de usuario) a la electrónica de red correspondiente,** normalmente un switch cercano al panel de parcheo situado en el mismo armario de datos. Esta conexión se realiza mediante unos *latiguillos UTP con clavijas RJ-45* en los extremos.
- **Conexiones entre electrónica.** Es común que existan *diferentes 'switches' y diferentes armarios*, para *conectarlos entre sí* y que todos los equipos se integren en la *misma LAN* se usarán conexiones *UTP, de fibra óptica o propietarias de los switches*. Estas conexiones suelen ser de *velocidad superior a la normal ya que soportan más tráfico*.

Si la *LAN (red de área local)* se conecta a otras redes o a Internet, esta conexión se realizará a través de dispositivos especiales llamados '*routers*', que suelen conectarse a la LAN vía cable UTP. Estos dispositivos *no se estudian en este capítulo*.



# Ethernet y sistemas de interconexión

## Elementos de una red Ethernet

### Conexión de dispositivos

Los **dispositivos (S.I.)** se conectan a la red mediante un hardware conocido como '**toma de red**' o '**tarjeta de red**'. En realidad se trata de una **circuitería electrónica** incorporada en el sistema o una 'tarjeta' que se inserta en el mismo. Actualmente casi todos los sistemas incorporan esta electrónica, aunque también se puede añadir en '**slots**' de expansión. En inglés se conoce a este dispositivo como **NIC** (Network Interface Card). La conexión se realiza mediante toma **RJ-45 y pares trenzados**, aunque existen tarjetas con otros tipos de conexión, por ejemplo de **fibra óptica**.



Dos conexiones RJ-45 UTP



Dos conexiones para interfaz fibra



En placa base sistema informático

### Tarjetas de red (NICs)

Estos dispositivos se encargan de las tareas relacionadas con las **capas 1 y 2 del modelo de referencia OSI**. Claramente, la **capa física le corresponde a la electrónica de red**, pero incluso **funciones de la capa 2 se realizan en las tarjetas de red**.

Al estar fabricadas con diferentes chips y por diferentes empresas, para que funcionen adecuadamente con un Sistema Operativo, suele ser precisa la **instalación de un software conocido como 'driver' o 'controlador'**. Este software permite el diálogo entre el S.O. y la tarjeta ciñéndose a los estándares prefijados.

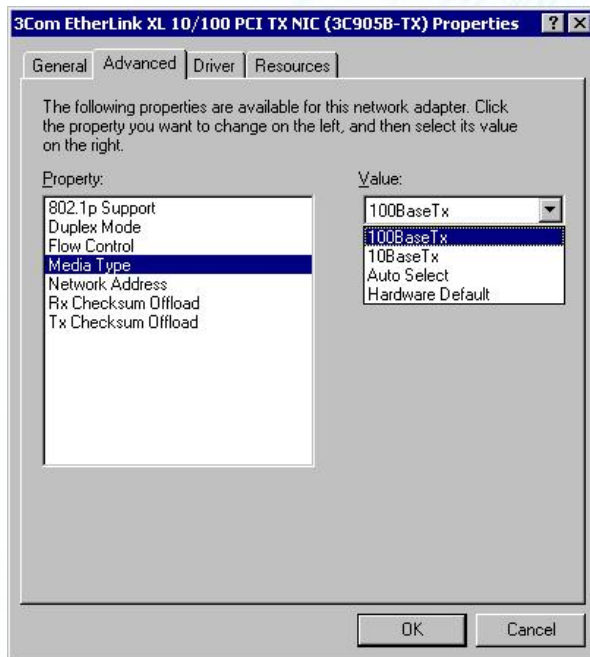
Es muy común que los **Sistemas Operativos incluyan los controladores** de muchos modelos diferentes de tarjetas de red, pero en algunos casos, **de no ser así**, precisaremos el controlador (**driver**) desarrollado por el fabricante de la tarjeta.

# Ethernet y sistemas de interconexión

## Elementos de una red Ethernet

### Tarjetas de red

El software de los controladores no es accesible al usuario, pero los **sistemas operativos** permiten que se puedan configurar algunos **parámetros de la tarjeta de red**. En la **mayoría de los casos se usa la configuración por defecto**, pero en otros puede ser necesario **ajustar estos parámetros**.



A veces se pueden dar casos de **problemas de negociación de velocidad** entre dispositivos y la única solución es **forzar el modo de trabajo de una tarjeta de red**. Esto se puede hacer con utilidades del S.O.

En las figuras inferiores se ve las **recomendaciones** de cómo configurar la placa de red de un **sistema ESX** y la conexión a un switch.

```
systst-ts-116:~ # ethtool eth0
Settings for eth0:
    Supported ports: [ TP ]
    Supported link modes:   10baseT/Half 10baseT/Full
                           100baseT/Half 100baseT/Full
                           1000baseT/Half 1000baseT/Full
    Supports auto-negotiation: Yes
    Advertised link modes:  10baseT/Half 10baseT/Full
                           100baseT/Half 100baseT/Full
                           1000baseT/Half 1000baseT/Full
    Advertised auto-negotiation: Yes
    Speed: 1000Mb/s
    Duplex: Full
    Port: Twisted Pair
    PHYAD: 1
    Transceiver: internal
    Auto-negotiation: on
    Supports Wake-on: g
```





# Ethernet y sistemas de interconexión

## Características capa 2 en Ethernet

Como se indicó antes, *Ethernet se desarrolló antes que el modelo OSI*, la *capa o nivel 2 ha mantenido en el modelo OSI* algunas de las características de Ethernet. En concreto el **direccionamiento físico**, el **formato de la trama** y el **control de errores**.

En cambio la función de **control de enlace** usado en las configuraciones Ethernet tradicionales *no se usa en la mayoría de los casos*, aunque *se mantienen las especificaciones para respetar la compatibilidad*.

A continuación vamos a ver las principales funciones de la capa 2:

- Direccionamiento
- Formato de trama
- Control de acceso al medio: CSMA/CD
- Control de errores en Ethernet



# Ethernet y sistemas de interconexión

## Ethernet capa 2: Direccionamiento

Como es lógico, los equipos (S.I.) con conexión de red deben tener **algún identificador único en la red** para que se pueda establecer un **direccionamiento**, es decir *‘¿a quién le envío los datos?’* y *‘¿quien me manda estos datos?’*. Esta *‘dirección’* debe de ser **única en la red** y no debe ser tarea del instalador asignarlas ya que se podrían repetir.

Para conseguir esto, los **fabricantes** de tarjetas de red o de electrónica de red, **asignan una dirección física única en fabricación**.

La **dirección física en las redes Ethernet es un número de 48 bits**, para facilitar su manejo **se agrupan los bits en 6 bytes** y se expresa mediante nomenclatura **hexadecimal**, por ejemplo: **00:12:23:AB:C2:4F**, este número está **almacenado en la circuitería de red**. La dirección física se conoce como **dirección MAC**.

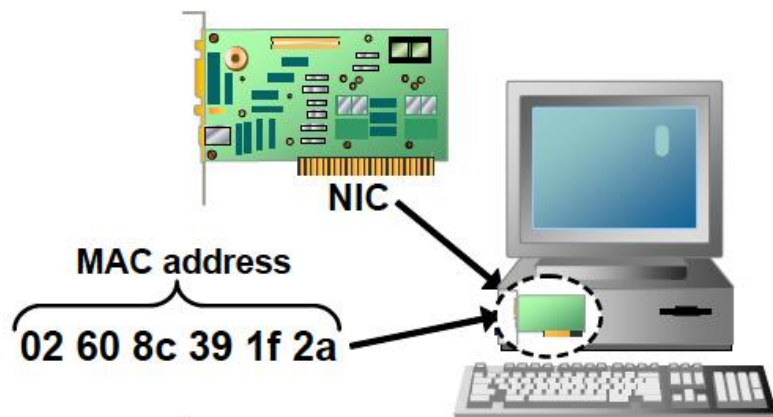
*¿ Como se puede conseguir que esta numeración no se repita y que en fábricas muy distantes se generen números diferentes?.*

La organización **IEEE le asigna a los diferentes fabricantes los primeros tres bytes**, de forma que con estos número podemos identificar a la empresa que fabricó la electrónica de red, este número se denomina **OUI (Organizationally Unique Identifier)**.

**Los siguientes 3 bytes (24 bits), los asigna el fabricante**, que se asegurará que no produce dos tarjetas con las misma numeración.

Realizando unos cálculos rápidos podemos deducir que **cada fabricante puede producir algo más de 16 millones de dispositivos de red**. **En caso de que los agotara podría solicitar otro OUI**.

**Notas:** Un equipo tendrá tantas MAC como tarjetas de red incorpore. La MAC **FF:FF:FF:FF:FF:FF** se reserva como *‘broadcast’*. La MAC **01:00:5e:nn:nn:nn** está reservada para envíos *‘multicast’* (de uno a varios), se verá en la capa 3.



Número de 48 bits – 6 bytes

**AA:BB:CC:DD:EE:FF**

OUI (fabricante)

Nº de NIC



# Ethernet y sistemas de interconexión

## Ethernet capa 2: Direccionamiento

La dirección física (**MAC**) de un interfaz de red *se puede ver mediante comandos sencillos*, por ejemplo, en windows es posible hacerlo mediante el comando **ipconfig /all** y en linux mediante el comando **ifconfig**.

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
C:\Documents and Settings\Corey>ipconfig /all
Windows IP Configuration

Host Name . . . . . : beatyou
Primary Dns Suffix . . . . . : 
Node Type . . . . . : Unknown
IP Routing Enabled. . . . . : No
WINS Proxy Enabled. . . . . : No
DNS Suffix Search List. . . . . : ma.dl.cox.net

Ethernet adapter Local Area Connection:

   Connection-specific DNS Suffix  : ma.dl.cox.net
   Description . . . . . : 
   Physical Address . . . . . : 00-50-2C-A5-F5-73
   DHCP Enabled. . . . . : Yes
   Autoconfiguration Enabled . . . . : Yes
   IP Address . . . . . : 192.168.1.30
   Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
   Default Gateway . . . . . : 192.168.1.2
   DHCP Server . . . . . : 192.168.1.2
   DNS Servers . . . . . : 68.1.208.30
                           68.109.202.25
   Lease Obtained. . . . . : Monday, November 07, 2006
```

Ejemplos de uso de los comandos **ipconfig /all** en windows e **ifconfig** en linux.

```
upubuntu@upubuntu: ~
upubuntu@upubuntu:~$ sudo ifconfig -a
eth0: Link encap:Ethernet HWaddr 32:43:21:ea:bd:40
      inet addr:10.0.2.15 Bcast:10.0.2.255 Mask:255.255.255.0
      inet6 addr: fe80::3043:21ff:feea:bd40/64 Scope:Link
      UP BROADCAST RUNNING MULTICAST MTU:1500 Metric:1
      RX packets:12006 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
      TX packets:7807 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
      collisions:0 txqueuelen:1000
      RX bytes:15699581 (15.6 MB) TX bytes:663653 (663.6 KB)

lo: Link encap:Local Loopback
      inet addr:127.0.0.1 Mask:255.0.0.0
      inet6 addr: ::1/128 Scope:Host
      UP LOOPBACK RUNNING MTU:16436 Metric:1
      RX packets:1028 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
      TX packets:1028 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
      collisions:0 txqueuelen:0
      RX bytes:82996 (82.9 KB) TX bytes:82996 (82.9 KB)

wlan0: Link encap:Ethernet HWaddr 00:a1:b0:0b:7d:de
      UP BROADCAST MULTICAST MTU:1500 Metric:1
      RX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
      TX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
      collisions:0 txqueuelen:1000
      RX bytes:0 (0.0 B) TX bytes:0 (0.0 B)

upubuntu@upubuntu:~$
```

Como se ha comentado la dirección física (**MAC**) *viene determinada por el fabricante*, en raras ocasiones puede ser necesario '*enmascarar*' esta *dirección real y establecer una diferente*, esto es posible en los sistemas operativos mediante *configuración o mediante programación especial*.

# Ethernet y sistemas de interconexión

## Ethernet capa 2: Formato de la trama

La '**trama**' se obtenía con la **división de la información a transmitir en unidades ('paquetes') con un formato preestablecido** a los que se le añaden las **datos de control que son la cabecera y el sistema de control de errores**. Vamos a ver la cabecera **IEEE 802.3**.

### Formato trama 802.3

| Preámbulo | SFD    | Dir. Destino | Dir. Origen | Longitud | Datos         | FCS     |
|-----------|--------|--------------|-------------|----------|---------------|---------|
| 7 bytes   | 1 byte | 6 bytes      | 6 bytes     | 2 bytes  | 46-1500 bytes | 4 bytes |

La trama está dividida en segmentos con una longitud fija (excepto datos) y con una función determinada para cada uno de ellos

- **Preámbulo: 7 bytes** (56 bits) con 1 y 0 alternándose. Cada byte contiene el valor '**10101010**' o lo que es lo mismo '**0xAA/0x55**'. Se usa para establecer la **sincronización entre el emisor y el receptor**.
- **Delimitador comienzo trama (SFD - Start Frame Delimiter): 1 byte** con valor '**10101011** ó **0xAB/0xD5**'. Indica **inicio de trama**.
- **Dirección destino: 6 bytes con la dirección MAC** (física) del dispositivo al que va **destinada la información** (trama).
- **Dirección origen: 6 bytes con la dirección MAC** (física) del dispositivo que **está enviando** la trama.
- **Longitud: 2 bytes con la longitud en bytes de la información**. El valor mínimo es 0 y el máximo es 1.500.
- **Datos:** Este segmento tiene una **longitud variable entre 46 y 1.500 bytes**. En él va incluida la **información de la capa o nivel superior**. Como el **tamaño mínimo de este segmento debe ser de 46 bytes**, si la longitud de la información es menor, se incorporarán bytes de '**relleno**' hasta lograr el tamaño mínimo. Esto es así para conseguir que cualquier **trama ' mida ' al menos 64 bytes** para especificaciones relacionadas con la temporización de uso del medio de transmisión.
- **Secuencia de verificación de trama (FCS Frame Check Sequence): 4 bytes** (32 bits) de **CRC o código de redundancia cíclica**, se usa para la **detección de errores**. El campo **FCS no se considera parte de la cabecera**, ya que se añade al final de la trama, aunque forma parte de la información de control, se obtiene mediante **operaciones lógico/matemáticas sencillas del resto de la trama**.

**\* Al transmitir los bits menos significativos primero, en la emisión real se invierte el orden de los bits y según la herramienta de captura se pueden obtener diferentes resultados en la representación.**



# Ethernet y sistemas de interconexión

## Ethernet capa 2: Formato de la trama

### Formato trama 802.3

| Preámbulo | SFD    | Dir. Destino | Dir. Origen | Longitud | Datos         | FCS     |
|-----------|--------|--------------|-------------|----------|---------------|---------|
| 7 bytes   | 1 byte | 6 bytes      | 6 bytes     | 2 bytes  | 46-1500 bytes | 4 bytes |

### Formato trama Ethernet II

| Preámbulo | Dir. Destino | Dir. Origen | Tipo    | Datos         | FCS     |
|-----------|--------------|-------------|---------|---------------|---------|
| 8 bytes   | 6 bytes      | 6 bytes     | 2 bytes | 46-1500 bytes | 4 bytes |

Como podemos observar la trama Ethernet y la 802.3 tienen casi el mismo formato, vamos a analizar las diferencias

- **Desaparece el segmento SFD de IEEE 802.3 que se incluye en el preámbulo Ethernet II, además, el contenido es el mismo.**
- **El segmento Longitud de IEEE 802.3 pasa a ser el segmento Tipo en Ethernet II.** Este segmento de 2 bytes nos indica el *protocolo de nivel superior* (nivel de red) que ha generado la información.
- **Es fácil distinguir si un paquete tiene formato 802.3 o Ethernet II, si en los dos bytes correspondientes a las posiciones 13 y 14 (quitando preámbulo) que corresponden al segmento longitud/tipo el valor está entre 0 y 1500 (0x05DC), el formato es 802.3, en cambio si el segmento tiene un valor mayor a 1500 (0x05DC) se tratará de un paquete Ethernet II.**

Como ejemplos de 'tipos' de protocolos y valores usados en este campo podemos distinguir los siguientes:

**IPv4: 0x0800, IPv6:0x86DD, ARP: 0x0806, Wake On LAN: 0x0482, IPX:0x8137, VLAN:0x8100, etc.**

En caso de **trama 802.3**, debemos tener en cuenta que el segmento de datos, contiene la información de la capa superior (**subcapa LLC**), habrá una cabecera correspondiente LLC. En **Ethernet II**, **los datos son todos de la capa red**, ya que no se usa la subcapa LLC.

# Ethernet y sistemas de interconexión

## Ethernet capa 2: Formato de la trama

### Formato trama 802.3

| Preámbulo | SFD    | Dir. Destino | Dir. Origen | Longitud | Datos         | FCS     |
|-----------|--------|--------------|-------------|----------|---------------|---------|
| 7 bytes   | 1 byte | 6 bytes      | 6 bytes     | 2 bytes  | 46-1500 bytes | 4 bytes |

### Detalle datos 802.3 con cabecera LLC

| Preámbulo | SFD    | Dir. Destino | Dir. Origen | Longitud | DSAP  | SSAP  | Ctrl.  | Datos         | FCS     |
|-----------|--------|--------------|-------------|----------|-------|-------|--------|---------------|---------|
| 7 bytes   | 1 byte | 6 bytes      | 6 bytes     | 2 bytes  | 1byte | 1byte | 1 byte | 43-1497 bytes | 4 bytes |

La información LLC son tres bytes incluidos en la zona de datos, por lo tanto se reducen de 0 a 1497 los datos que se pueden incorporar de la capa superior.

Estos campos pertenecientes a la llamada '**SubNetwork Access Protocol**' (**SNAP**) y son necesarios para indicar el '**tipo de protocolo**', algo **no está presente en este formato (si en Ethernet II)**.

**DSAP: Destination Service Access Points** y **SSAP: Source Service Access Points**.

Como se puede ver, el valor de estos campos no puede ser mayor que 255, si se quieren especificar protocolos con **identificador tipo Ethernet II** (números mayores de 1500) no se puede hacer, por lo que se recurre a **poner el valor 0xAA en estos dos segmentos**, eso indicará que el **identificador de protocolo es tipo Ethernet** (ver diapositiva anterior) y que se encuentra en los **5 primeros bytes de datos**.

**Nota:** Los campos **preámbulo** y **SFD** son campos utilizados para sincronización y realmente no forman parte de la trama. Las últimas versiones no necesitan estos mecanismos de sincronización y estos campos no son necesarios, aunque **se mantienen en el estándar por motivos de compatibilidad**.

[http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.2](http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.2)

<http://www.netometer.com/qa/ethernet.html#A22>



# Ethernet y sistemas de interconexión

## Ethernet capa 2: Control de acceso al medio CSMA/CD

### Antecedentes

Las primeras redes Ethernet usaban **un bus común (cable coaxial)** por el que **discurría toda la información, en ese cable estaban conectados TODOS los dispositivos de red**, por lo que era necesario **establecer un orden de acceso al medio** (cable), ya que si **'hablaban' dos dispositivos a la vez, el mensaje no se podía entender**. Para resolver este problema se recurrió a mecanismos de **arbitraje o contienda**.

Estos mecanismos son muy comunes en los sistemas de transmisión donde existe una limitación al compartir el medio. En nuestro caso, esa **situación especial en que dos dispositivos transmiten al mismo tiempo** y el mensaje se hace ininteligible, **se llama colisión**. En esos instantes **no hay una información válida** en el medio de transmisión.

En **Ethernet**, la técnica usada para hacer frente a este problema se denomina **CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)**, es decir: **acceso múltiple por detección de portadora y con detección de colisiones**.



Las **señales eléctricas superpuestas no producen daños en ningún dispositivo, pero al mezclarse producen valores que invalidan los datos** de los dispositivos que han intentado transmitir información. Se puede deducir, que al tener este problema, la comunicación **Ethernet, en origen, era half-duplex**, es decir **solo un equipo puede transmitir cada vez**, como ejemplos prácticos, los walkie-talkies son dispositivos half-duplex y los teléfonos de casa son full-duplex (las dos personas pueden hablar a la vez).

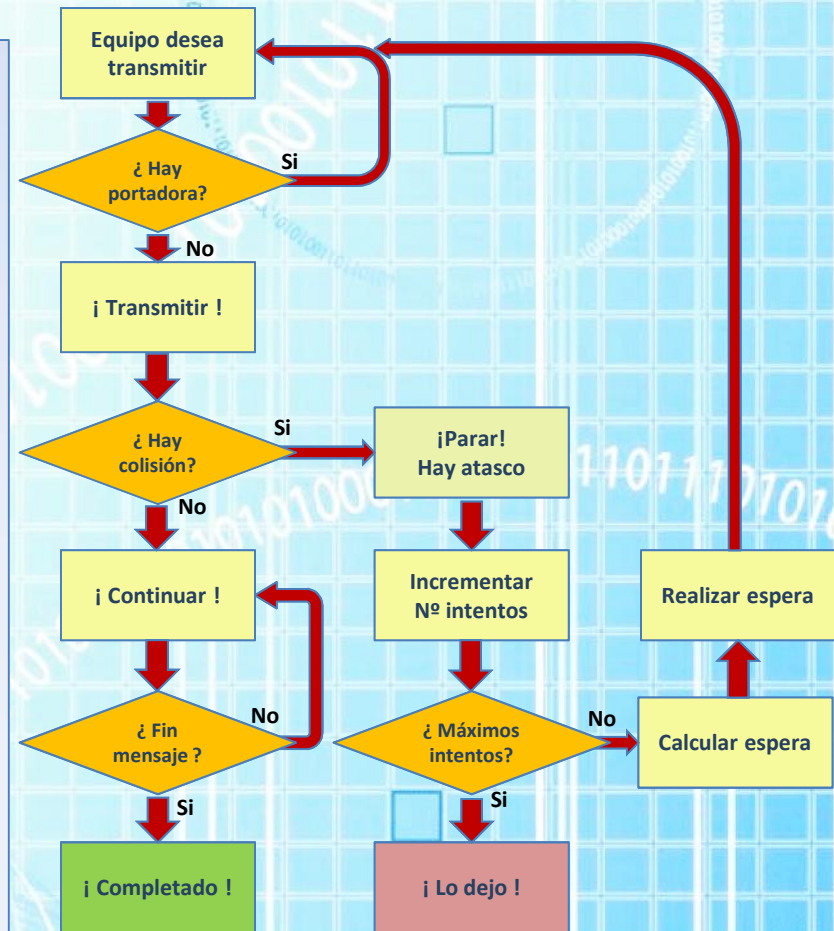
# Ethernet y sistemas de interconexión

## Ethernet capa 2: Control de acceso al medio CSMA/CD

### Propuesta CSMA/CD: ¿Qué hace el mecanismo CSMA/CD?

- Cuando un **equipo quiere transmitir** una trama comprueba si el **medio de transmisión está libre**, es decir, no hay otro dispositivo enviando información.
  - Si el **medio está libre**, **comienza la transmisión de su trama**.
  - Si el **medio está ocupado**, espera **que quede libre para transmitir**.
  - **Mientras se transmite** la trama el equipo **comprueba continuamente si se produce alguna colisión**.
  - Si **se detecta una colisión se deja de transmitir inmediatamente**, se **espera un tiempo aleatorio** y se **intenta la transmisión de nuevo**.
- ✓ Solamente **se comprueba si hay colisión mientras se transmite la trama**, por lo que es importante que los **sistemas que utilicen CSMA/CD estén correctamente diseñados** para que **no se produzcan colisiones después de que el transmisor deje de transmitir**.
- ✓ En **Ethernet, esta situación puede ocurrir para la transmisión de tramas muy cortas**, por esta razón las tramas Ethernet necesitan un **número mínimo de bytes, concretamente 64 bytes**, ya que con tramas **más pequeñas no se garantizaría la detección correcta de colisiones**. También está limitada la **longitud del cable**. ¿?

El uso de **medios de transmisión compartidos**, donde es necesario utilizar **CSMA/CD** convierte a Ethernet en una tecnología **half-dúplex**, ya que solo puede haber **una trama simultáneamente en el medio de transmisión**.





# Ethernet y sistemas de interconexión

## Ethernet capa 2: Control de errores

### Control de errores en la trama

En cualquier **sistema de transmisión que precise que los datos no contengan errores** es necesario introducir algún **mecanismo de detección** de los mismos. Ya que los errores **son inevitables**, podemos tomar acciones (p.e. pedir datos de nuevo) si somos capaces de detectarlos.

En las redes se pueden dar **diferentes tipos de errores**, los más comunes son las **colisiones, colisiones atrasadas, tamaños de trama incorrectos, etc.** Otros problemas pueden ser **relacionados con el hardware en mal estado, tarjetas, cable, etc.**

En la **trama Ethernet** existe un segmento llamado **FCS** que usamos para **detectar errores**. El mecanismo sería el siguiente:

- El **transmisor calcula el valor del FCS** en función del contenido de la trama con una fórmula sencilla, añade este valor a la transmisión, este valor es un número de 32 bits (4 bytes).
- **El receptor, al recibir la trama completa y el FCS repite la misma fórmula de cálculo**, si el **FCS recibido es igual al FCS calculado**, la **recepción es correcta**, si estos **valores son diferentes**, podemos afirmar que **ha habido un error**, se **descarta la trama** y debemos **actuar en consecuencias**.

Esta técnica se denomina **CRC (Cyclic Redundancy Code, o código de redundancia cíclica)**.

Los cálculos se realizan con **todos los datos de la trama exceptuando el preámbulo y el propio FCS**, es decir desde el segmento **destino** de la trama **hasta el final de los datos**.

### Formato trama Ethernet II

| Preámbulo | Dir. Destino | Dir. Origen | Tipo    | Datos         | FCS     |
|-----------|--------------|-------------|---------|---------------|---------|
| 8 bytes   | 6 bytes      | 6 bytes     | 2 bytes | 46-1500 bytes | 4 bytes |

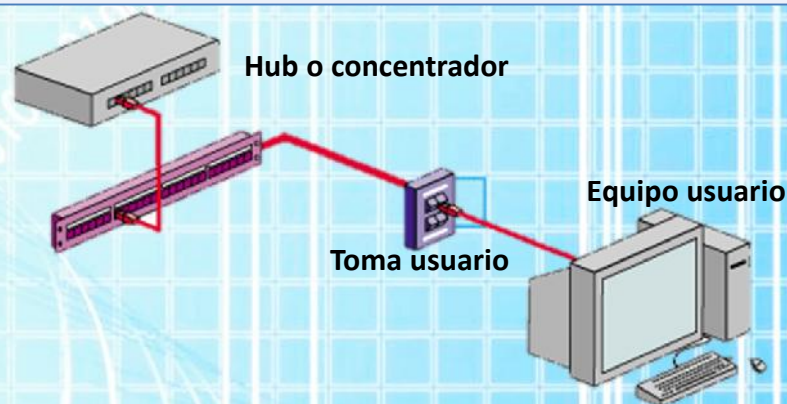
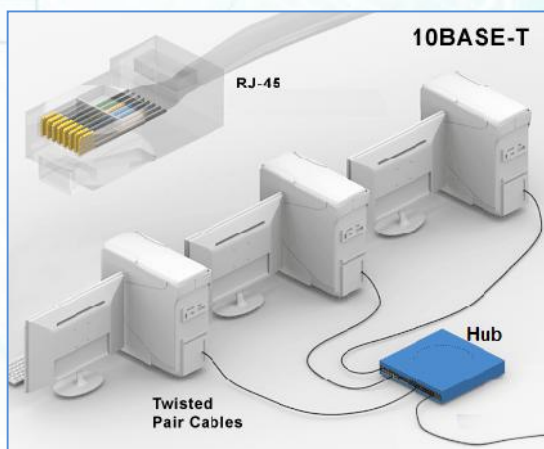
Para cálculo FCS

# Ethernet y sistemas de interconexión

Las primeras redes Ethernet realizaban la interconexión entre equipos con cable coaxial, uno de los inconvenientes más importantes de este tipo de cableado, es que los problemas de cableado que se daban en un punto podían afectar a la red completa, provocando su paralización. Esta forma de conexión se dejó de usar hace años a favor de los cableados de pares trenzados. Vamos a ver como han evolucionado estos sistemas que obligaban a la capa 1 (física) a ir adaptándose a las necesidades y a las mejoras tecnológicas. Comenzaremos con la primera conexión de par trenzado: **10Base-T y seguiremos por orden cronológico.**

## 10 Base-T

La nomenclatura **10 Base-T** hace referencia a la **velocidad máxima de transmisión (10)**, al **sistema de transmisión en banda BASE** y al **tipo de cableado usado (T – Twisted)**, trenzado. En **1990** se publicó este estándar, basado en una conexión en estrella mediante cable de pares trenzados categoría 3. Cada equipo se conecta/ba con un cable a un concentrador o 'hub'. En empresas y edificios existían cableados de telefonía o infraestructuras que facilitaban la instalación de estos sistemas (paneles, canalizaciones, etc.). Una de sus grandes ventajas es que un problema en un cable, solo afectaba al equipo conectado a ese cable, aunque a nivel 'lógico', la instalación se comportaba como si todos los equipos estuviesen conectados a un 'bus virtual'. Con el desarrollo de los estándares para redes locales, también se normalizó el cableado estructurado para su conexión. Las primeras normas de cableado estructurado fueron publicadas como EIA/TIA 568 en 1991, en la actualidad las dos normas más utilizadas para cableado estructurado son la ISO/IEC 11801 y la **EIA/TIA 568A y 586B (más actual)**.

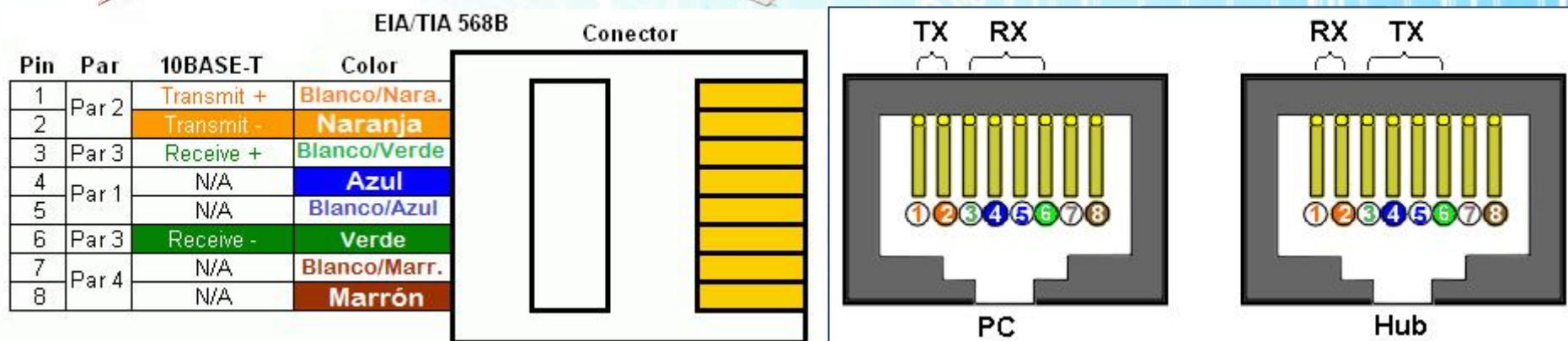
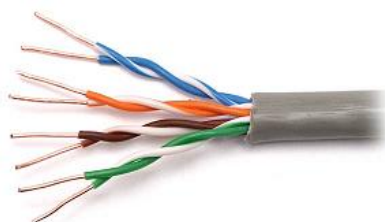
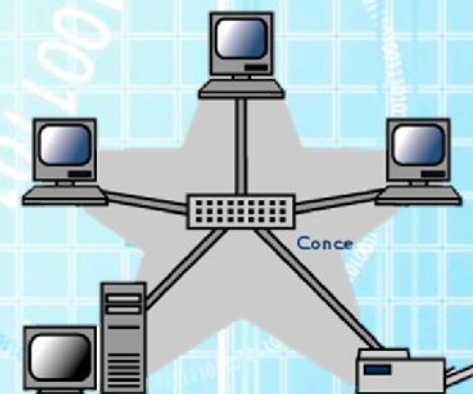




# Ethernet y sistemas de interconexión

## 10 Base-T

- La **topología es en estrella**, conectándose los equipos a un **hub o concentrador**.
- Se usa cable de **4 pares sin apantallar (UTP) categoría 3**. Solo dos de los 4 pares se usan. Se usa normativa **EIA/TIA 568**.
- Los conectores son del tipo **RJ-45**.
- La velocidad es de **10 Mbps**.
- Se **usa codificación Manchester** en banda base con tensiones de  $\pm 5V$ .
- La **distancia máxima** entre un equipo y el 'hub' es de **100m**.
- El 'hub' es un dispositivo 'repetidor', es decir, todo lo que reciba por un puerto/conexión lo transmitirá por todos los demás, por lo tanto a efecto 'lógico' se comporta como un bus y se siguen produciendo las colisiones.



# Ethernet y sistemas de interconexión

## Fast Ethernet

El aumento de las redes, el volumen creciente de datos y las investigaciones permitieron que en 1995 se publicara el estándar conocido como **Fast Ethernet**, variante del anterior con una velocidad de **100 Mbps**. Se denominó **IEEE 802.3u**. Muchas de las características de su antecesor se mantienen:

- **Topología en estrella**, comportándose la instalación como **un único bus lógico**.
- La **gestión de colisiones** o contienda se mantiene mediante **CSMA/CD**.
- El **direccionamiento físico por MAC** se sigue usando.
- El **formato de las tramas no varía**.

En el momento de su creación y debido a situaciones específicas, se crearon tres sistemas físicos de conexión:

- **100 Base-TX**, el de más éxito, necesitaba cableado de **categoría 5 o 5e**.
- **100 Base-FX**, con **enlaces por fibra**, pensado sobre todo para unir edificios, plantas, etc.
- **100 Base-T4**, permitía **aprovechar el cableado existente de categoría 3**, lo que propició su aparición.

*Nota: Existen más especificaciones, pero apenas relevantes y con muy poca implantación.*

## 100Base-TX

Vamos a ver las características más importantes de esta denominación, que genéricamente se conoce como Fast Ethernet:

- Usa cable de **cobre de pares trenzados UTP (sin apantallar)**, aunque ya **precisa categoría 5 (Cat 5)** por el aumento de la frecuencia, ya que **Cat 3 no soporta esta frecuencia**.
- **Usa solo dos pares**, uno para **transmisión y otro para recepción** con conectores **RJ-45, igual que 10Base-T**.
- El límite de tramo de cable sigue siendo de 100 m.
- La velocidad es de **100 Mbps**.
- Se usa **codificación 4B/5B y codificación de línea MLT-3**. (wikipedia)
- Comunicaciones **half-duplex** en el caso de usar **hub o concentrador** o **posibilidades de full-duplex con conmutadores**.
- Es el **más usado en la actualidad**.



# Ethernet y sistemas de interconexión

## 100Base-FX

Especificaciones para fibra óptica, pensada para uniones troncales entre subredes o uniones entre edificios, a destacar las siguientes características:

- Una **fibra óptica multimodo** con conectores SC, ST, LC, MTRJ or MIC, siendo **SC** el más usado.
- Cubre hasta **2000 metros de distancia en modo full-duplex con doble fibra multimodo** (una para Tx y otra para Rx).
- Usa **codificación 4B/5B y NRZ-I**. (*wikipedia*)
- Se comenzó a usar, pero fue superada por otras tecnologías con mejores prestaciones, por lo que **está fuera de uso**.



# Ethernet y sistemas de interconexión

## Otros 100Base...

Aparte de los dos sistemas anteriormente mencionados, hay otras especificaciones 802.3u para 100 Mbps con menos grado de implantación, a continuación las enumeramos incluyendo algunas características:

- **100Base-T2**: Usa **dos pares de cobre categoría 3** para lograr los 100 Mbps, requería una **codificación más compleja** (PAM-5).
- **100Base-T4**: Usa los **cuatro pares del cable** para dividir el tráfico entre pares y conseguir 100 Mbps sobre cable **categoría 3**.
- **100Base-SX**: Fibra óptica **multimodo**, hasta 300 m. con componentes emisores de luz más económicos (LEDs).
- **100Base-BX**: Fibra óptica **monomodo**, hasta 5000 m. de distancia.
- **100Base-LX10**: Fibra óptica **monomodo**, hasta 10Km. de distancia.
- Etc.

|                        | 100Base-TX              | 100Base-FX                  | 100Base-T4  | 100Base-T2  |
|------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------|-------------|
| Medio                  | UTP Cat≥5<br>STP Tipo 1 | Fibra óptica<br>multimodo   | UTP Cat≥3   | UTP Cat≥3   |
| Conductores            | 2 Pares                 | 2 Fibras                    | 4 Pares     | 2 Pares     |
| Codificación           | MLT y 4B/5B             | NRZI con<br>4B/5B           | 8B/6T       | PAM5        |
| Máx. Long.<br>Segmento | 100 m.                  | 412 m (HDX)<br>2000 m (FDX) | 100 m.      | 100 m.      |
| Soporta<br>Full-Duplex | Si                      | Si                          | No          | Si          |
| Estándar               | IEEE 802.3u             | IEEE 802.3u                 | IEEE 802.3u | IEEE 802.3y |
| Año                    | 1995                    | 1995                        | 1995        | 1997        |

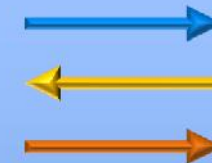
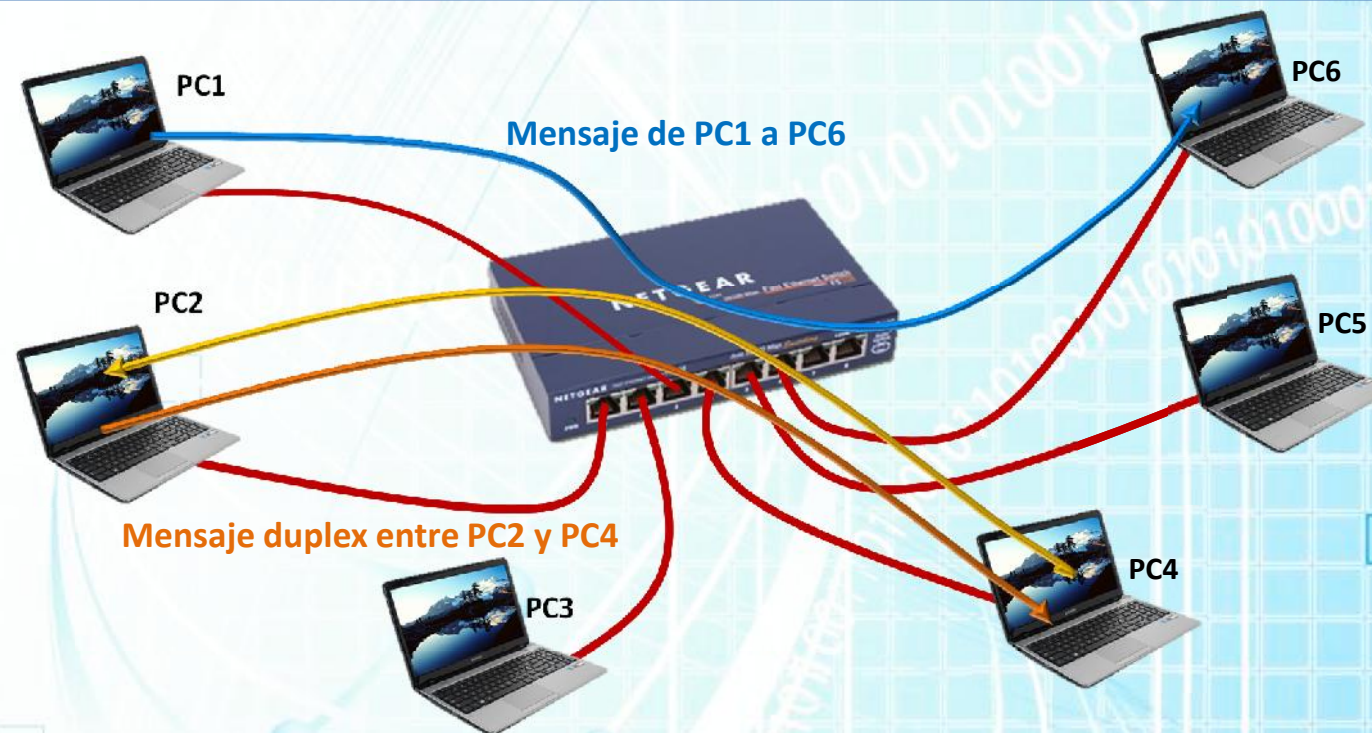


# Ethernet y sistemas de interconexión

## Ethernet Full-Duplex

Anteriormente hemos visto que cuando **un equipo 'transmitía' algo** por su conexión, **el 'hub' o concentrador, lo transmitía por todas las tomas RJ-45 (incluyendo la propia)**, de esta forma **si otro equipo transmite se produce la colisión**, a todos los efectos **hay un bus virtual compartido para toda la instalación**, que **solo permite 'half-duplex'** y por eso **teníamos que usar CSMA/CD**.

Si sustituimos el 'hub' o concentrador por otro equipo **similar en aspecto externo al hub**, pero que **es capaz de memorizar y organizar los envíos de las tramas de datos a sus destinatarios finales sin tener que publicarlo todo en todas las tomas RJ-45**, estaremos **evitando las colisiones**, ya que ahora **los cada sistema informático tiene una conexión punto a punto con este nuevo dispositivo llamado 'switch' o conmutador**.



Los paquetes los controla el nuevo dispositivo, que los memoriza y envía a su destinatario...

Pero... ¿Cómo sabe a que toma tiene que enviar cada paquete de datos ?

Se verá más adelante

# Ethernet y sistemas de interconexión

## Ethernet Full-Duplex

Si cada equipo informático tiene **un canal para transmitir y otro para recibir y son independientes de las demás tomas, no tendremos colisiones, no es necesario emplear la tecnología CSMA/CD y además podremos transmitir y recibir a la vez**, como podemos observar, **todo son ventajas**. Para que esto sea posible, nuestras tarjetas de red (NIC) tienen que permitir esta **funcionalidad (full-duplex)** y debemos de contar con electrónica de conexión del tipo **'switch' o conmutador**. El **hub por su naturaleza de 'repetidor', impide este modo de funcionamiento**.

La especificación que define la operación full-duplex es la **IEEE 802.3x** y se publicó en 1997.

Al **eliminar el sistema CSMA/CD y un único bus virtual**, tenemos dos efectos inmediatos a tener en cuenta:

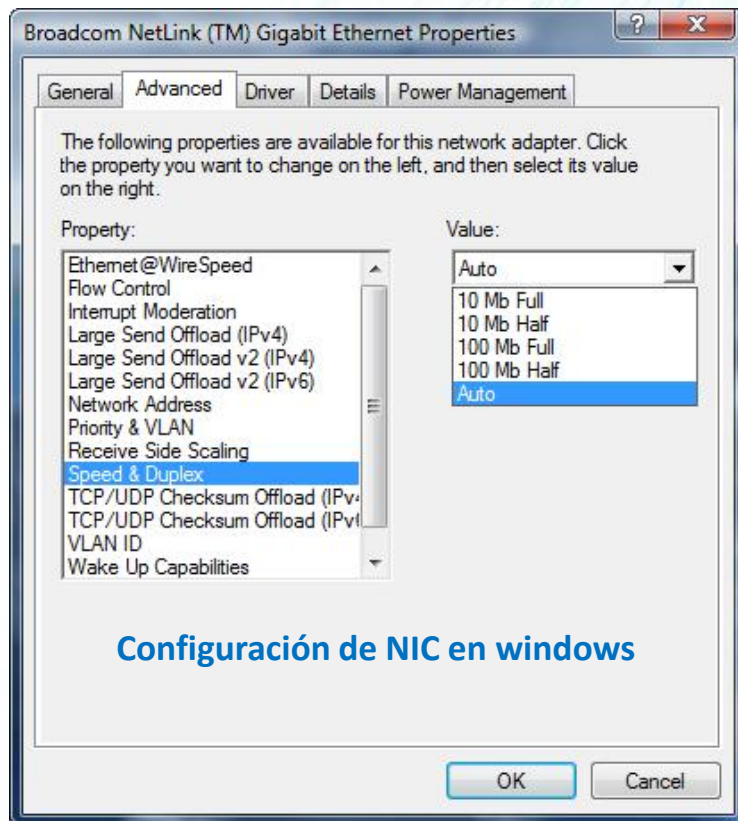
- La **efectividad y rendimiento de la red se incrementa de forma importantísima**, con un 'hub', la velocidad y rendimiento máximo de **TODA** la red es la de los dispositivos (p.e. 100 Mbps), pero si los equipos se conectan a un 'switch', la **velocidad 'aparente' de TODA la red se multiplica**, ya que aunque los dispositivos sean de 100 Mbps, puede haber varias transmisiones simultáneas.
  - Aparece la **necesidad de controlar el tráfico de datos** y los dispositivos deben tener **capacidad de control de flujo** para poder **solicitar pausas** en el flujo de datos por limitaciones de hardware/software propio. Para ello se crean las **tramas de negociación de pausa (PAUSE) que se identifican con el número 0x8808** en el **campo tipo** de la trama.
- 
- Es esencial que los **'switches' manejen las tramas con mucha velocidad**, de forma que esta gestión que permite las ventajas mencionadas **no retrase el tráfico de datos**, por ejemplo, **decidir a que toma RJ-45 va un 'paquete'**.
  - El estándar de **trama Ethernet II se ha incluido también en formato full-duplex** y es más eficiente ya que **no precisa de la cabecera LLC**.
  - La **convivencia de las velocidades de 10 Mbps, 100 Mbps, full-duplex y half-duplex** hace necesaria la existencia de un sistema de **'autonegociación'**, es decir, que cuando se conecten dos equipos por un cable, sean capaz de funcionar de la forma más óptima posible. Por ejemplo, entre un PC con **tarjeta de 10 Mbps** conectado a un **'switch' con tomas 10/100 Mbps** se establecerá una **'negociación'** que provocará que el **'switch' pase a modo 10 Mbps** para poder **'comunicarse'** con la tarjeta que solo puede entablar **conexiones a 10 Mbps**.



# Ethernet y sistemas de interconexión

## Ethernet Full-Duplex

- Los **dispositivos de red modernos**, por defecto, trabajan en **modo 'Auto-Negociación'**, es decir, al conectarse **se ponen de acuerdo y adoptan la configuración más efectiva en velocidad y modo**.
- Muchos dispositivos pueden ser **configurados de forma manual** para trabajar en un **modo concreto**, esto no suele ser habitual, pero a veces se hace.
- En algunos casos, la autonegociación puede fallar** y hay que **configurar los modos de forma manual**.



Configuración de NIC en windows



Configuración de 'switch'

# Ethernet y sistemas de interconexión

## Gigabit Ethernet

- **Gigabit Ethernet**, también conocida como **GigaE**, es una **ampliación del estándar Ethernet** (concretamente la versión **802.3ab y 802.3z** del IEEE) que consigue una **capacidad de transmisión de 1 gigabit por segundo**, correspondientes a unos 1024 megabits por segundo de rendimiento contra unos **100 de Fast Ethernet (También llamado 100BASE-TX)**.
- Se publicó en **1998** con la intención de mejorar el **servicio de red y los enlaces troncales entre conmutadores y servidores**.
- Las prescripciones **802.3z** se corresponden con conexiones de **fibra óptica y son conocidas como 1000Base-X**.
- Las prescripciones **802.3ab** son para **pares de cobre trenzados** y son conocidas como **1000Base-T**.

## 1000Base-T

- Usa **cuatro pares de cobre trenzados** para establecer la conexión, mantiene los **conectores RJ-45**.
- Se recomienda el uso de **cable categoría 5 mejorada (5e) o categoría 6**.
- **Mantiene todas las funciones de la capa 2** hacia arriba, solo hay **cambios en la capa física**.
- La **longitud máxima** del segmento de cable es de **100 m**.
- Conexiones **half-dúplex o full-dúplex** aunque en **casi el 100% de los casos la conexión es full-duplex**. En half-duplex se usa CSMA/CD.
- Técnica de **transmisión usada es PAM-5 con codificación 8B/10B**.





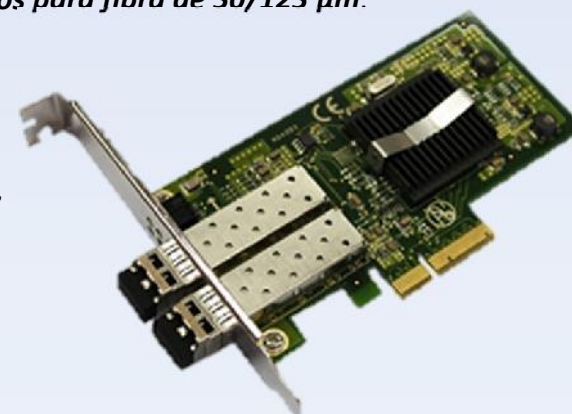
# Ethernet y sistemas de interconexión

## Gigabit Ethernet: 1000Base-X

Usa como **medio de conexión la fibra óptica**, podemos encontrar diferentes modalidades, tales como la **1000BASE-SX, 1000BASE-LX, 1000BASE-LX10, 1000BASE-BX10 o incluso las no estándar 1000BASE-EX y 1000BASE-ZX**. Vamos a describir las características más importantes que las definen.

- **1000Base-SX**
  - ✓ Emplea las codificaciones **8B/10B y NRZ-I**.
  - ✓ Utiliza fibra óptica **multimodo (MMF)**.
  - ✓ Distancia máxima es de **275 metros para fibra de 62,5/125  $\mu\text{m}$  o de 550 metros para fibra de 50/125  $\mu\text{m}$** .
- **1000Base-LX**
  - ✓ Emplea las codificaciones **8B/10B y NRZ-I**.
  - ✓ Utiliza fibra óptica **monomodo (SMF) o multimodo (MMF)**.
  - ✓ Distancia máxima para **multimodo de 550 metros y para monomodo de 5 Km**.
- **1000Base-LX10**
  - ✓ Utiliza fibra **monomodo y es similar al estándar LX**.
  - ✓ Hasta **10 Km**.
- **1000Base-BX**
  - ✓ Utiliza **una única fibra monomodo**.
  - ✓ **Transmite en una longitud de onda y recibe en otra diferente** para aprovechar una única fibra (**1490 y 1310 nm**).
  - ✓ Hasta **10 Km**.
- **1000Base-EX, ZX**: Otros sistemas **no estándar** que cubren distancias de entre **40 y 80 Km**. (Ver wikipedia)

Las implementaciones se usan en modo **full-duplex** para dar soporte a **troncales de redes (backbone)** de medio o gran tamaño, también se pueden usar en **redes especiales que requieran un volumen importante de tráfico (sistemas de video, etc.)**.



# Ethernet y sistemas de interconexión

## 10 Gigabit Ethernet

**10-Gigabit Ethernet (XGbE o 10GbE)** es el más reciente (año **2002**) y más rápido de los estándares Ethernet. **IEEE 802.3ae** define una versión de Ethernet con **una velocidad nominal de 10 Gbit/s**, diez veces más rápido que gigabit Ethernet.

Hay **diferentes estándares para el nivel físico (PHY)**. La letra "X" significa **codificación 8B/10B**. La **variedad óptica más común se denomina LAN PHY**, usada para conectar routers y switches entre sí. Aunque se denomine como LAN **se puede usar con 10GBase-LR y -ER hasta 80 km**. LAN PHY usa una velocidad de línea de **10.3 Gbit/s y codificación 66B** (1 transición cada 66 bits al menos). WAN PHY (marcada con una "W") encapsula las tramas Ethernet para la transmisión sobre un **canal SDH/SONET STS-192c**.

- **10GBASE-SR ("short range")**: Distancias cortas sobre **fibra óptica multimodo**, distancia entre **26 y 82 m** dependiendo del tipo fibra. **Hasta 300 m. sobre una nueva fibra óptica multimodo de 2000 MHz·km** (usando longitud de onda de 850nm).
- **10GBASE-CX4**: Interfaz de **cobre que usa cables InfiniBand CX4** y conectores InfiniBand 4x para aplicaciones de **corto alcance (máximo 15 m)**, tal como **conectar un 'switch' a un 'router'**. Es el de menor coste pero también el de menor alcance. **(802.3ak)**  
**Infiniband: Cableado especial alta velocidad para cortas distancias.** (<http://es.wikipedia.org/wiki/InfiniBand>)
- **10GBASE-LX4**: Usa multiplexión por división de longitud de onda para distancias entre 240 m y 300 m sobre fibra óptica multimodo. También admite hasta **10 km sobre fibra monomodo**, usando longitudes de onda alrededor de los 1310 nm.
- **10GBASE-LR ("long range")**: Este estándar permite distancias de hasta 10 km sobre fibra monomodo (usando 1310nm).
- **10GBASE-ER ("extended range")**: Distancias de hasta 40 km sobre fibra monomodo (usando 1550nm). Recientemente varios fabricantes han introducido interfaces enchufables de hasta 80 km.
- **10GBASE-SW, 10GBASE-LW y 10GBASE-EW**: Estas variedades usan el WAN PHY, diseñado para interoperar con equipos SDH/SONET. Se corresponden en el **nivel físico con 10GBASE-SR, 10GBASE-LR y 10GBASE-ER** respectivamente, y por ello usan los **mismos tipos de fibra** y permiten las **mismas distancias**.
- **10GBASE-T (802.3an - 2007)**: Cable **UTP6a o UTP7**, distancia de hasta **100 m.** usando **PAM-16**.

En la actualidad, las **conexiones 10GbE** están orientadas a **enlaces en WAN**, para **corta distancia o para largas distancias**. La implantación en **LANs es muy escasa**. (tarjeta 10GBase-T: \$1100)



Conector Infiniband



# Ethernet y sistemas de interconexión

## 40/100 Gigabit Ethernet

Existen ya desarrollos para **implementar velocidades de 40GbE y 100GbE**. Es la primera vez que dos velocidades diferentes se tratan con un único estándar (**802.3ba**). Se desarrollarán de forma conjunta para dar respuesta a las necesidades de enlaces rápidos entre **servidores (40 Gb)** y para conexiones '**backbones**' de Internet (**100 Gb**).

Se anunció 2007 y se ratificó en 2010.

Este estándar tiene gran cantidad de definiciones de capa física. Es muy común que en los sistemas, **se pueda intercambiar parte del hardware para optar por diferentes modos de conexión usando módulos 'enchufables'**.

- **Solo soporta full-duplex.**
- Conserva **el formato de trama 802.3 / Ethernet, utilizando 802.3 MAC.**
- Conserva los **tamaños máximo y mínimo de trama del estándar 802.3.**
- Puede operar con **fibra monomodo, multimodo, cable de cobre y backplane** (incorporado en equipos – 'blades', etc.)

Para saber más: [http://en.wikipedia.org/wiki/100\\_Gigabit\\_Ethernet](http://en.wikipedia.org/wiki/100_Gigabit_Ethernet)

www.micronica.es



Switch con huecos vacíos para módulo enchufables

Conectores traseros 'backplane'



Cables y módulos



Módulo enchufable



NIC con dos módulos enchufables



Equipo servidor

# Ethernet y sistemas de interconexión

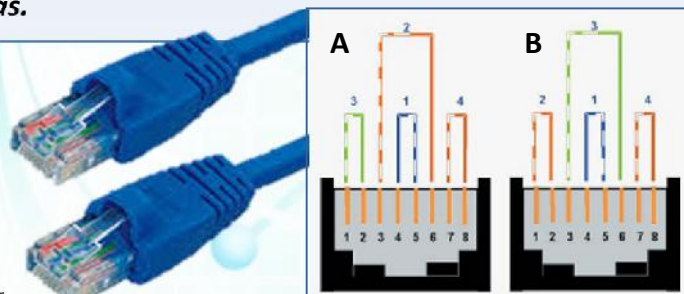
## Conexionado cable UTP

Ya hemos visto que en los estándares **10Base-T** y **100Base-TX** se usan cables de cuatro pares trenzados UTP, aunque en estos casos **solo dos pares llevan información**. En el caso de **Gigabit Ethernet** y **10 GbE** ya es necesario el uso de los **cuatro pares** para poder conseguir esas prestaciones. También vimos que estas conexiones usaban **terminales RJ-45**. La categoría del cableado varia según velocidades.

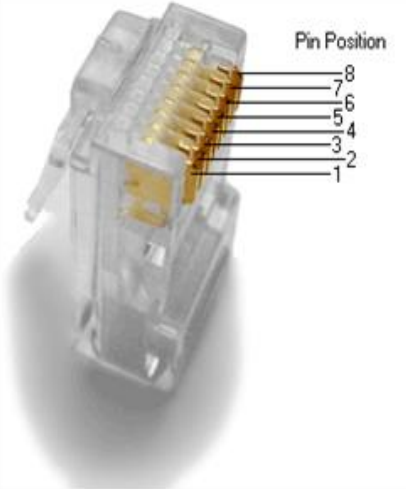
El **orden en que los pares se conectan** está regulado por el estándar **EIA/TIA 568 para cableado estructurado**. Esta definición tiene a su vez **dos definiciones** de conexión: la **T568A y T568B**.

El formato T568B es el más usado actualmente y surgió más tarde que el T568A, es compatible con otro estándar de AT&T, el 258A (empresa de telefonía con gran implantación en E.E.U.U.).

Para identificar el orden se sigue un **código de colores**, la cubierta aislante de un conductor tiene un **color liso asignado** y su par tiene este mismo color alternando con franjas blancas.



1º S.T.I.

| Cableado RJ-45 (T568A/B) |                      |                      |                                                                                      |
|--------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Pin                      | Color T568A          | Color T568B          | Pines en conector macho (en conector hembra se invierten)                            |
| 1                        | Blanco/Verde (W-G)   | Blanco/Naranja (W-O) |  |
| 2                        | Verde (G)            | Naranja (O)          |                                                                                      |
| 3                        | Blanco/Naranja (W-O) | Blanco/Verde (W-G)   |                                                                                      |
| 4                        | Azul (BL)            | Azul (BL)            |                                                                                      |
| 5                        | Blanco/Azul (W-BL)   | Blanco/Azul (W-BL)   |                                                                                      |
| 6                        | Naranja (O)          | Verde (G)            |                                                                                      |
| 7                        | Blanco/Marrón (W-BR) | Blanco/Marrón (W-BR) |                                                                                      |
| 8                        | Marrón (BR)          | Marrón (BR)          |                                                                                      |



# Ethernet y sistemas de interconexión

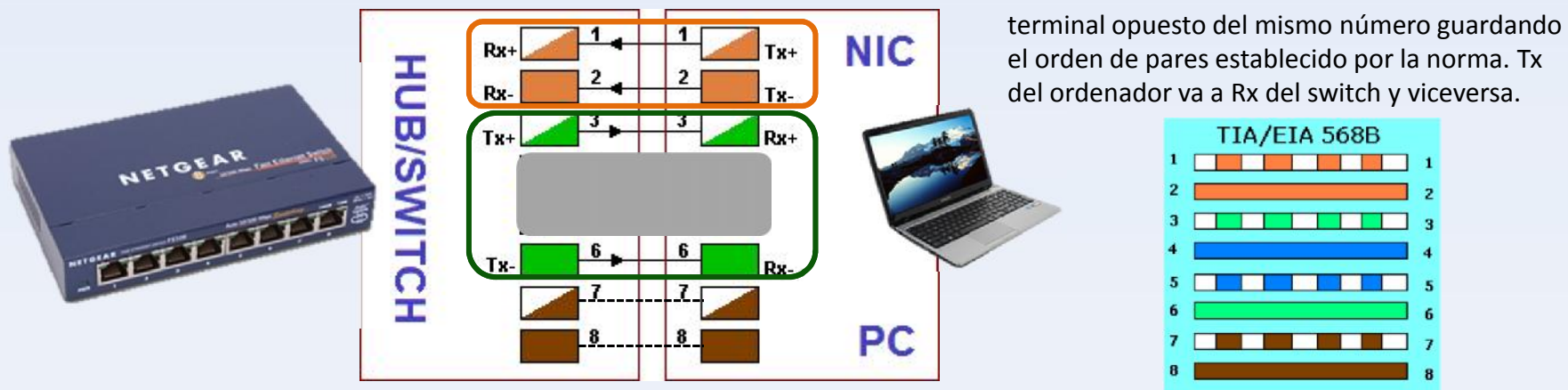
## Conexionado cable UTP

Si pensamos en las conexiones entre dispositivos de red y teniendo en cuenta que existen diferentes equipos de red (clientes y equipos de red), veremos que se pueden dar los siguientes casos de conexión:

- **Ordenador a ordenador**
- **Ordenador a hub/switch.**
- **Hub/switch a Hub/switch.**

Si analizamos que las **comunicaciones se hacen conectando emisor->receptor y receptor<-emisor**, veremos que aparecen dos tipos de forma de conexionado UTP. El denominado cable directo y el cable cruzado, para solventar el problema que vamos a ver.

La conexión más usada es la de un **equipo a un switch**, para esto usaremos el denominado '**cable directo**' que es el que conecta de forma **correcta transmisores y receptores** en estos equipos.

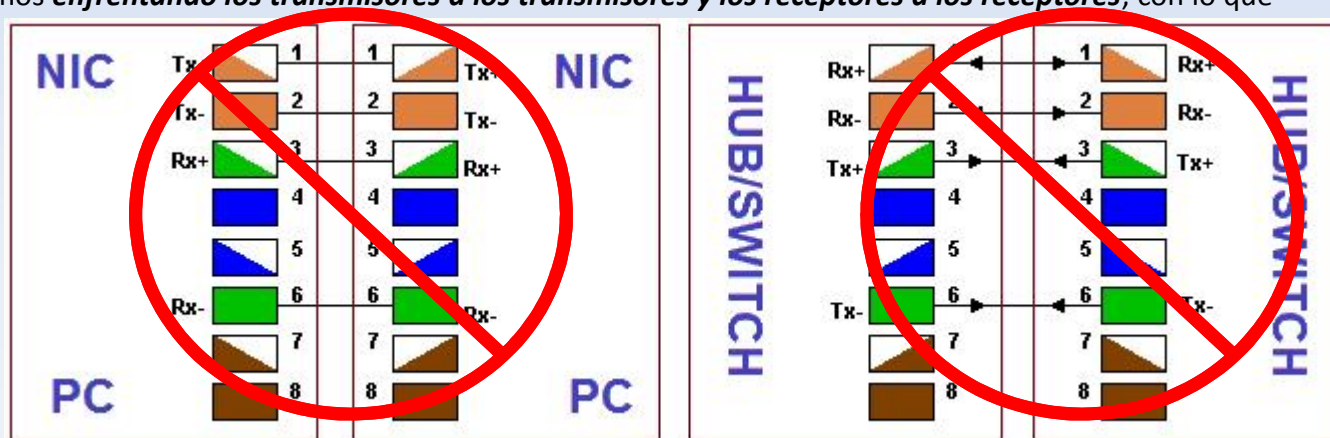


Los cables UTP utilizados en redes Ethernet con la configuración que vemos se conocen como **cable UTP directo**. La mayor parte de los cables utilizados en redes Ethernet siguen esta configuración y **se utilizan para conectar un equipo de red (a través de su NIC) a un dispositivo de interconexión, típicamente un switch**. Sin embargo, existen casos en el que este tipo de cable no funcionará y es cuando sea necesario conectar **dos switches entre sí o dos equipos informáticos entre sí**.

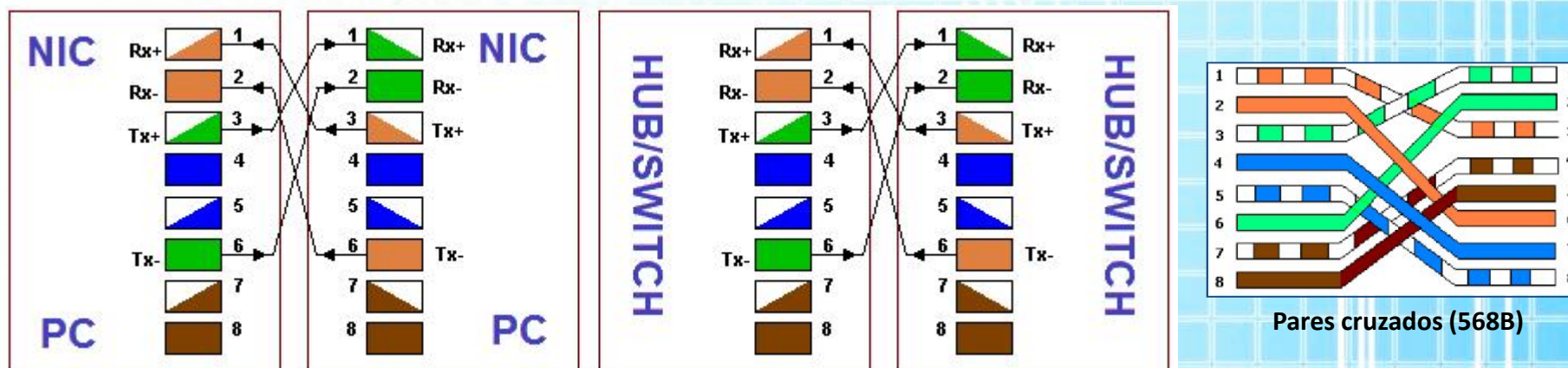
# Ethernet y sistemas de interconexión

## Conexionado cable UTP

Se puede observar con facilidad, que si conectamos **dos equipos del tipo 'cliente' (PC, servidor, etc.) entre sí o dos 'switch' entre sí con un cable directo**, estamos **enfrentando los transmisores a los transmisores y los receptores a los receptores**, con lo que



Este problema se soluciona de una forma sencilla, con un cable que denominaremos 'cruzado' o 'cross-over' que permite la unión de dispositivos del mismo tipo.



Pares cruzados (568B)

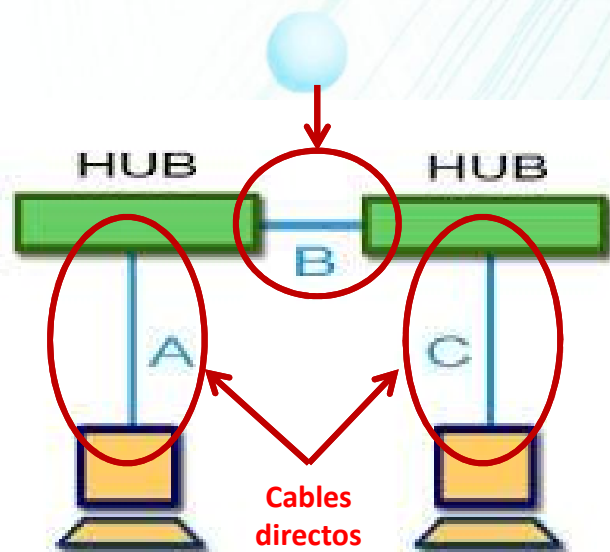
Conexión cruzada para 10/100 – Solo usa dos pares



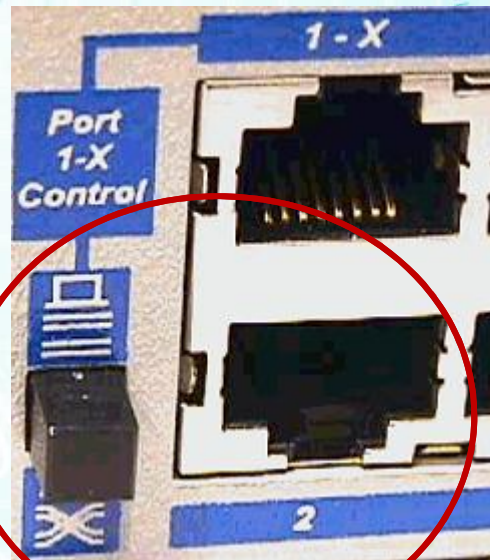
# Ethernet y sistemas de interconexión

## Conexionado cable UTP

Cuando es necesario conectar 'hub' entre sí, la solución podría ser un **cable cruzado** como hemos comentado anteriormente, pero **algunos dispositivos de red ya incorporan un 'conmutador'** para una de las tomas RJ-45 que permite seleccionar toma directa o cruzada.



Los conmutadores cruzan las conexiones de la toma nº 1 del hub, podemos unir dos 'hub' activando el cruce de uno de ellos.



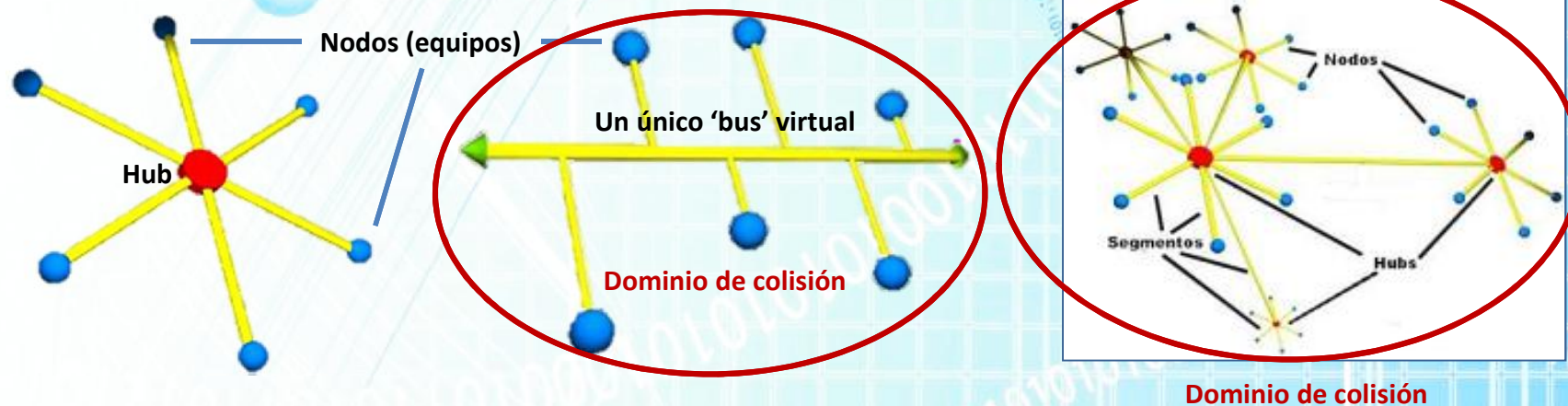
- Si el 'hub' o el 'switch' incorpora un **conmutador para una toma, no es necesario usar un cable cruzado** ya que el cruce de cables se hace dentro del dispositivo.
- **Esta tecnología es antigua**, pero aún hay muchos equipos instalados con esta funcionalidad.
- En las imágenes podemos ver **los conmutadores con el dibujo que permiten 'cruzar' los hilos de conexión de forma manual** para una toma concreta.



# Ethernet y sistemas de interconexión

## El switch o conmutador

En las **instalaciones de red mediante hubs**, vimos que aunque el **conexionado se hacía en estrella**, a niveles prácticos **existe un solo bus virtual**, ya que **todos los datos se repiten en todos los segmentos de cable**, teniendo los **problemas de las colisiones**. En una red con **'hubs' al ser el conjunto un solo 'bus'**, podemos decir que **toda la red es el 'dominio de colisión'** o lo que es lo mismo, el área que las colisiones se producen. Se denominan **segmentos** a los **trozos de cable que unen dispositivos electrónicos**.



Cuando las **redes crecen en tamaño**, las posibilidades de colisión también crecen al existir más equipos que desean transmitir, **disminuyendo de forma bastante importante el rendimiento del conjunto**.

- **Escalabilidad:** El crecimiento está **limitado por el ancho de banda compartido**.
- **Latencia:** **Tiempo que un paquete necesita para llegar a su destino**. Al aumentar el número de nodos o equipos existentes, las **colisiones aumentan** y el tiempo de entrega puede bajar a **límites inaceptables**.
- **Fallos de red:** Un dispositivo puede causar problemas a toda la red, por avería, sobrecarga, etc.
- **Colisiones:** El proceso **CSMA/CD** (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) **es bastante eficaz**, pero tiene un **límite con el crecimiento del tráfico y las redes**.

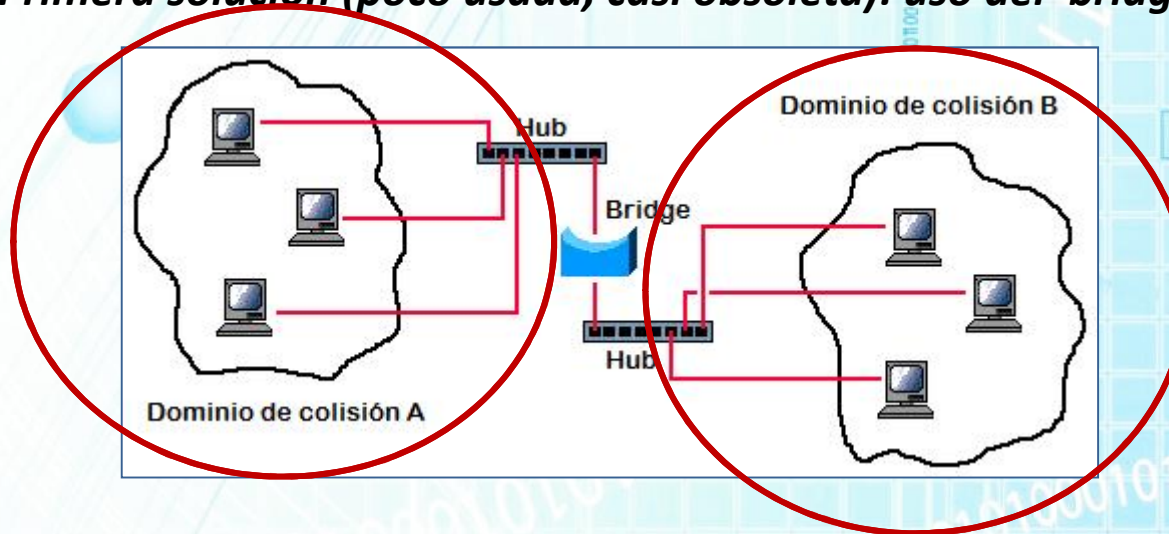
Es evidente que muy pronto se planteó este problema y se aportaron diferentes soluciones.



# Ethernet y sistemas de interconexión

## El switch o conmutador

**Primera solución (poco usada, casi obsoleta): uso del 'bridge'**



Esta solución consistía en usar dispositivos conocidos como **'bridges'** (puentes) que permitían **separar dominios de colisión de una red** local, en la **figura, podemos ver como el bridge divide en dos los dominios de colisión**, de forma que **un problema en un segmento no afectaría al otros segmento**.

El **'bridge'**, era una **electrónica con memoria que sabía que nodos (equipos) había en cada 'subred'**, de forma que **si el paquete que le llegaba no era para la red vecina, no lo enviaba, reduciendo parte del tráfico innecesario y disminuyendo problemas de 'bus virtual'**.

Los **'bridges'** también se usaban para **conectar redes con diferentes protocolos y 'transformar' paquetes de datos**: por ejemplo un bridge **'Token Ring' a Ethernet**. Como se puede deducir, estos dispositivos tenían dos conexiones, una para cada 'subred'.

Esta solución **no se usó durante mucho tiempo debido a la aparición de los 'switches'**, que definitivamente **cierran este problema**.

# Ethernet y sistemas de interconexión

## El switch o conmutador

### La solución: Usar Switches

Estos dispositivos permiten **encauzar el tráfico por los segmentos de cable necesarios sin que se produzcan colisiones**, que **desaparecen totalmente**, para ello es necesario dotar a estos dispositivos de cierta **'inteligencia' y de capacidad para 'almacenar' información que será ordenada y dirigida de la forma más eficaz posible**.

Imaginemos **un cruce de tráfico**, basta con un **'guardia urbano' o un semáforo para controlar el tráfico**, pero si en vez de tener un cruce de calles **tuviésemos decenas de calles que convergen en un punto**, ¿qué podríamos hacer?. La única solución sería **establecer un sistema de 'camino' que permita organizar ese tráfico con rendimiento y sin cruces en los que podría haber colisiones (accidentes)**.



Una sola vía o 'bus virtual' compartido, genera problemas de esperas, retrasos y 'colisiones'.

Una organización del tráfico según destinos, hace más complicado el 'hardware', pero mejora el rendimiento.



Una importante **diferencia entre un hub y un switch** es que, como vimos anteriormente un **'hub' comparte todo el 'ancho de banda'** entre todos los nodos, en cambio, en **un switch, cada conexión con un nodo dispone de TODO el ancho de banda entre ellos**. Por ejemplo, si 10 nodos se comunican usando un hub en una red de 100 Mbps, la velocidad máxima de todos los equipos (100 Mbps) se reparte entre los equipos, en cambio, esos 10 equipos conectados a un switch disponen de un **acceso a la red permanente (sin esperas)** y a 100 Mbps. Además otra ventaja extra que veremos es la **desaparición total de las colisiones y la aparición del 'full-duplex'**.



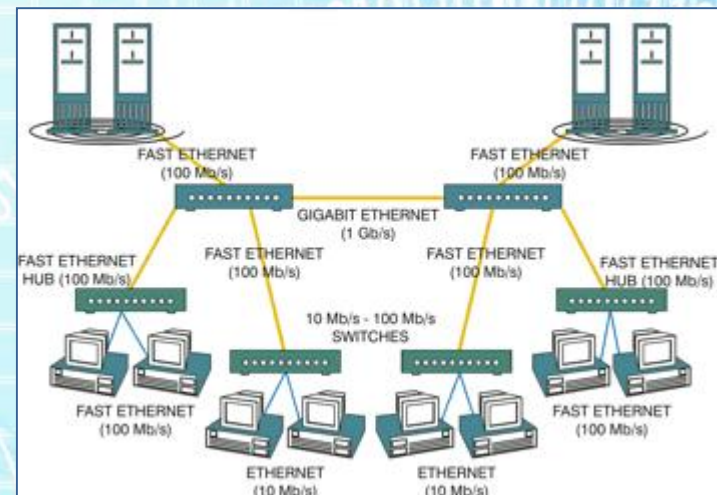
# Ethernet y sistemas de interconexión

## El switch o conmutador

Tienen **el mismo aspecto físico que un 'hub'** aunque las prestaciones y diferencias son bastante notables. El 'switch' (**la palabra conmutador no se usa**), es un **dispositivo con capacidad de gestión que trabaja en la capa 2**, lo que permite sus prestaciones. **El hub trabajaba en la capa 1 (física)**, siendo sus labores de '**repetidor**' únicamente.

En **una red totalmente conmutada**, los **switches sustituyen a todos los hubs** con un segmento de cable para cada nodo (equipo) o conexión entre switches. Pueden existir decenas o centenas de segmentos de cable en una red.

Como cada **segmento** se conecta **a un solo equipo**, cada toma del '**switch**' **recoge la información** de cada nodo, a continuación, el **switch envía esa información SOLO a la toma correcta**, esto además permite que se puedan **enviar y recibir** diferentes mensajes por diferentes segmentos (**aumento del ancho de banda**). Como podemos deducir, si las **conexiones son dedicadas a un solo equipo**, el **tráfico de información puede ser 'bidireccional'**, es decir '**full-duplex**' y además el **concepto de colisión desaparece**. Cada '**camino de datos**' **está dedicado** y no es usado nada más que por un equipo. *Esto es válido también para los switches de fibra óptica.*



# Ethernet y sistemas de interconexión

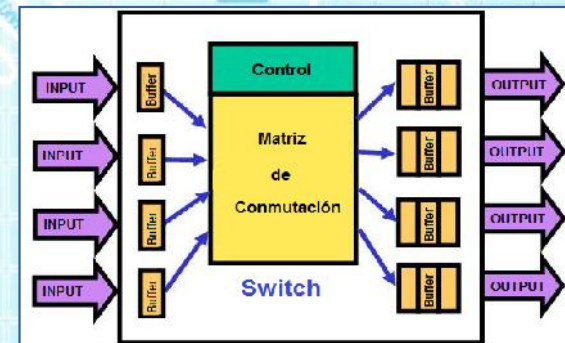
## El switch o conmutador

### ¿Cómo funciona?

- **Se basan en la conmutación de paquetes.** El switch establece una conexión entre dos segmentos para enviar la información.
- El **switch dispone de una memoria temporal (buffer)** que usan para almacenar la información que sea precisa.
- En **el paquete Ethernet** (capa 2) va la dirección **MAC origen y la destino**.
- El **'switch' tiene una tabla que relaciona las direcciones MAC con la toma de red por la que tiene que salir el mensaje**.

### Buffers

- ❖ Los **buffers son memorias RAM** que sirven para **guardar los paquetes de información temporalmente** para **regular el tráfico**.
- ❖ Pueden estar a la **entrada** de datos, en las **salidas** o **una mezcla de ambas**.
- ❖ Generalmente se asignan a las salidas y la electrónica les va dando paso, se alcanzan **cotas de eficiencia muy elevadas** con este sistema.



### Métodos de gestión del tráfico

- **Reenvío directo (cut-through):** Cuando el switch **está recibiendo** un paquete, **cuando obtiene la MAC de destino comienza a transmitirlo por la toma correspondiente**, este método tiene **tiempos de retardo muy bajos**, pero solo se puede usar si los dos segmentos (**entrada y salida**) **son de la misma velocidad**. También tiene el problema de que **se retransmiten tramas o paquetes erróneos o con errores de colisión**, ya que **no se comprueba la información antes de transmitirla**. Una **variante de esta técnica es esperar a que lleguen 64 bytes**, ya que **la colisión solo se produce en este tiempo**, esta mejora **aumenta un poco el retardo**, esta técnica se usa menos y **se denomina 'fragment-free'**.
- **Almacenamiento y reenvío (Store-and-forward):** Como se puede deducir por su nombre, este método **recibe la trama completa y la reenvía después**, permitiendo algunos **chequeos de error** aunque con **mayor retardo**. Este método se usa también cuando los **medios tienen diferentes velocidades**.

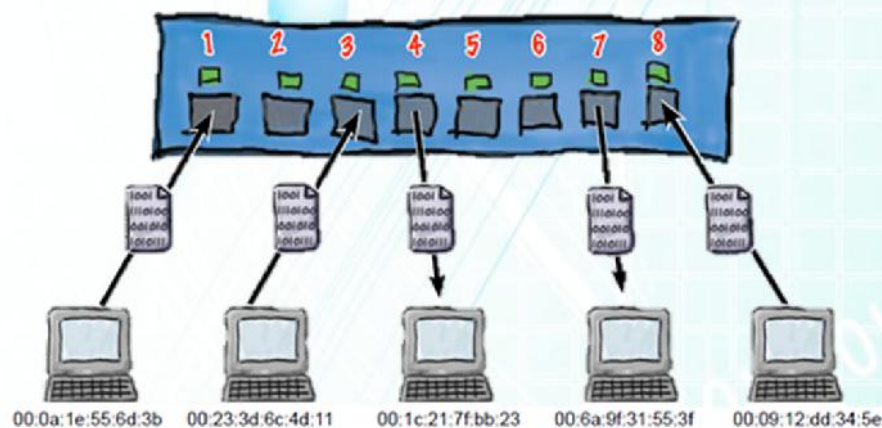


# Ethernet y sistemas de interconexión

## El switch o conmutador

### Tabla de asociación MAC – puerto (toma de red)

Anteriormente hemos comentado *que el switch envía los paquetes solo a la toma adecuada*, ya que *‘sabe’ donde están conectados los dispositivos*. ¿Cómo se crea esa tabla?, ¿quién la crea?



| Puerto | Dirección MAC     |
|--------|-------------------|
| 1      | 00:0a:1e:55:6d:3b |
| 3      | 00:23:3d:6c:3d:11 |
| 4      | 00:1c:21:7f:bb:23 |
| 7      | 00:6a:9f:31:55:3f |
| 8      | 00:09:12:dd:34:5e |

**Inicialmente, la tabla de switch está vacía** y se va **creando y manteniendo de forma automática** por unos métodos muy **sencillos** y al mismo tiempo **eficaces**, vamos a enumerar a continuación los diferentes **procesos que se dan en un switch**..

- **Aprendizaje, inundación, envío, filtrado y actualización.**

*Para entender estos métodos, debemos recordar el formato de la trama que incorpora las MAC de destino y origen.*

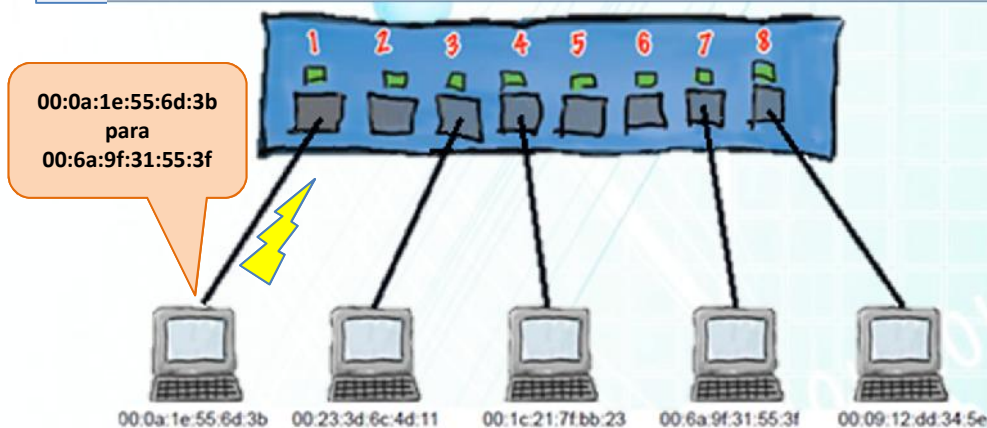
| Preámbulo | Dir. Destino | Dir. Origen | Tipo    | Datos         | FCS     |
|-----------|--------------|-------------|---------|---------------|---------|
| 8 bytes   | 6 bytes      | 6 bytes     | 2 bytes | 46-1500 bytes | 4 bytes |

# Ethernet y sistemas de interconexión

## El switch o conmutador

### Tabla de asociación MAC – puerto (toma de red)

Al principio la **tabla está vacía**, los **equipos tienen su NIC con una MAC (de fábrica)**, en esta situación, algún equipo iniciará algún tipo de conversación que provocará un trama con un origen y un destino, por ejemplo, el **equipo** conectado a la **toma 1**, quiere enviar un **mensaje al equipo en la toma 7**.



| Puerto | Dirección MAC     |
|--------|-------------------|
| 1      | 00:0a:1e:55:6d:3b |
|        |                   |
|        |                   |
|        |                   |
|        |                   |

- El **switch recibe por la toma 1** un mensaje cuya **MAC de origen es 00:0a:1e:55:6d:3b**, lo cual le permite **anotar un valor en la tabla**, y puede **asociar el puerto 1 con la MAC 00:0a:1e:55:6d:3b**.
  - Cuando llegue un **mensaje para la MAC 00:0a:1e:55:6d:3b** desde cualquier punto sabe que la tiene que **enviar a la toma 1**.
  - Este procedimiento se denomina '**Aprendizaje**' y sirve **para identificar las MAC asociadas a un puerto** cada vez que llega un mensaje con una **MAC 'origen' nueva**.
- 
- El switch **tiene un paquete de información para enviar a la MAC 00:6a:9f:31:55:3f**, en la **tabla no tiene esa MAC**, por lo tanto **no sabe a que puerto debe enviarla**, en este caso usará otra técnica **para solucionar el problema**, la **inundación (flooding)**.

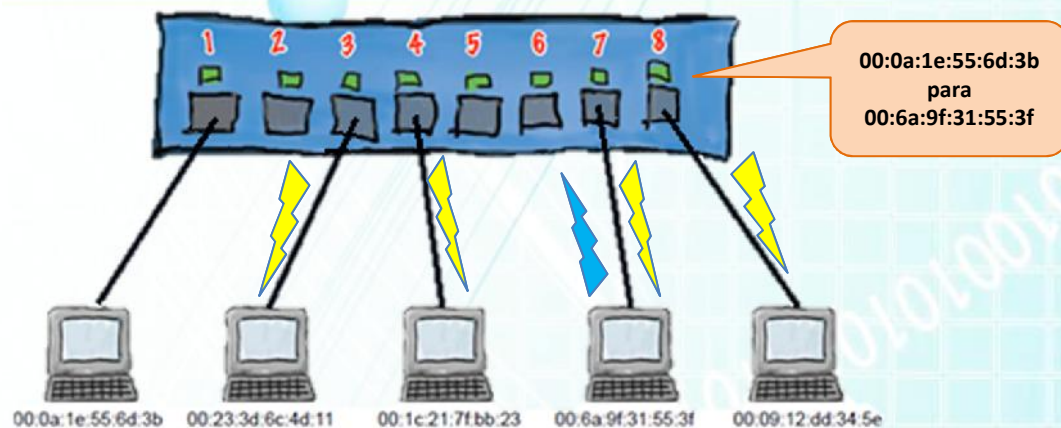


# Ethernet y sistemas de interconexión

## El switch o conmutador

### Tabla de asociación MAC – Inundación

Como el **switch no sabe a que puerto enviar la trama con destino 00:6a:9f:31:55:3f**, opta por la solución más simple, **enviarla a TODOS** los puertos **excepto al de origen** (como es lógico), así se asegura de que llegará a destino.



| Puerto | Dirección MAC     |
|--------|-------------------|
| 1      | 00:0a:1e:55:6d:3b |
| 7      | 00:6a:9f:31:55:3f |
|        |                   |
|        |                   |
|        |                   |

- Esta técnica se llama **inundación o flooding**. Se usa en caso de no conocer la ubicación del destino y como podemos deducir, **en muy poco tiempo estarán identificadas todas las MACs y sus puertos**. \* También se usa en mensajes '**broadcast**' y '**multicast**'.
- La transmisión anterior (inundación) **envía el paquete**, pero **solo responderá el equipo conectado al puerto 7 (00:6a:9f:31:55:3f)**, cuando el equipo responda, **por el método de aprendizaje, se anotará su MAC en la tabla de asociación**.
- Como se puede ver, se **construirá la tabla de asociación de forma bastante eficaz**, ya que **basta un paquete de origen** para incorporar la **MAC/toma a la tabla**.
- Todos **los paquetes con destino conocido usarán el 'envío'** como método.

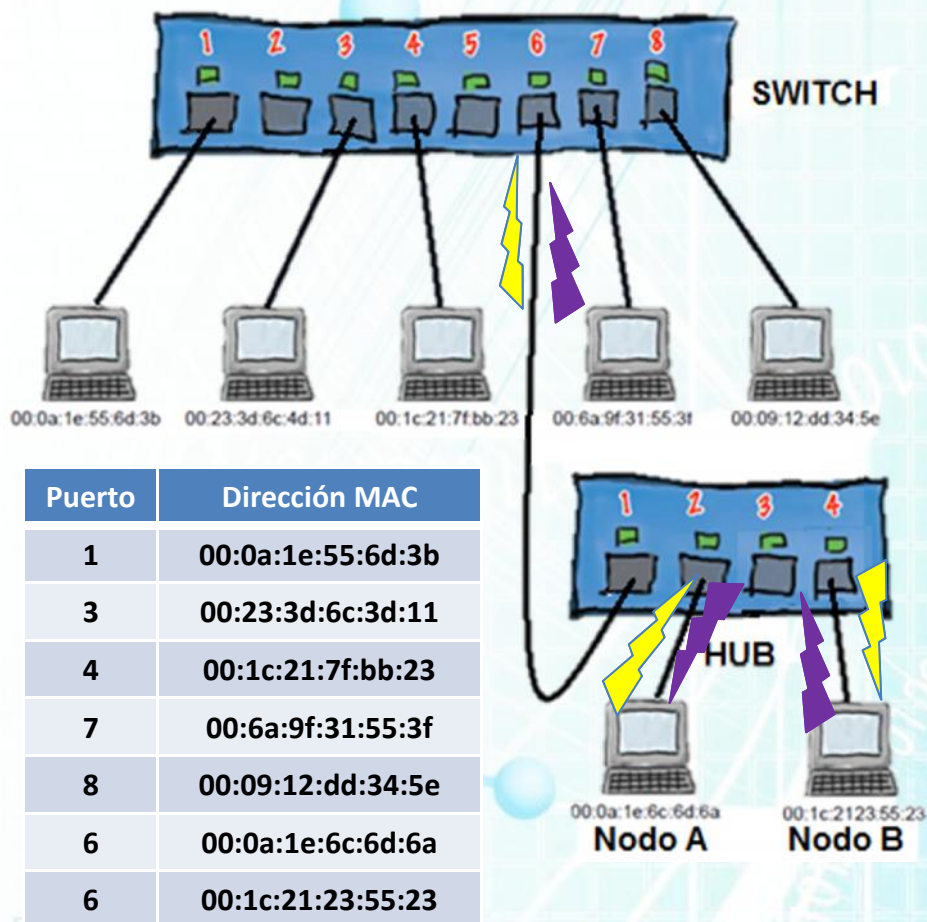
A continuación analizaremos los métodos que restan: **filtrado y actualización**.

# Ethernet y sistemas de interconexión

## El switch o conmutador

### Tabla de asociación MAC – Filtrado

Se puede dar el caso de que un **switch** *tenga una toma conectada a otro switch o a un hub*, en este caso, una toma o puerto puede **tener más de una dirección MAC asociada en la tabla**, como podemos ver en la figura en el caso de la **toma o puerto 6**.



### Puerto o toma conectado a un HUB

Como se ha visto anteriormente, el **hub repite todos los datos**. Veamos un ejemplo, si el **Nodo A envía algo al Nodo B** y este **le contesta**, todo ese tráfico **aparecerá también en la toma 1 del hub** y se **pasará a la toma 6 del switch**.

### Switch - Filtrado

El **switch recibe por la toma 6 los dos mensajes de los Nodos A y B repetidos por la toma 1 del hub**. Estos mensajes tienen como **destino MAC que están asociadas a la misma toma por la que son recibidos** (ver tabla).

En este caso, **el switch no procesa estos paquetes**, ya que puede deducir por la tabla que **no tienen que ser reenviados**.

A la **operación del switch** por la cual se **determina un puerto único de destino** o el **no tener que reenviarlo** se le denomina **'filtrado'**.

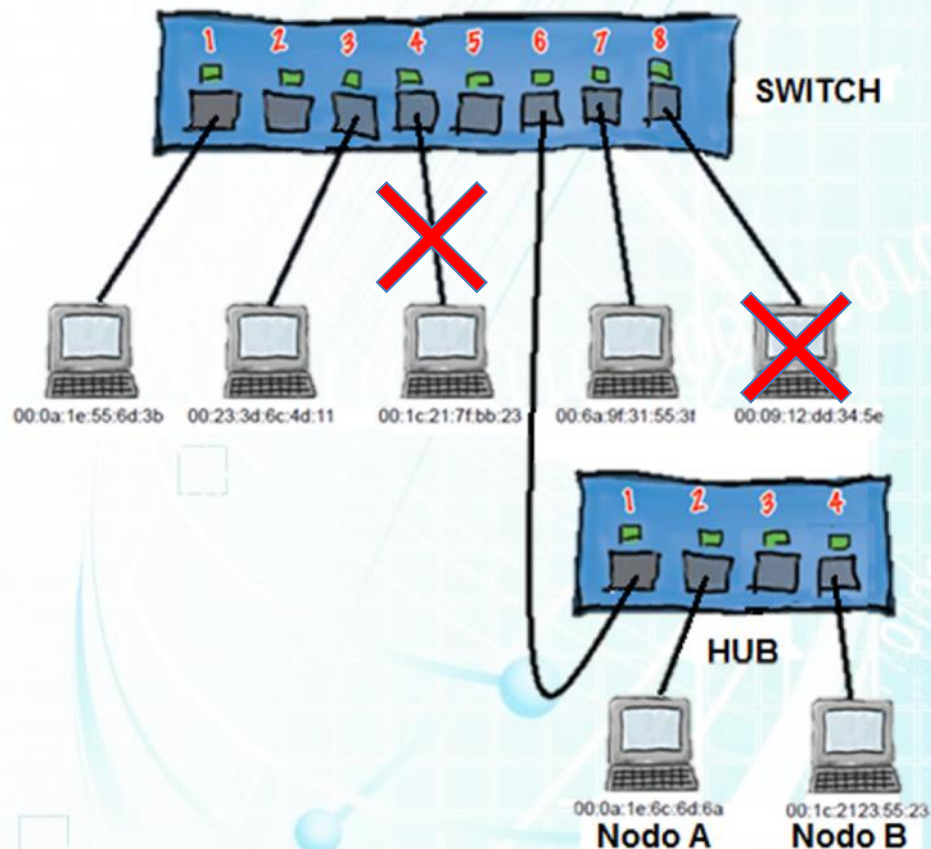


# Ethernet y sistemas de interconexión

## El switch o conmutador

### Tabla de asociación MAC – Actualización

Hemos visto que los *switches* tienen *tablas de asociación de MAC/puerto*. Como se puede deducir, en una red *una máquina se puede apagar*, se puede *cambiar algún cable de toma* en un switch, se *puede sustituir un ordenador, etc.* Es decir, hay posibilidades de que *una tabla de asociación quede anticuada* y se *produzcan errores*. Por ejemplo, si en la figura, *desconectáramos el cable de la toma 1 del switch y lo pasáramos a la '2'*, el switch *seguiría enviando los paquetes para la MAC 00:0a:1e:55:6d:3b a la toma '1'.*



### Actualización de tabla

Para evitar esto, el *switch usa el método de 'actualización' o 'aging'*, si *en un tiempo dado, no hay tráfico de una MAC en una toma se borra de la tabla.*

| Puerto | Dirección MAC     |
|--------|-------------------|
| 1      | 00:0a:1e:55:6d:3b |
| 3      | 00:23:3d:6c:3d:11 |
| 4      | 00:1c:21:7f:bb:23 |
| 7      | 00:6a:9f:31:55:3f |
| 8      | 00:09:12:dd:34:5e |
| 6      | 00:0a:1e:6c:6d:6a |
| 6      | 00:1c:21:23:55:23 |

# Ethernet y sistemas de interconexión

## El switch o conmutador

### Puertos – características y tipos

En textos anteriores, a las **tomas de los hubs o switch** las hemos llamado de muchas formas. **La forma más común de llamarlos es 'puertos' del inglés 'port'.** **No confundir con los 'puertos' lógicos de las capas de los protocolos.**

Actualmente predominan los puertos del tipo RJ-45 para pares trenzados en diferentes velocidades, aunque también se pueden encontrar puertos para fibra óptica o modulares. Veamos las características que definen a un switch con respecto a sus puertos.

### Puertos fijos

- ✓ **Medio de transmisión** (pares trenzados UTP, fibra óptica, etc.)
- ✓ **Número de puertos** (8, 16, 24, 48, etc.), en el mercado existen multitud de opciones.
- ✓ **Velocidad/es soportada/s** por los puertos (10, 100, 1000, 10Gb, 40Gb, etc.), **a más velocidad, mayores precios.**
- ✓ **Modo de trabajo half-duplex / full-duplex.**
- ✓ **Posibilidades MDI/MDI-X**, es decir **autoconmutación** en el modo para no precisar **cables cruzados.**



Puertos fijos

Modulares

### Puertos modulares

Aparecen en algunos switch sobre todo para **enlaces troncales**, son puertos '**vacíos**', donde podemos conectar **un pequeño módulo** que va a determinar el **medio de transmisión, su velocidad, etc.** Los más comunes son los **GBIC** y los **SFP**.

**GBIC** (Gigabit Interface Converter) comenzó para ofrecer Gigabit Ethernet, aunque ya existen diferentes módulos para fibra y UTP.

**SFP** (Small Form-factor Pluggable), más pequeño que GBIC (mini-GBIC), utilizado para diferentes velocidades en fibra o en cable UTP.





# Ethernet y sistemas de interconexión

## El switch o conmutador

### Características avanzadas

Normalmente, los switches **cumplen las funciones descritas de forma automática**, aprendizaje, creación de tablas, adaptación a la velocidad del interfaz conectado (10/100/1000,etc), conexión MDI o MDI/X, half-duplex o full-duplex, etc.

Existen switches sobre los que se puede actuar y usar **prestaciones avanzadas** en menor o mayor medida (**switches configurables**), a continuación vamos a ver alguna de esas prestaciones.

### Selección de modo y velocidad del puerto

Normalmente, **los puertos funcionan en modo 'Auto'** y se adaptan a la velocidad y modo necesario, en algunos casos, por problemas de **'autonegociación'** es posible **determinar la velocidad y el modo de funcionamiento de cada puerto**. Normalmente se hace desde una **consola de comandos** aunque algunos disponen también de **un interfaz gráfico** como el que podemos ver en la figura en el que se puede seleccionar velocidad **'Auto', 10, 100 o 1000 y modo full-duplex o half-duplex**.

#### Ether Switch Port Control

SMCD3GN's ether switch allows users to control the enable/disable, auto-negotiation enable/disable, line speed and mode if auto-negotiation is disabled. Users could set the following table according to their need. For example, if they want to setup port 1 for 10Mbps and half duplex, they could just leave the checkboxes of the Auto, Speed and Mode to be blank for port 1. If they want to set for 100Mbps and full duplex, they need to leave the Auto checkbox to be blank and check the checkboxes of Speed and Mode for port 1. If they want the auto-negotiation, just check the the Auto checkbox.

| Switch Port | Auto                                | Speed(10/100/1000)                                                                                   | Mode(H/F)                                | Enable                              |
|-------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1           | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="radio"/> 10Mbps <input type="radio"/> 100Mbps <input checked="" type="radio"/> 1000Mbps | <input checked="" type="checkbox"/> Full | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 2           | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="radio"/> 10Mbps <input type="radio"/> 100Mbps <input checked="" type="radio"/> 1000Mbps | <input checked="" type="checkbox"/> Full | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3           | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="radio"/> 10Mbps <input type="radio"/> 100Mbps <input checked="" type="radio"/> 1000Mbps | <input checked="" type="checkbox"/> Full | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4           | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="radio"/> 10Mbps <input type="radio"/> 100Mbps <input checked="" type="radio"/> 1000Mbps | <input checked="" type="checkbox"/> Full | <input checked="" type="checkbox"/> |

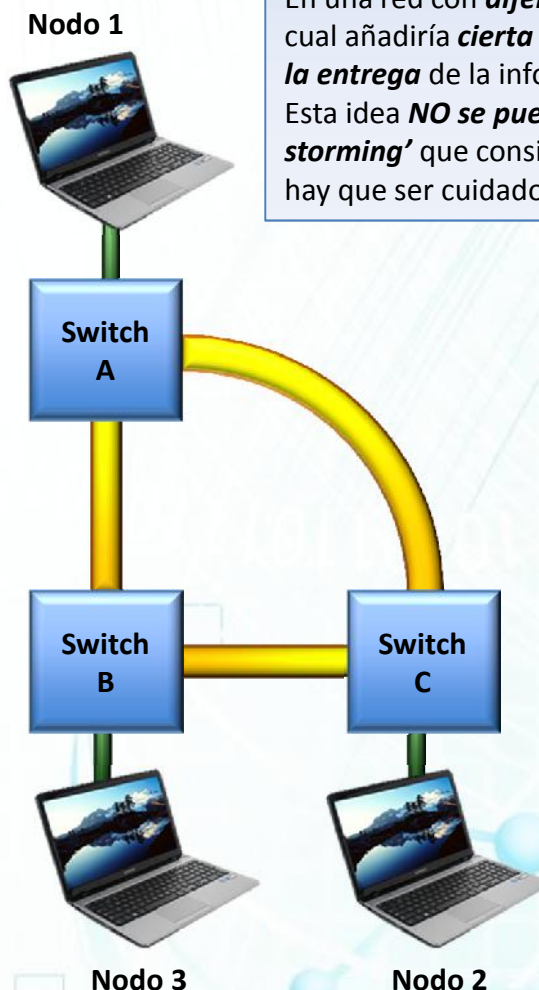
# Ethernet y sistemas de interconexión

## El switch o conmutador

### Características avanzadas: Redundancia

En una red con **diferentes 'switches'** podría ser interesante **poder conectarlos entre sí con más de una conexión**, lo cual añadiría **cierta seguridad**, ya que **si se estropea uno de los enlaces**, siempre habría **otro camino posible para la entrega** de la información.

Esta idea **NO se puede llevar a cabo con switches no avanzados**, ya que se produce el problema del '**broadcast storming**' que consiste en que los paquetes emitidos por '**inundación**' **se repiten continuamente saturando la red**, hay que ser cuidadoso para **evitar este tipo de conexión de forma accidental**.



### Broadcast storming

Imaginemos que las **tablas de los switches están vacías** y que el **Nodo 1 envía un mensaje al Nodo 2**, el **Switch A que no sabe donde está el Nodo 2 los envía al B y al C**, cuando llega al B y al C, **ambos transmiten por todos los puertos el mensaje que llega a C y B**, que a su vez lo transmiten a A y así de forma cíclica.

Además de este tipo de problema, si **el Nodo 3 emite un mensaje 'broadcast'**, el **Switch B lo pasa a A y C**, como el mensaje es '**broadcast**', A y C lo pasan a su vez a los dos switches próximos y tenemos un '**broadcast storming**' o '**tormenta broadcast**'. La red se colapsa con mensajes inútiles.

### Spanning Tree Protocol (STP)

Los **switches avanzados** que incorporan este **protocolo (802.1d y 802.1w)** permiten las **conexiones redundantes**. El protocolo comunica a los switches entre sí y mediante unos **algoritmos calcula las rutas idóneas (según velocidades de enlace, etc.)** y **activa los puertos 'designados' y desactiva los 'no asignados' (reserva)**, en caso de que se **perdiera la comunicación en un puerto 'asignado'**, **se activaría el no asignado necesario** para recuperar la conectividad.

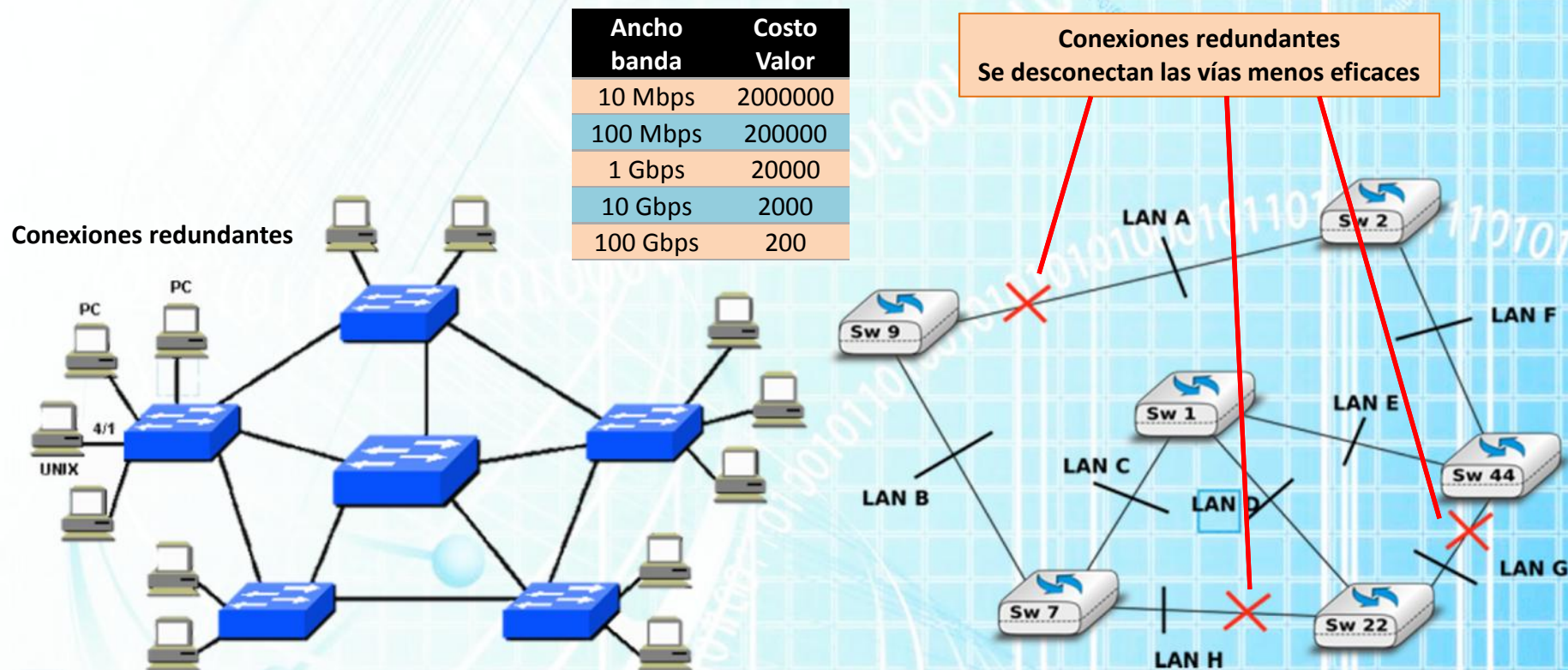


# Ethernet y sistemas de interconexión

## El switch o conmutador

### Características avanzadas: Spanning Tree Protocol

En una **red con diferentes 'switches'** que soportan **STP y lo tienen activado**, se establece un **diálogo** para determinar cuales son las **conexiones más eficaces 'desconectando' las menos eficaces**. En caso de que alguna **conexión falle, se activarán las conexiones** necesarias (que se desconectaron) para restablecerla. Las conexiones se califican con un **algoritmo llamado STA** que sobre todo **depende de la velocidad entre conexiones**.



# Ethernet y sistemas de interconexión

## El switch o conmutador

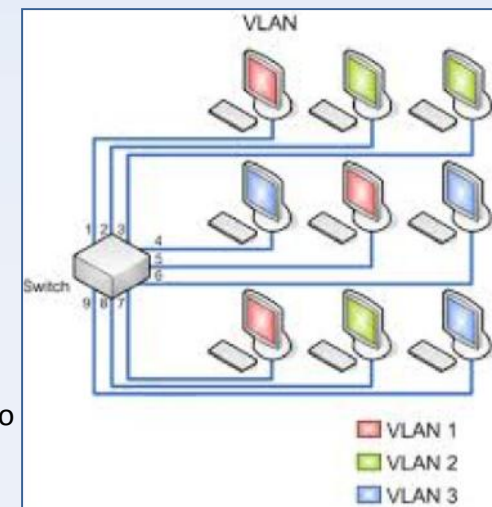
### Redes virtuales: VLAN

Con el **crecimiento de las redes en tamaño y complejidad**, apareció la posibilidad de crear, en una estructura de red con switches, diferentes **redes virtuales**, es decir **redes 'separadas' a efectos de uso (lógicos)**, pero que **comparten medios electrónicos (switches con la función avanzada de VLAN)**.

- Las **VLAN se crean configurando los switches a voluntad del administrador**, de forma que se **asignan los puertos de cada switch a las VLAN que se deseen**, formando **grupos de nodos**. A efectos prácticos, **las redes VLAN están aisladas entre sí**.
- Esta separación permite establecer **separación entre grupos de usuarios**, incluyendo los paquetes de **broadcast que solo se propagan en su VLAN**. Para **comunicar diferentes VLAN entre sí** será necesario el uso de **dispositivos que trabajen en una capa superior (capa 3 de red)**, tales como los **routers** que se verán más adelante.

### Ejemplos de usos comunes de las VLAN

- **Seguridad: Separar sistemas con datos 'sensibles'** del resto de las redes, disminuyendo las posibilidades de intentos de ataques o de acceso a la información.
- **Aplicaciones especiales:** Proyectos especiales que requieran **agrupamiento de nodos sin interferir con otros**.
- **Mejora prestaciones/ancho de banda:** con un estudio detallado de las redes se pueden establecer organizaciones de nodos más eficientes.
- **Tráfico broadcast:** Al **no propagarse los paquetes de broadcast** nada más que por su VLAN, disminuye el tráfico provocado por estos mensajes.
- **Organización de redes por departamentos o tareas:** por ejemplo, gubernamental, en un edificio **una sola red física para diferentes ministerios u organismos**.





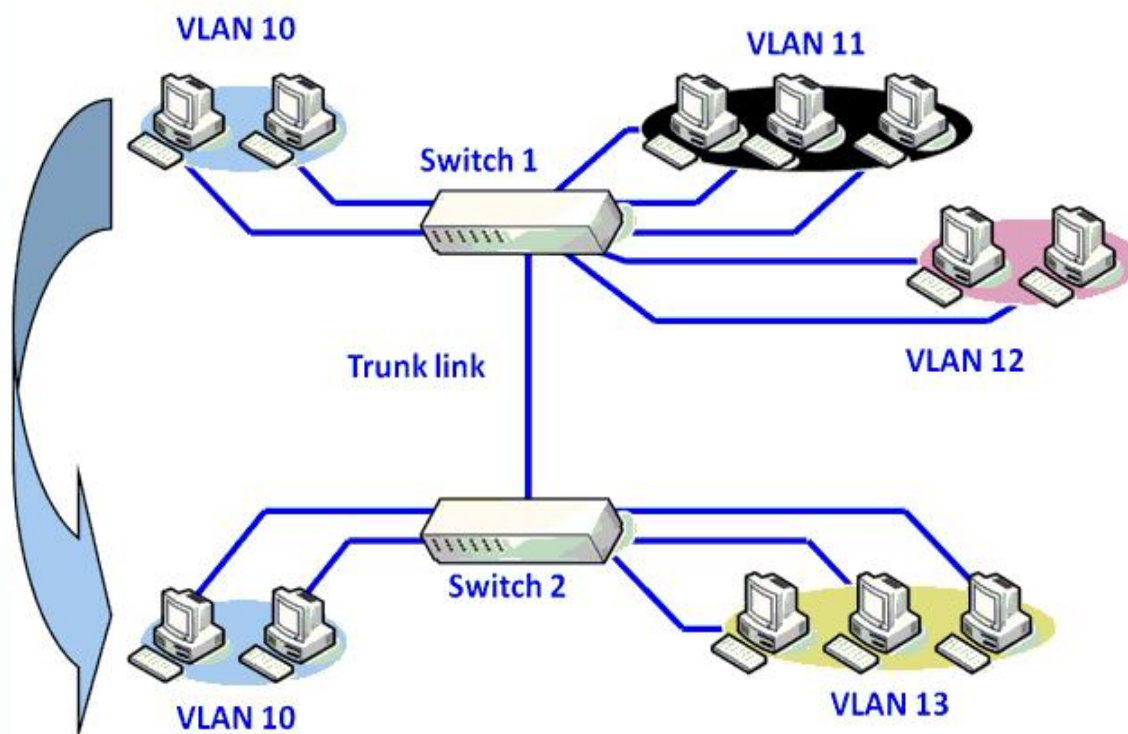
# Ethernet y sistemas de interconexión

## El switch o conmutador

### Redes virtuales: VLAN

Las **VLANs** más usadas en un switch son las basadas en puertos, también conocidas como “**port switching**”. En ella se especifica **qué puertos del switch pertenecen a la VLAN**, los **miembros de dicha VLAN son los que se conectan a esos puertos**. **No permite la movilidad de los usuarios**, habría que **reconfigurar las VLANs si el usuario se mueve físicamente**.

En la mayoría de los casos las **VLAN se crean y asignan mediante órdenes de consola** (terminal de texto) y con **acceso al hardware mediante un cable serie, telnet o ssh**. Se **crean las VLAN** y se le **asignan puertos**, a partir de ese momento, **estarán aislados los puertos como si se tratase de varios switches**. A continuación podemos ver un ejemplo.



```
Switch-1# configure terminal
Switch-1(config)# vlan database
Switch-1(config-vlan)# vlan 10 name administra
Switch-1(config-vlan)# vlan 20 name profesores
Switch-1(config-vlan)# vlan 30 name alumnos
Switch-1(config-vlan)# exit
Switch-1(config)# interface range f0/0 -15
Switch-1(config-if-range)# switchport
Switch-1(config-if-range)# switchport mode access
Switch-1(config-if-range)# switchport access vlan 10
Switch-1(config-if-range)# exit
Switch-1(config)# interface range f0/16 -31
Switch-1(config-if-range)# switchport
Switch-1(config-if-range)# switchport mode access
Switch-1(config-if-range)# switchport access vlan 20
Switch-1(config-if-range)# exit
Switch-1(config)# interface range f0/32 -47
Switch-1(config-if-range)# switchport
Switch-1(config-if-range)# switchport mode access
Switch-1(config-if-range)# switchport access vlan 30
Switch-1(config-if-range)# exit
```

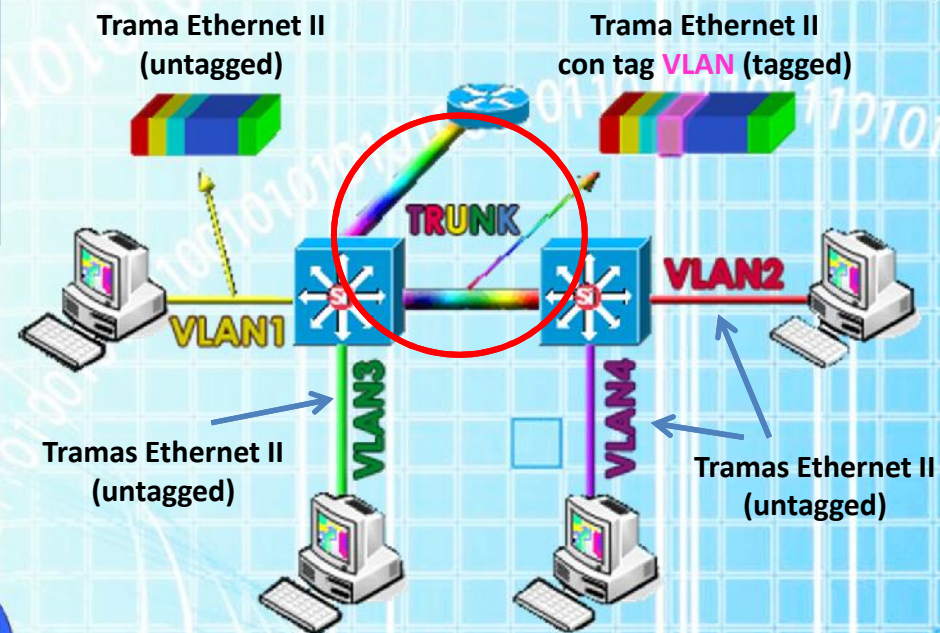
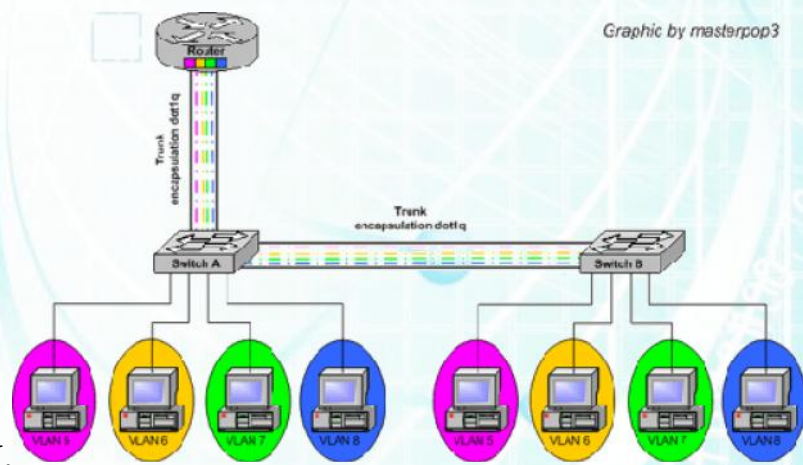
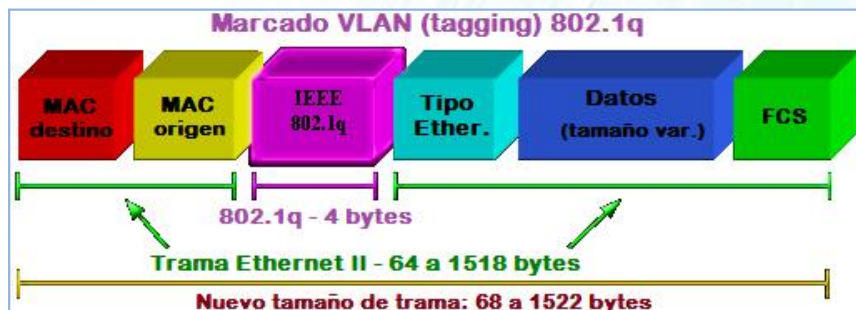
# Ethernet y sistemas de interconexión

## El switch o conmutador

### Redes virtuales: VLAN

Como se ve en la figura, **los puertos se asignan a una red virtual o VLAN**, por estos puertos **circulan tramas normales, sin marcar 'untagged'**, tal como las hemos visto hasta ahora. Los **equipos de una VLAN solo se pueden comunicar con equipos de su VLAN**. Como se puede observar, **es necesario que ciertas conexiones se compartan para todas las VLAN**, en este caso, **se marcarán las tramas 'tagged' para poder asignarlas en su destino a las redes adecuadas**. Cuando la **trama pasa a su red se le retira esta 'marca'**.

Estas conexiones se denominan **enlaces 'trunk', 'trunked' o 'trunk link'** y se definen en la configuración del switch. También se pueden agrupar 'links' para aumentar el 'ancho de banda', por ejemplo **unir de forma virtual dos puertos de 1Gb. Para conseguir 2 Gb**.



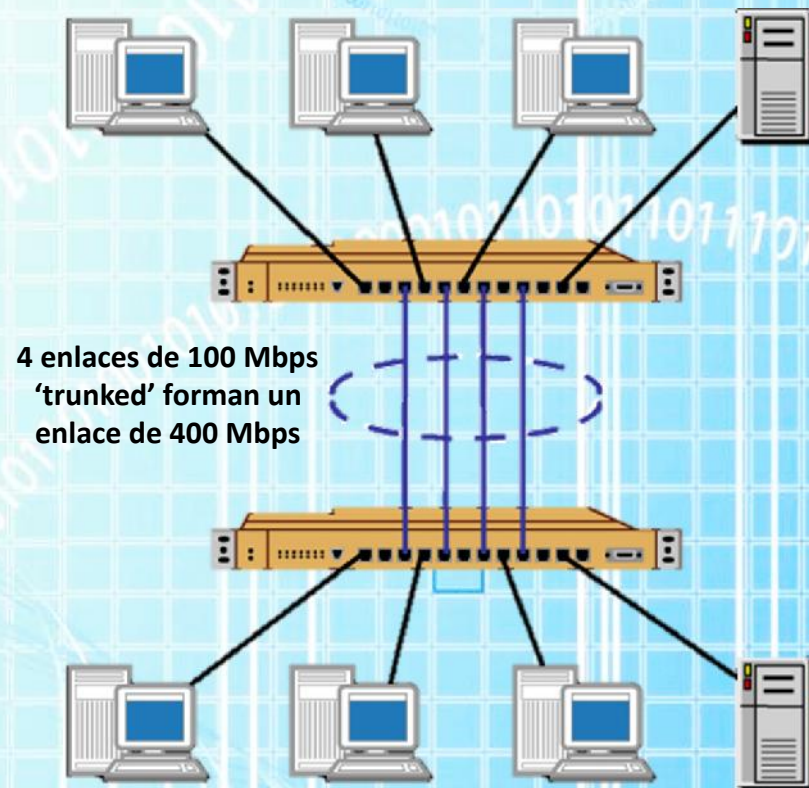
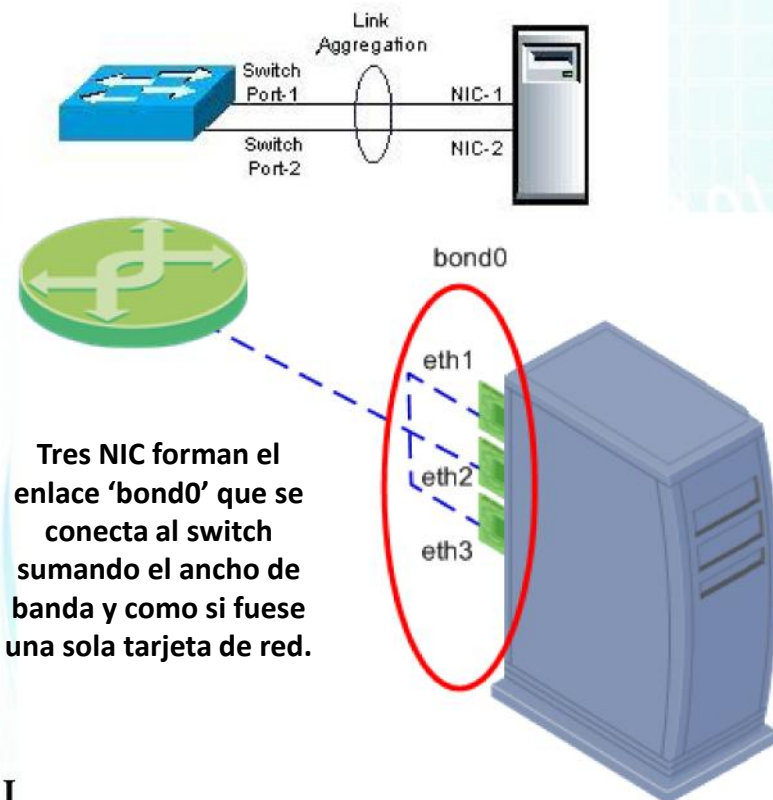


# Ethernet y sistemas de interconexión

## El switch o conmutador

### Link Aggregation – Port Trunking - NIC bonding

Esta **característica avanzada de algunos switches** permite la '**agregar enlaces**', es decir '**sumar enlaces**', usando '**port trunking**'. Esta tecnología consiste en **configurar el switch** de forma que **varios puertos se 'unan'**, sumando sus recursos y de esta forma **aumentando el ancho de banda disponible**. Se puede usar para **unir switches entre sí** o para **unir a servidores** o equipos informáticos. En el caso de unirse a equipos informáticos, será necesario configurar también la parte del servidor, **no es un proceso automático**. Existen soluciones cubiertas por el **LACP (Link Aggregation Control Protocol)** definido en **IEEE 802.1ax** o previamente por **802.3ad**, pero también hay soluciones **propietarias** (de fabricantes) **fuera de estándar**.



Sistemas Informáticos y Redes Locales

# Ethernet y sistemas de interconexión

## El switch o conmutador

### Calidad de servicio – Quality of Service (QoS)

**QoS** es una característica de algunos switches que priorizan el **tráfico de mayor importancia** (*voz, video en tiempo real*) para que este pueda pasar antes que el resto de los datos. El resultado es una mejora de las prestaciones **tráfico crítico** en la red.

Los **switches configurables** ('managed') **que tienen QoS** permiten ajustar **QoS por puerto a diferentes prioridades** para organizar el tráfico por niveles de importancia, a esto se le llama '**DiffServ**' (Servicios diferenciados).

### Seguridad IEEE 802.1x

La **IEEE 802.1X** es una norma para el control de acceso a red basada en puertos. Permite la **autenticación de dispositivos** conectados a un **puerto LAN**, estableciendo una conexión punto a punto o previniendo el acceso por ese puerto si la autenticación falla. 802.1X está disponible en **ciertos switches** de red y **puede configurarse para autenticar nodos (S.I.)** que están equipados con **software suplicante**, es decir, **hay que configurar 802.1x en el equipo**. Esto **elimina el acceso no autorizado a la red al nivel de la capa de enlace de datos**.

### Port mirroring – puerto espejo

Como hemos visto antes, una de las **ventajas de los switches** es que todo el **tráfico se divide de forma inteligente**. Si tenemos un **problema en la red** y queremos ver **TODO o PARTE** del tráfico no podemos hacerlo. El **puerto espejo** o **port mirroring** lo incorporan algunos switches y **permite enviar copias de paquetes de red a una conexión de red en otro puerto del switch**. Esto es comúnmente utilizado para aplicaciones de red que requieren **monitorear el tráfico de la red**, tal como una **intrusión** al sistema.



### Managed switch – Switch gestionable

Todas las **características avanzadas** que hemos visto **NO están incorporadas en todos los switches**. Los que tienen **posibilidades avanzadas se denominan 'managed switch'** y pueden soportar algunas de **estas funciones**. Como se comentó antes, la configuración se suele hacer mediante una **conexión especial (consola)** o **por la misma red**.



# Ethernet y sistemas de interconexión

## El switch o conmutador

### Power Over Ethernet - PoE

La **traducción** de este concepto sería algo así como '**energía sobre Ethernet**' y es una tecnología que permite **llevar alimentación eléctrica a dispositivos** que están conectados mediante cable Ethernet **sin necesidad de llevar cableado extra**.

Como **se puede deducir** por las características de los **cables UTP**, **no se pueden llevar grandes cantidades de energía**, pero puede ser **suficiente para alimentar dispositivos remotos** como **puntos de acceso, teléfonos VoIP, cámaras de video IP, etc.**

Esta tecnología permite la **simplificación de la infraestructura de cableado**. Un **dispositivo que soporte y use PoE** obtendrá tanto los **datos como la alimentación** por el **cable de red Ethernet**.

La primera versión de esta tecnología se publicó en el estándar **IEEE 802.3af en 2003** y la revisión y ampliación **802.3at en el año 2009**. En el **estándar PoE se distinguen dos dispositivos**:

- **PSE (Power Sourcing Equipment)**. Generan la alimentación que irá por los cables de datos Ethernet.
  - **Endspans**, son **switches Ethernet** que incluyen la electrónica para la transmisión de la **señal de alimentación eléctrica**.
  - **Midspans**, son **inyectores de potencia** que se ubican **entre un switch sin PoE y el dispositivo que requiere alimentación** por PoE.



# Ethernet y sistemas de interconexión

## El switch o conmutador

### Power Over Ethernet - PoE

El estándar **IEEE 802.3at** especifica **dos tipos de sistemas PoE: Tipos I y II**. El Tipo I cumple las características de la primera versión del estándar **IEEE 802.3af** y el **Tipo II es el nuevo sistema PoE con características mejoradas**. El siguiente cuadro muestra un resumen de las características de los dos tipos.

| Comparación entre estándares PoE    |                                                 |                                                                                                 |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Características                     | 802.3af (802.3at Tipo 1)                        | 802.3at Tipo 2                                                                                  |
| Energía entregada a dispositivo     | 12.95 W                                         | 25.50 W                                                                                         |
| Máxima energía entregada por el PSE | 15.40 W                                         | 34.20 W                                                                                         |
| Rango de tensión (en PSE)           | 44.0–57.0 V                                     | 50.0–57.0 V                                                                                     |
| Rango de tensión (en dispositivo)   | 37.0–57.0 V                                     | 42.5–57.0 V                                                                                     |
| Máxima corriente                    | 350 mA                                          | 600 mA                                                                                          |
| Máxima resistencia del cable        | 20 $\Omega$ (categoría 3)                       | 12.5 $\Omega$ (categoría 5)                                                                     |
| Gestión de energía                  | Tres niveles negociados en la conexión inicial. | Cuatro niveles negociados en la conexión inicial o pasos de 0,1 W negociados de forma continua. |
| Cableado soportado                  | Categoría 3 y categoría 5                       | Categoría 5                                                                                     |
| Modos soportados                    | Modo A (endspan), modo B (midspan)              | Mode A, Mode B                                                                                  |



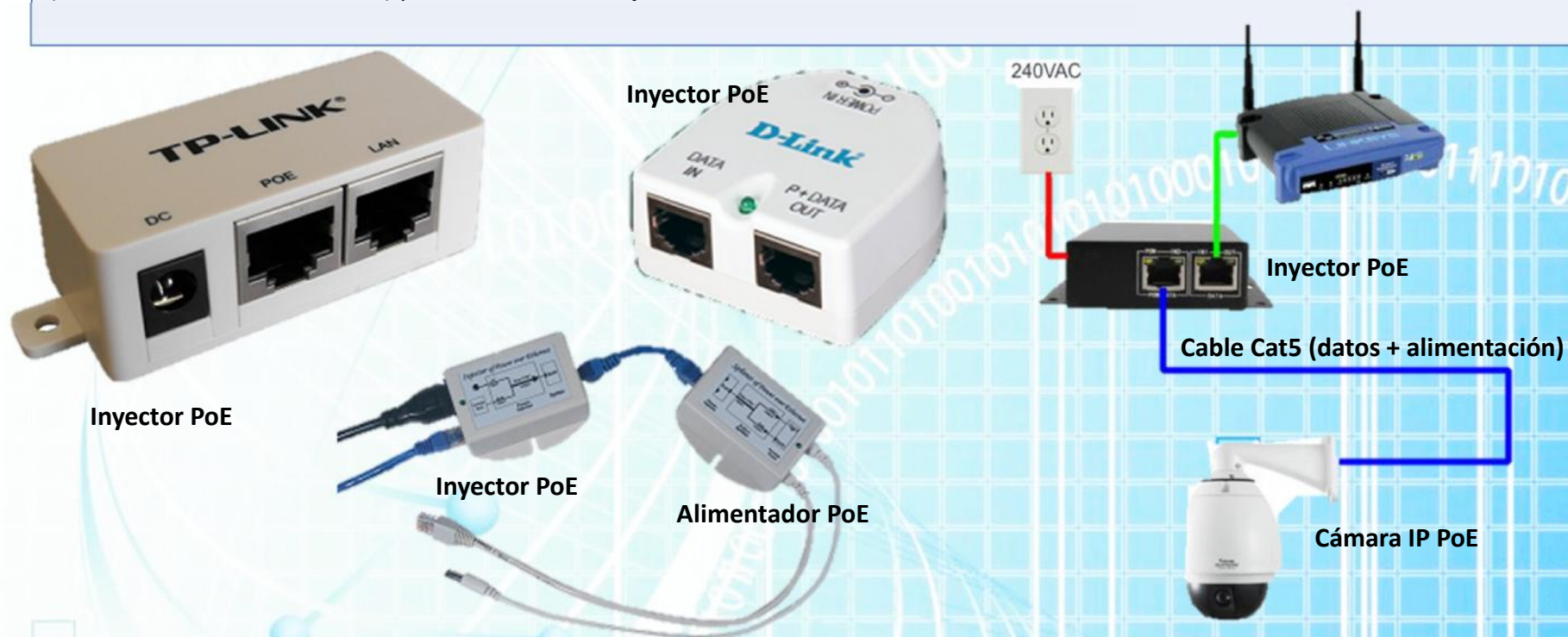
# Ethernet y sistemas de interconexión

## El switch o conmutador

### Power Over Ethernet - PoE

La **corriente suministrada** a través de la infraestructura LAN **se activa** de forma automática **cuando se identifica un terminal compatible** y **se bloquea** ante dispositivos preexistentes que **no sean compatibles**. Esta característica permite a los usuarios **mezclar en la red con total libertad y seguridad dispositivos preexistentes con dispositivos compatibles con PoE**.

Para **implementar PoE** en una **red que no se dispone de dispositivos que la soporten** directamente se usa una **unidad base** (con conectores RJ45 de entrada y de salida) con un adaptador de alimentación **para inyectar la energía** en la red y una **unidad terminal** (también con conectores RJ45) para **alimentar el dispositivo**.



# Ethernet y sistemas de interconexión

## El switch o conmutador

### Power Over Ethernet – PoE

#### Ventajas

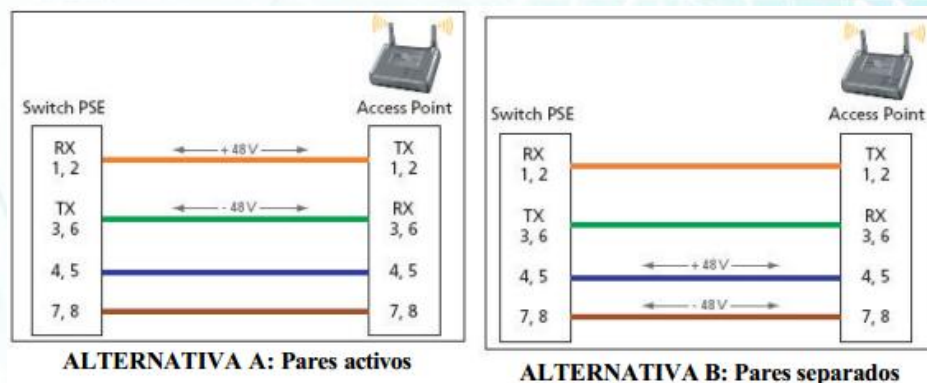
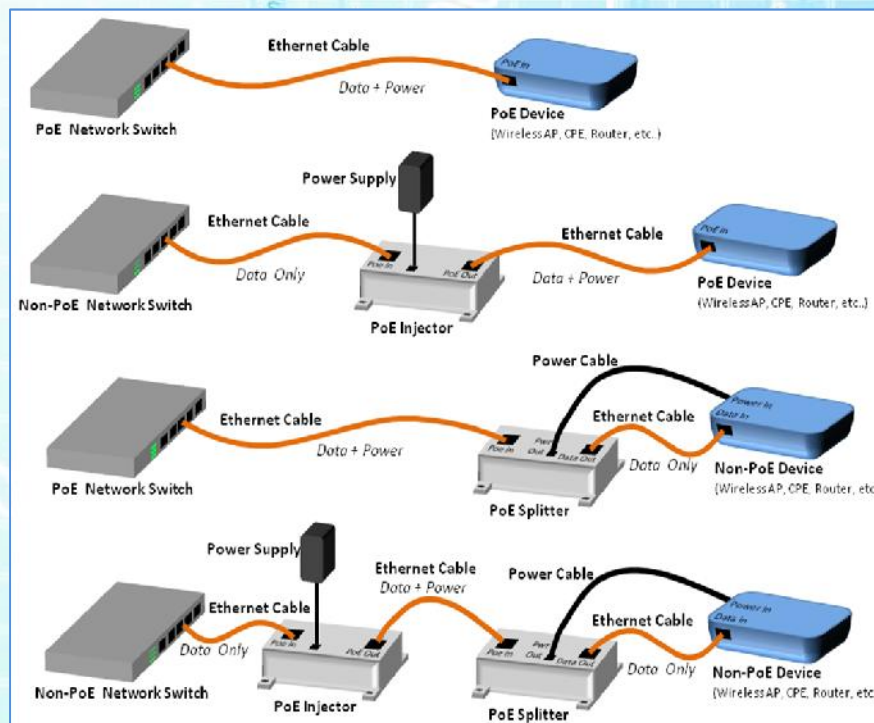
PoE *simplifica* y abarata la creación de **un suministro eléctrico** robusto para los sistemas: **Centralización de la alimentación a través de switches PoE** significa que los sistemas basados en PoE se pueden enchufar a una **SAI central**, que ya se emplea en algunas instalaciones y en caso de corte de electricidad, podrá **seguir funcionando sin problemas** (puntos de acceso, cámaras de seguridad, etc.).

Se **instala fácilmente** allí donde pueda colocarse un cable LAN y no existen las limitaciones debidas a la proximidad de una base enchufe (hay que tener en cuenta la distancia debido a la caída de tensión), a mayor longitud mayor pérdida de voltaje.

#### Desventajas

Para poder **usar PoE**, todos los **dispositivos de red** (Switches, cámaras IP, puntos de acceso, teléfonos, etc.) **deben ser compatibles con esta norma**.

### Variantes PoE



**PoE puede usar los pares libres** que quedan en las redes 10/100 o usar los pares **de cables con datos superponiendo información y alimentación**. Existen chips especializados para estas operaciones.



# Bibliografía

- ❖ Aspectos básicos de networking - Autores: Dye, McDonald, Rufin - Editorial: Pearson Educación
- ❖ LAN inalámbrica y conmutada - Autor: Lewis - Editorial: Pearson Educación
- ❖ Sistemas Informáticos y redes locales - Autor: Manuel Santos y Juan Carlos Moreno - Editorial: Ra-Ma
- ❖ Redes de computadoras - Autor: Tanenbaum - Editorial: Pearson

## DIRECCIONES DE INTERÉS

- ✓ [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org) - La enciclopedia libre
- ✓ [www.cisco.com](http://www.cisco.com) - Fabricante de dispositivos de red
- ✓ [www.enterprisenetworkingplanet.com](http://www.enterprisenetworkingplanet.com) – Artículos sobre redes
- ✓ [www.webopedia.com](http://www.webopedia.com)
- ✓ [compnetworking.about.com](http://compnetworking.about.com)
- ✓ [redesdecomputadoras.es.tl](http://redesdecomputadoras.es.tl)
- ✓ Búsquedas con [www.google.com](http://www.google.com)

