

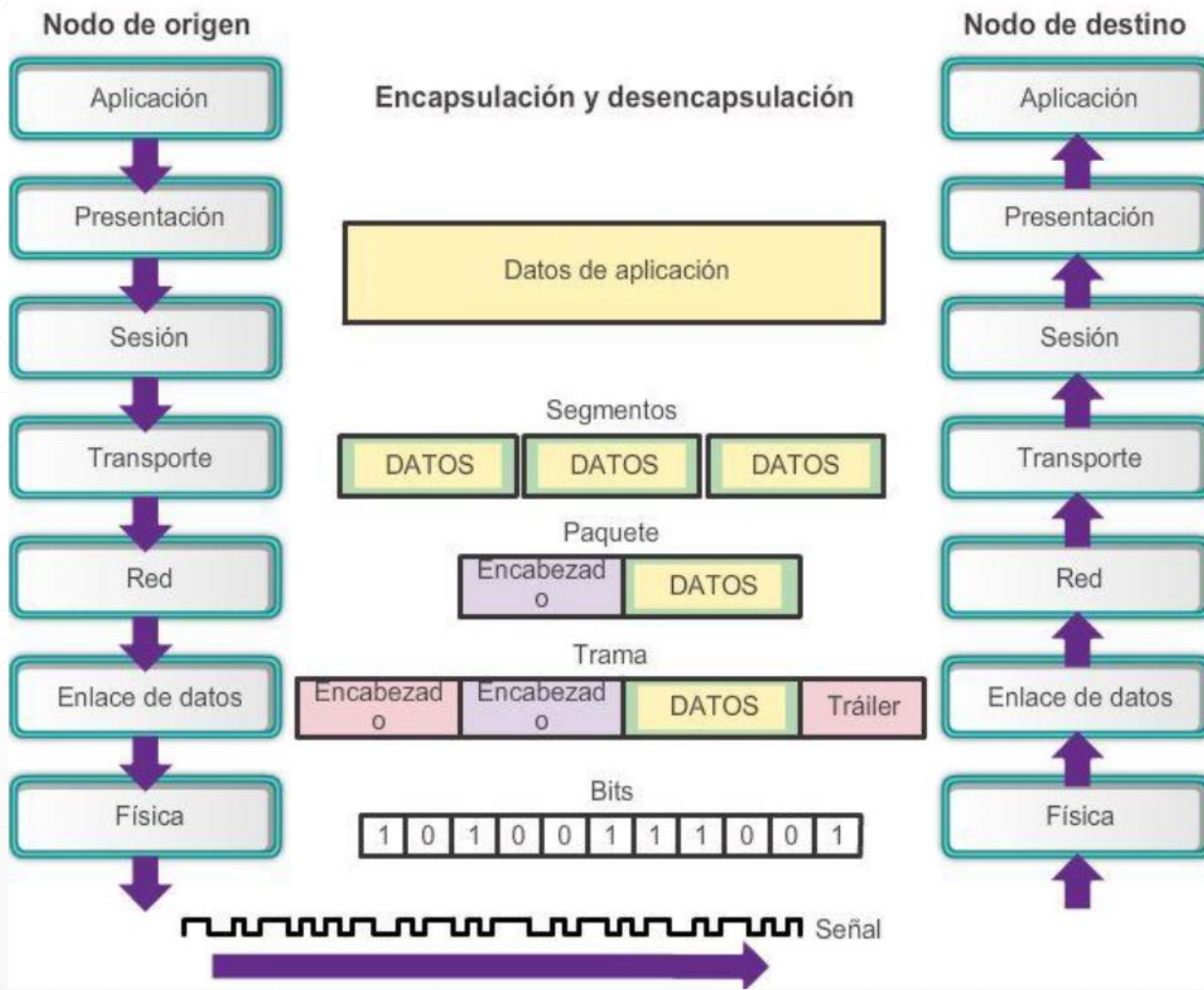
# Capa 1 - Física

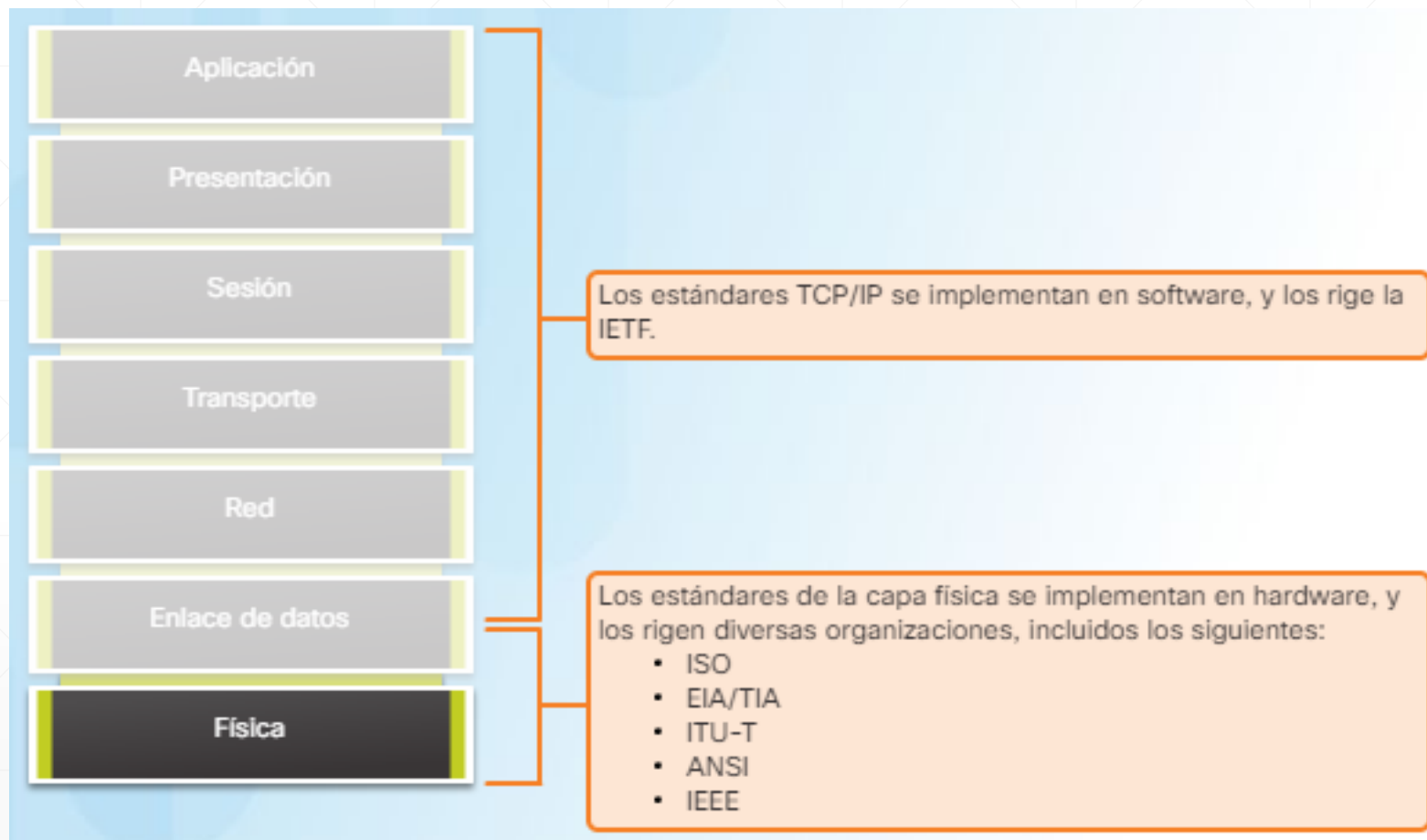
---

Redes I

# Proceso de transmisión de nodo a nodo

- La capa de transporte segmenta los datos de usuario, la capa de red los coloca en paquetes, y la capa de enlace de datos los encapsula en forma de trama.
  - La capa física codifica las tramas y crea las señales eléctricas, ópticas o de ondas de radio que representan los bits en cada trama.
  - Estas señales se envían por los medios una a la vez.
  - La capa física del nodo de destino recupera estas señales individuales de los medios, las restaura a sus representaciones en bits y pasa los bits a la capa de enlace en forma de trama completa.
-





# Medios

- Cable de cobre: las señales son patrones de pulsos eléctricos.
  - Cable de fibra óptica: las señales son patrones de luz.
  - Conexión inalámbrica: las señales son patrones de transmisiones de microondas.
-

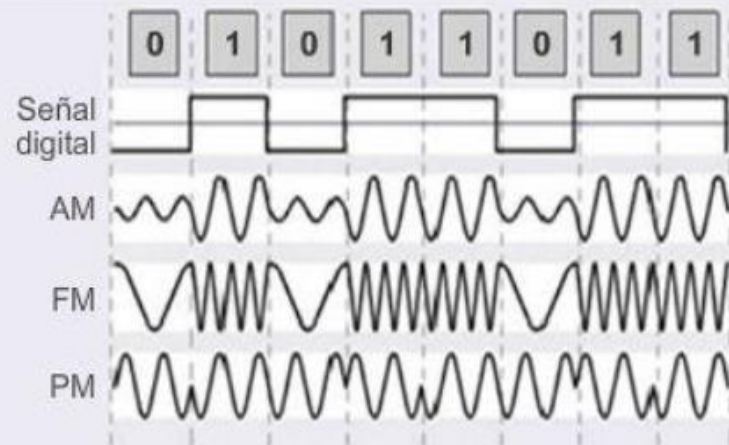
Señal saliente (Tx)



**Señales eléctricas:**  
Cable de cobre



**Pulso de luz:**  
Cable de fibra óptica



**Señales de microondas:**  
Tecnología inalámbrica

Organismo de estandarización	Estándares de red
ISO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ISO 8877: adoptó oficialmente los conectores RJ (p. ej., RJ-11, RJ-45).</li> <li>• ISO 11801: Estándar de cableado de red similar a EIA/TIA 568.</li> </ul>
EIA/TIA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TIA-568-C: estándares de cableado de telecomunicaciones, utilizados en casi todas las redes de datos, voz y video.</li> <li>• TIA-569-B: estándares de construcción comercial para rutas y espacios de telecomunicaciones.</li> <li>• TIA-598-C: código de colores para fibra óptica.</li> <li>• TIA-942: estándar de infraestructura de telecomunicaciones para centros de datos.</li> </ul>
ANSI	568-C: Diagrama de pines RJ-45. Desarrollado conjuntamente con EIA/TIA.
ITU-T	G.992: ADSL
IEEE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 802.3: Ethernet</li> <li>• 802.11: LAN inalámbrica (WLAN) y malla (certificación Wi-Fi)</li> <li>• 802.15: Bluetooth</li> </ul>

# Áreas funcionales de la capa física

- Componentes físicos
- Codificación
- Señalización





# Componentes físicos

- Dispositivos electrónicos
  - Medios
  - Conectores
  - Adaptadores de red (NIC)
  - Interfaces
-

# Señal analógica versus señal digital

- Señal analógica: valores continuos, cualquier valor es posible dentro de un rango.
  - Señal digital: valores discretos prefijados
-

# Banda base versus banda pasante

- Banda base: los bits se traducen directamente en voltajes eléctricos o pulsos luminosos en el medio de transmisión. Banda que se utiliza para señal digital.
  - Banda pasante: los bits son modulados en una onda portadora, utilizando un canal de un ancho de banda definido. Banda que se utiliza para las señales analógicas.
    - Los canales inalámbricos 802.11 trabajan a 20 MHz de ancho de banda.
-

# ¿Es digital o analógica?

Transmisión analógica	Transmisión digital
<ul style="list-style-type: none"><li>• Redes CATV</li><li>• Redes ADSL</li><li>• Modems telefónicos</li><li>• Medios inalámbricos (todos):<ul style="list-style-type: none"><li>- Wifi</li><li>- Bluetooth</li><li>- GSM</li><li>- Satélite</li><li>- Microondas terrestres</li></ul></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Redes locales cableadas (todas)</li><li>• Fibra óptica (todas)</li></ul>

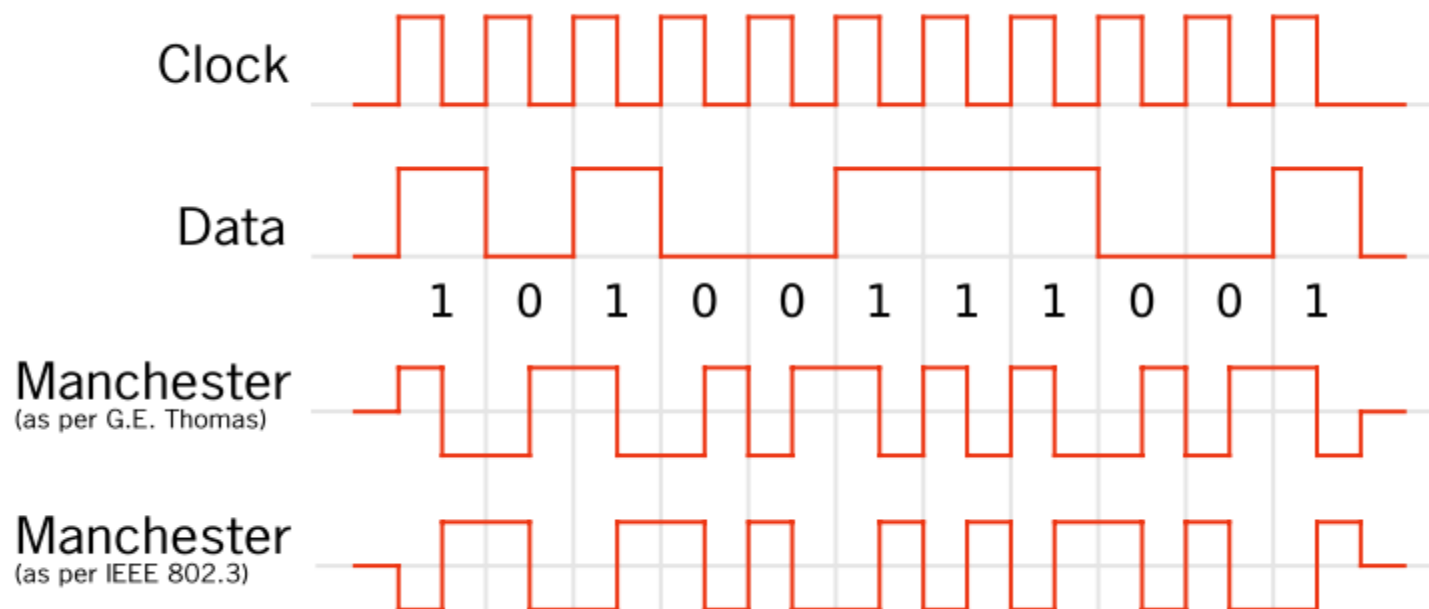
# Codificación

- Convierte un stream de bits de datos en un “código” predefinido.
  - Patrón de voltaje o corriente para representar los bits (0 y 1)
  - Códigos de control de inicio y fin de las tramas.
-

# Codificación Manchester

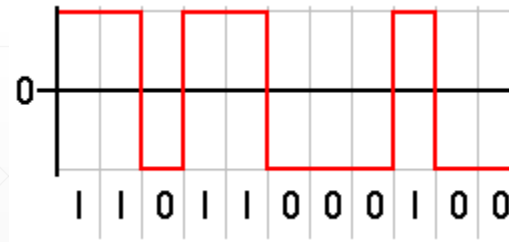
- Los 0 se representan median transición de voltaje de alto a bajo.
  - Los 1 se representan como una transición de voltaje de bajo a alto.
  - Utilizado en versión inicial de Ethernet, RFID y transmisión de datos de proximidad.
  - Conocida como codificación bifase-L.
  - Codificación autosincronizada: cada bit porta una señal de reloj.
-

# Codificación Manchester



## Sin retorno a 0 (NRZ)

- Codificación discreta “cero” y “uno”, sin posición neutral o de descanso.
- Los 0 se representan con un nivel de voltaje (-1V) y los 1 por un voltaje diferente (1 V).





# Señalización

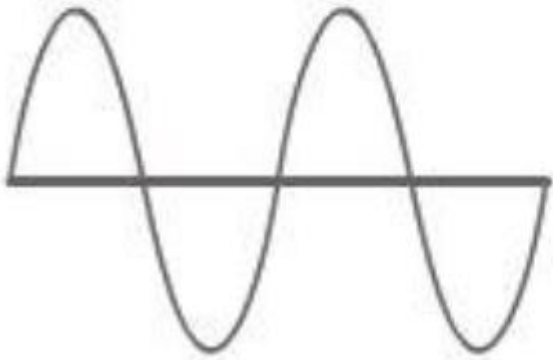
- La capa física debe generar las señales inalámbricas, ópticas o eléctricas que representan los “1” y los “0” en los medios.
  - Asíncrona:
    - Sin una señal de reloj asociada.
    - El espacio de tiempo entre bloques de datos puede tener una duración aleatoria.
  - Síncrona:
    - La señal se envía con una señal de reloj
    - Duraciones de tiempo uniforme denominadas “tiempo de bit”
-

# Modulación

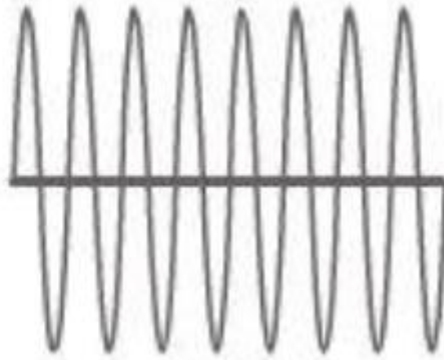
- Proceso por el cual la característica de una onda (la señal) modifica a otra onda (la portadora).
  - Técnicas de modulación:
    - Modulación de frecuencia (FM)
      - Frecuencia de la portadora varia de acuerdo con la señal
    - Modulación de amplitud (AM)
      - Amplitud de la portadora varía de acuerdo a la señal
    - Modulación por códigos de pulsos (PCM)
      - Señal analógica, como la voz, se convierte en señal digital mediante el muestreo de la amplitud de la señal.
-

# Modulación de frecuencia (FM)

Onda de modulación



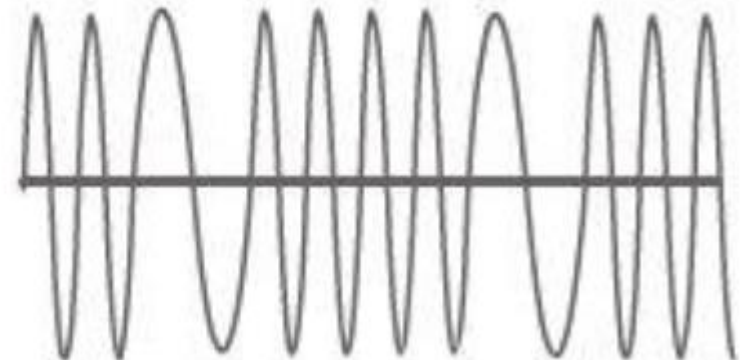
Señal portadora



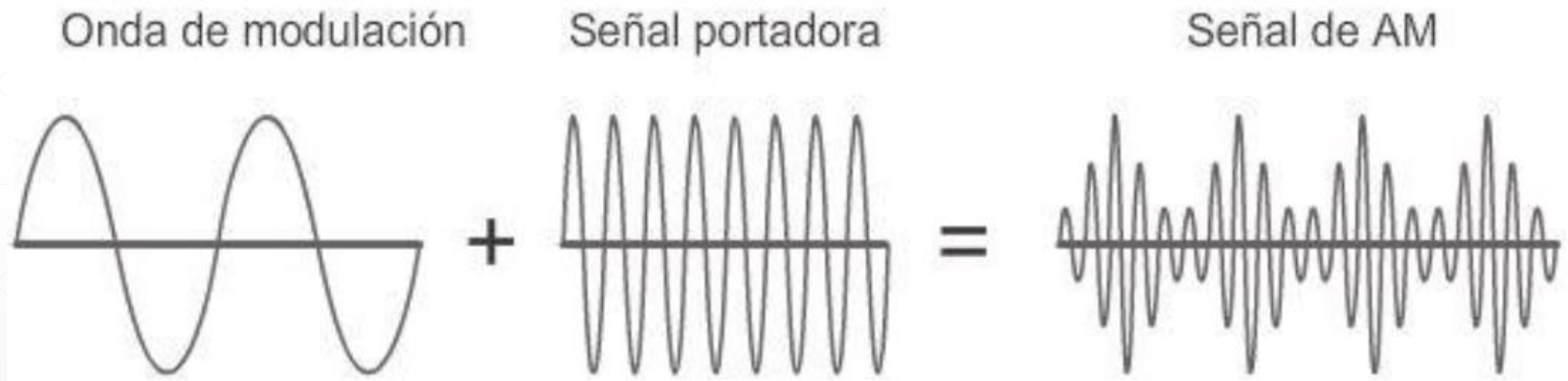
+

=

Señal de FM

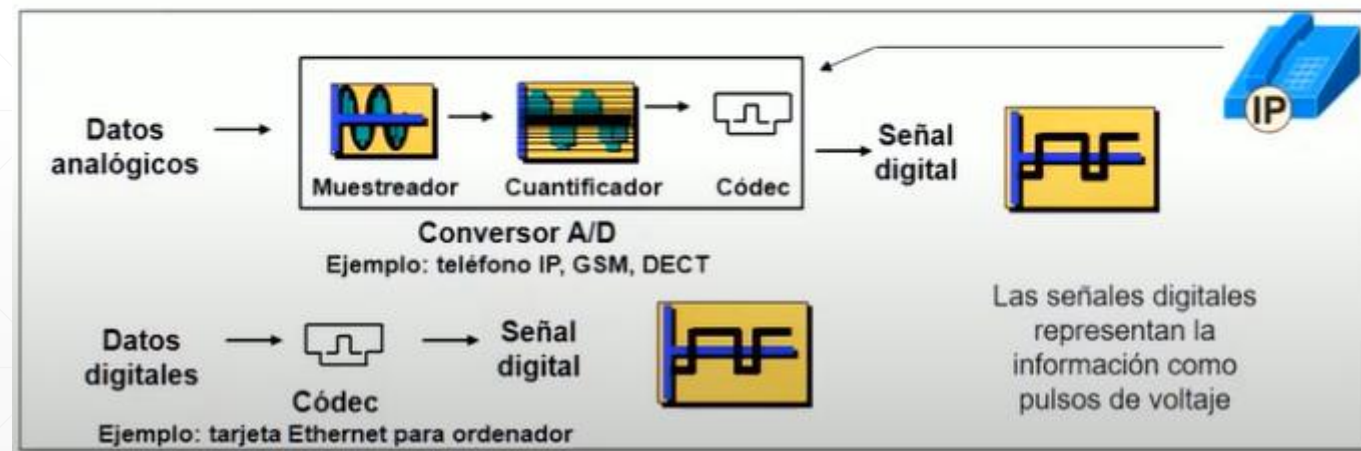
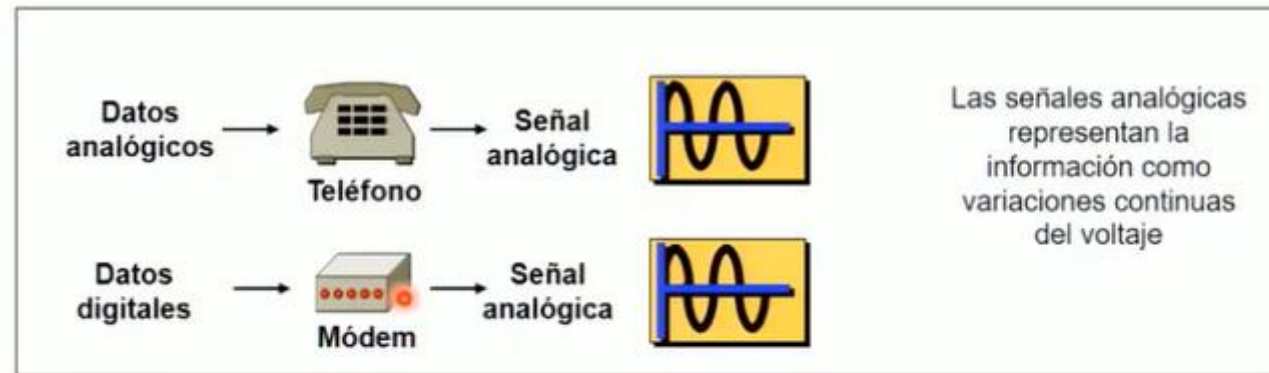


# Modulación de amplitud

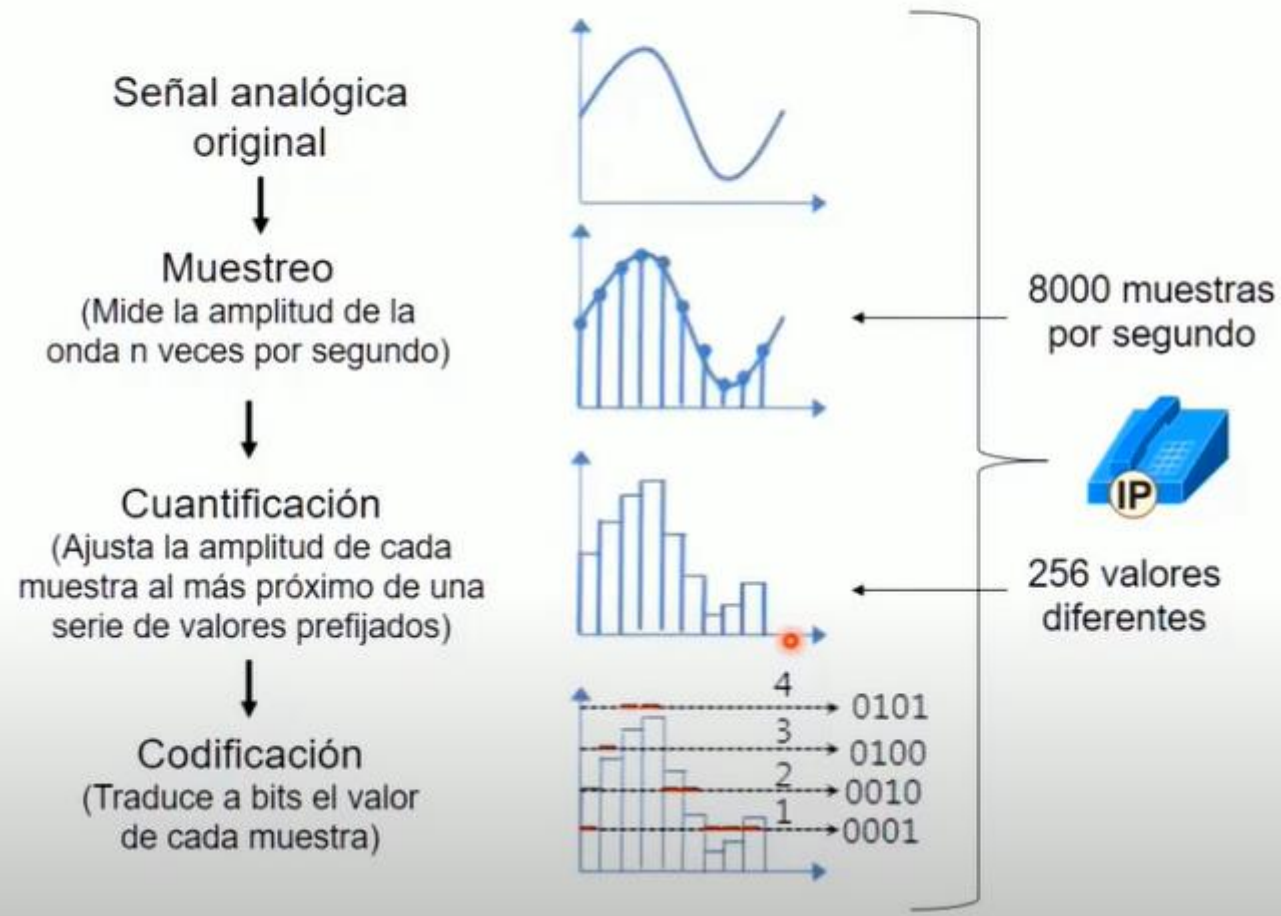


# Modem y Codec

- **Módem (MODulador-DEModulador):** convierte señales digitales a analógicas y viceversa.
  - **Códec (Codificador-Decodificador):** codifica señales digitales y las decodifica. La conversión  $A \rightarrow D$  se hace en tres pasos:
    - Muestreo
    - Cuantificador
    - Codificación
-



# Proceso de conversión A/D



# Símbolo

- Para transmitir información por un canal o medio físico se adopta un convenio de forma que determinadas señales (eléctricas u ópticas) representen los bits.
  - Por ejemplo, podemos decir que dos posibles voltajes representen el 0 (-1V) y el 1 (1V). En este caso estamos usando dos símbolos.
  - Podríamos utilizar cuatro símbolos para enviar dos bits transmitir dos bits en simultáneo (1V, 0.5V, -0.5V, -1V): 11, 10, 01, 00
  - Los símbolos del abecedario o los dígitos; cuantos más símbolos tengamos más información podemos transmitir.
-



# Baudio

- Un baudio es la transmisión de un símbolo por segundo
  - Por ej. 9.6Kbaudios equivale a:
    - 9.6Kbits/s con un alfabeto de 2 símbolos (1 bit por símbolo).
    - 19.8Kbits/s con un alfabeto de 4 símbolos (2 bits por símbolo).
    - 28.8Kbits/s con un alfabeto de 8 símbolos (3 bits por símbolo).
    - 76.8Kbits/s con un alfabeto de 256 símbolos (8 bits por símbolo).
    - ....
-

# Símbolos y rendimiento

- A veces se quiere aumentar la capacidad de un enlace, y ya no es posible aumentar el caudal en baudios (o en símbolos/s). En esos casos la solución es recurrir a alfabetos con más símbolos:

Tecnología	Símbolos	Bits/símbolo
RDSI	4	2
1000BASE-T	5	2
10GBASE-T	16	3.925
ADSL	Hasta 65536	16

# Onda electromagnética

- Campo eléctrico magnético que se propaga por un medio a una velocidad propia.
  - Cuando el medio es el aire, la velocidad de propagación del campo eléctrico es la misma que la velocidad de la luz ( $c = 10^8$  m/s) vibrando a una frecuencia determinada.
  - Longitudes de onda ( $\lambda$ ) se define como  $\lambda = c / f$ , siendo  $c$  la velocidad de la luz y  $f$  la frecuencia de oscilación.
-

# Velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas

Medio	Velocidad (Km/s)
Vacío o aire	300,000
Cobre	200,000 (aprox.)
Fibra óptica	180,000 (aprox.)

La velocidad de propagación impone un retardo mínimo en la transmisión de información, adicional al retardo añadido por los equipos que la generan.

---

# Medios físicos de transmisión de información

- Medios guiados (Ondas electromagnéticas)
    - Cables metálicos (comúnmente cobre)
      - Coaxiales
      - De pares trenzados (con o sin blindaje o apantallado)
    - Fibra óptica
      - Multimodo
      - Monomodo
  - Medios no guiados (también ondas electromagnéticas)
    - Enlaces vía radio
    - Enlaces vía satélite
-

# Cables de cobre

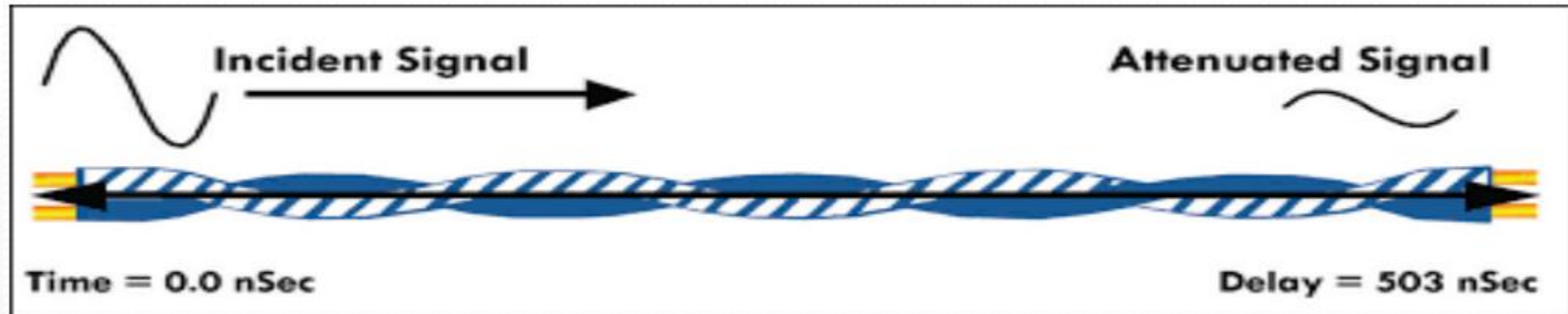
## Problemas de la transmisión de señales

- Atenuación
    - La señal se reduce con la distancia debido a:
      - Calor (resistencia)
      - Emisión electromagnética al ambiente
    - La pérdida por calor es menor cuanto más grueso es el cable
    - La pérdida por emisión electromagnética es menor cuanto más blindado está el cable (menos emisión electromagnética)
    - La atenuación aumenta con la frecuencia (aproximadamente proporcional a la raíz cuadrada de ésta)
-

# Cables de cobre

## Problemas de la transmisión de señales

- Dispersión
  - Variación de la velocidad de propagación de la señal en función de la frecuencia, dado que el cable es un sistema formado por Longitud y Circunferencia, cuyo comportamiento varía con la frecuencia.



# Cables de cobre

## Problemas de la transmisión de señales

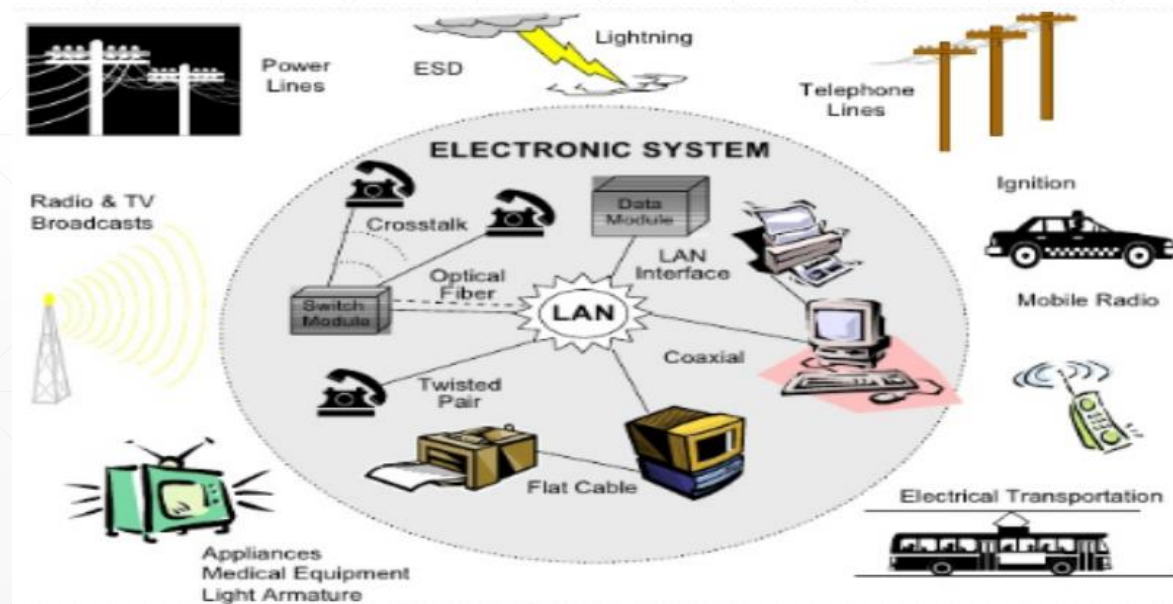
- Diferencia de potencial:
    - Corriente estática de gran intensidad que se genera en el cable, producido por la cercanía de tierras físicas (“toma de tierra”) con potencial diferente en cada toma.
    - Esta carga estática puede dañar los equipos conectados.
-



# Cables de cobre

## Problemas de la transmisión de señales

- Interferencias electromagnéticas externas
  - Los cables se comportan como antenas y por tanto captan los campos eléctricos magnéticos del ambiente (motores, monitores, tormentas, emisoras...)



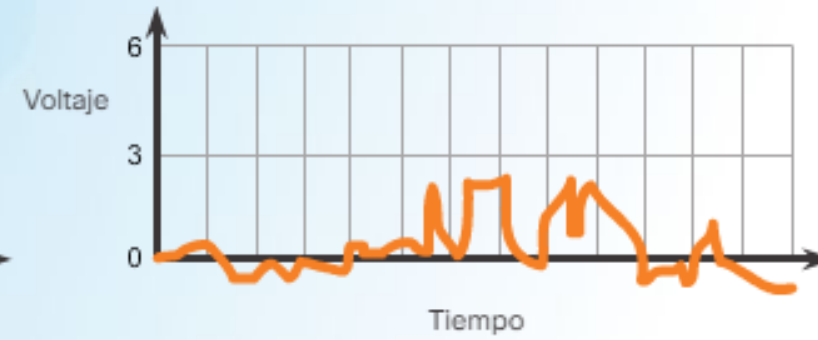
# Fuentes de interferencia externas

- Tormentas
    - Pueden causar problemas en un tendido cableado de un 1 Km cercano a una descarga eléctrica.
    - Solución: utilizar fibras ópticas en tendidos largos.
  - Motores, emisores de radio y TV, etc. (Interferencia electromagnética (EMI) o interferencia de radiofrecuencia (RFI):
    - Guardar al menos 1 metro de distancia entre cables de alimentación de energía y de datos.
    - Solución: apantallamiento metálico
  - Señales paralelas
    - Diafonía o crosstalk. Conversaciones en otros pares, por proximidad se introducen en otro par.
    - Solución: blindar o trenzar cada par
-

Señal digital pura



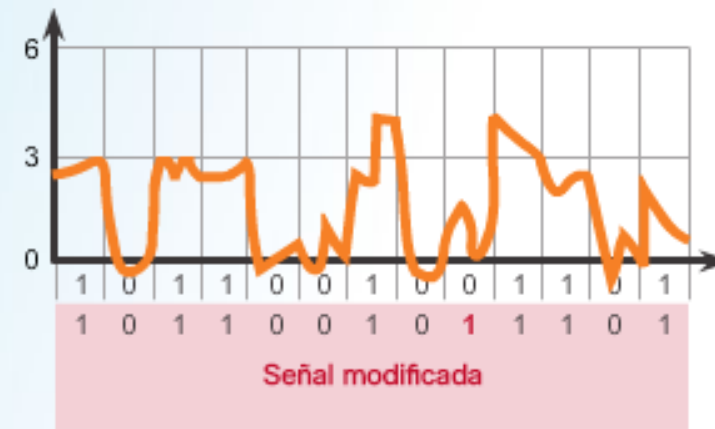
Señal de interferencia



Señal digital con interferencia



Qué lee la computadora



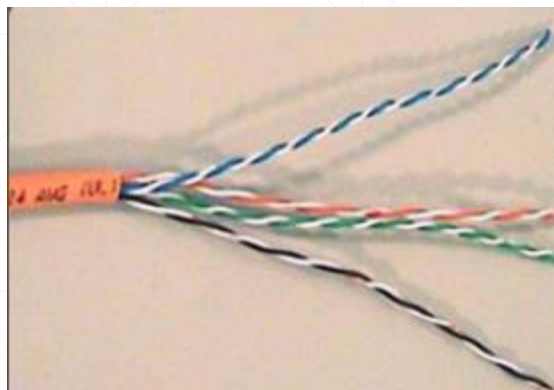
# Medidas contra el ruido en cables de cobre

- Elección del tipo o categoría de cable
  - Diseño de una infraestructura de cables para evitar fuentes de interferencia
  - Uso de técnicas de cableado, incluyendo manejo y terminación apropiado de los cables.
-

# Estándares de medios de cobre se definen por:

- Tipo de cableado de cobre utilizado
  - Ancho de banda de la comunicación
  - Tipo de conectores utilizados
  - Diagrama de pines y códigos de colores de las conexiones a los medios
  - Distancia máxima de los medios
-

# Medios de cobre



Par trenzado no blindado  
(UTP)



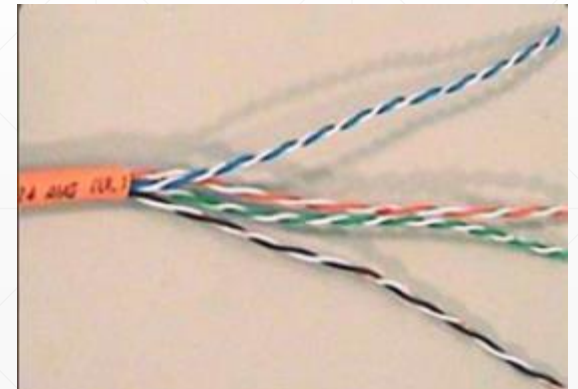
Par trenzado blindado  
(STP)



Coaxial

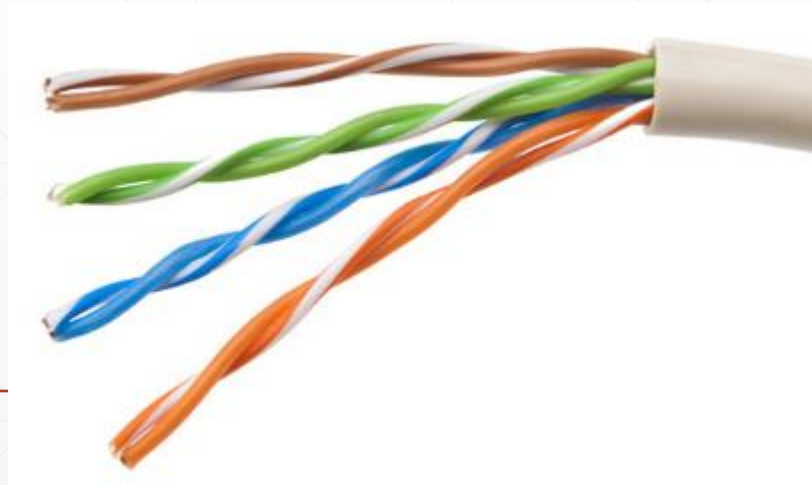
# Cable de par trenzado no blindado (UTP)

- Es el más común
- Se termina con conectores RJ-45
- Consta de 4 pares de hilos codificados por colores
- TIA/EIA 568B (recto) y 568A (cruzado)



# Propiedades del cableado UTP

- Anulación
  - Emparejamiento de hilos en un circuito
  - Los pares cercanos tienen campos magnéticos exactamente opuestos que se anulan.
- Cambio del número de vueltas por par de hilos
  - Diferente número de vueltas en cada par trenzado para aumentar el efecto de la anulación.





# Pares trenzado

- Los cables en función de su construcción y su respuesta en frecuencia, se clasifican en categorías (cat1 – cat7) según EIA/TIA 568.
  - Para las características de conducción, según el tipo de hilo de cobre, existe una clasificación americana llamada AWG (American Wire Gauge), donde relaciona cada tipo de cable, el diámetro en mm del hilo de cobre, el área del conductor.
  - A mayor escala de AWG, se asocia a diámetros más pequeños.
-

# Categorías de cables de pares trenzados TIA/EIA 568

Categoría	Vueltas/m	Frec. Máx. (MHz)	Capac. Máx. datos (Mb/s)
1	0	No espec.	No se utiliza
2	0	1	1 (2 pares)
3	10-16	16	100 (2 pares)
4	16-26	20	100 (2 pares)
5	26-33	100	1000 (4 pares)
5e	110-140	100	1000 (4 pares)
6	110-140 Centro plástico	250	4000
7	Centro plástico y aluminio	600	10000

## UTP Categories - Copper Cable

UTP Category	Data Rate	Max. Length	Cable Type	Application
<b>CAT1</b>	Up to 1Mbps	-	Twisted Pair	Old Telephone Cable
<b>CAT2</b>	Up to 4Mbps	-	Twisted Pair	Token Ring Networks
<b>CAT3</b>	Up to 10Mbps	100m	Twisted Pair	Token Rink & 10BASE-T Ethernet
<b>CAT4</b>	Up to 16Mbps	100m	Twisted Pair	Token Ring Networks
<b>CAT5</b>	Up to 100Mbps	100m	Twisted Pair	Ethernet, FastEthernet, Token Ring
<b>CAT5e</b>	Up to 1 Gbps	100m	Twisted Pair	Ethernet, FastEthernet, Gigabit Ethernet
<b>CAT6</b>	Up to 10Gbps	100m	Twisted Pair	GigabitEthernet, 10G Ethernet (55 meters)
<b>CAT6a</b>	Up to 10Gbps	100m	Twisted Pair	GigabitEthernet, 10G Ethernet (55 meters)
<b>CAT7</b>	Up to 10Gbps	100m	Twisted Pair	GigabitEthernet, 10G Ethernet (100 meters)

# Conectores UTP

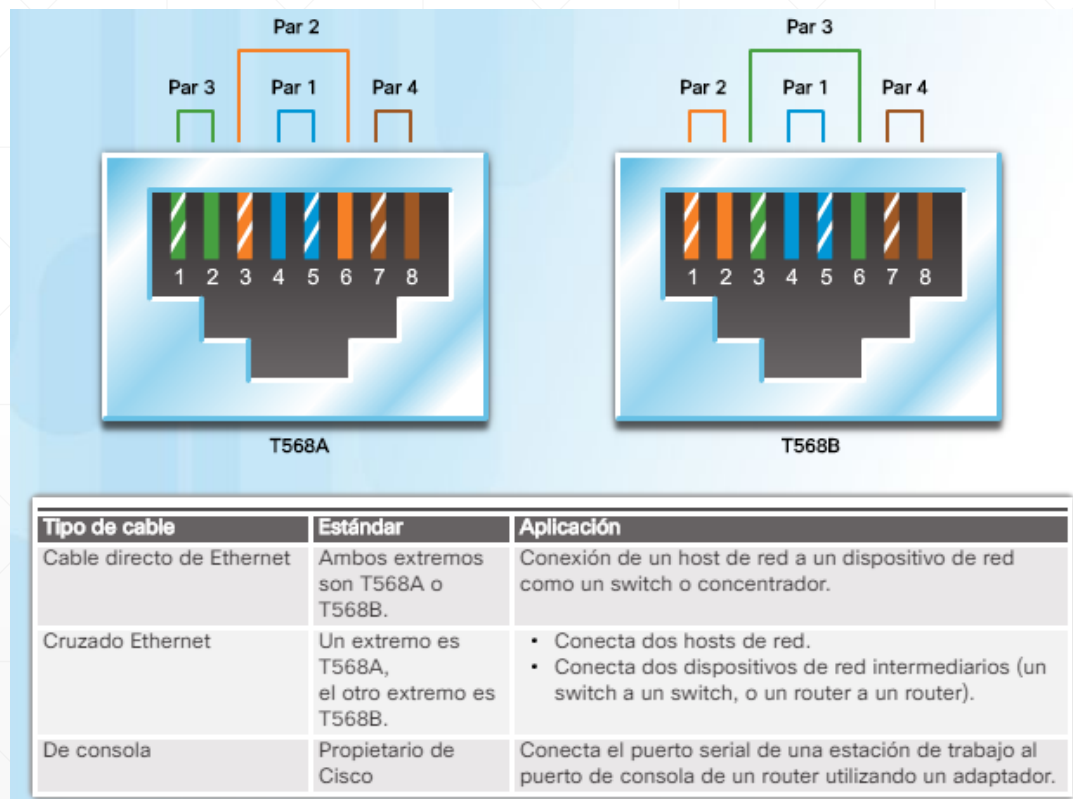
Conectores RJ-45 para UTP



Sockets RJ-45 para UTP



# Tipos de cable UTP



# Cable de par trenzado blindado (STP)

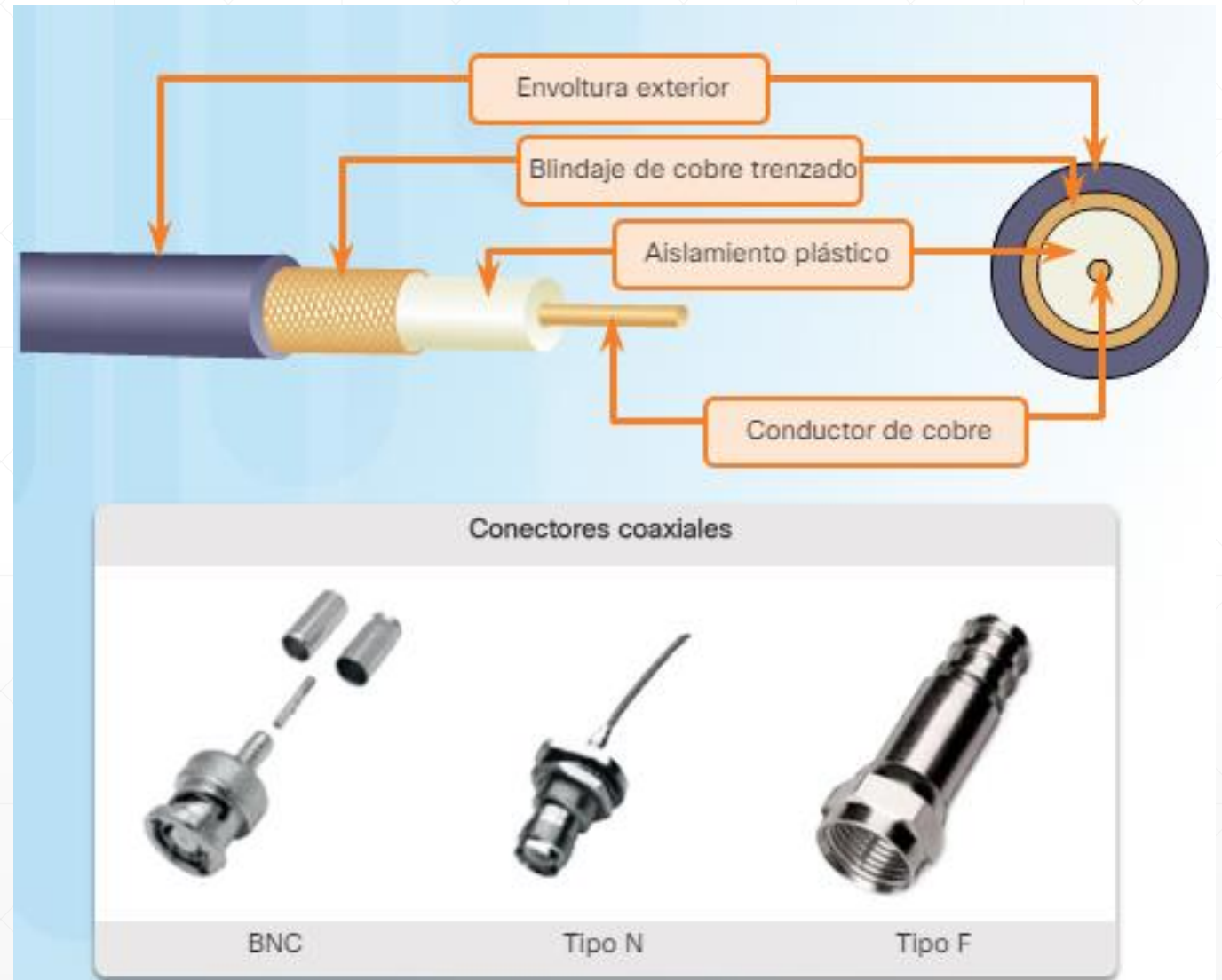
- Más costoso que el UTP
- Difícil de instalar
- Utiliza RJ-45
- Blindaje para contrarrestar el EMI y la RFI
- Trenzado para contrarrestar el crosstalk
- Si no se aterriza a tierra, el blindaje puede actuar como antena y captar señales no deseadas.



# Cable coaxial

- Dos conductores que comparten el mismo eje
  - Consta de lo siguiente:
    - Un conductor de cobre para transmitir señales electrónicas
    - Una capa de aislamiento plástico flexible que rodea el conductor de cobre
    - Capa de malla de cobre tejida o una hoja metálica que actúa como segundo hilo en el circuito.
    - Revestimiento exterior.
-

# Cable coaxial





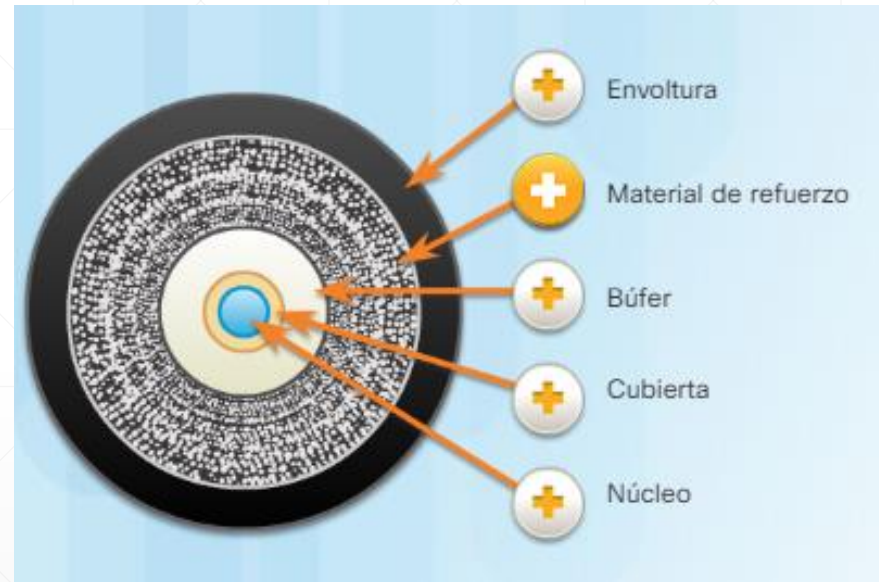
# Cable coaxial

- Este tipo de cable por su blindaje, evita que la señal interna radie y que las señales externas inyecten interferencias. Sin embargo, son más complicados de manipular que los cables de pares trenzados.
  - La atenuación es la principal causa de errores en la transmisión de datos.
  - Es el que tiene menor atenuación y menor interferencia. La impedancia o resistencia puede ser de 50 o 75  $\Omega$
  - 50  $\Omega$ : usado en redes locales Ethernet (10 Mbps)
  - 75  $\Omega$ : usado en conexiones WAN y redes CATV (Community Antenna Television) o TV en radiofrecuencia.
-

# Fibra óptica

- Transmisión a distancias más extensas
  - Mayores anchos de banda
  - Transmite señales con menor atenuación
  - Totalmente inmune a EMI y RFI
  - Los bits se codifican en la fibra como impulsos de luz
  - Usada en: Redes empresariales, Fibre-to-the-Home (FTTH), Redes de largo alcance, Redes por cable submarinas.
-

# Diseño de cables de medios de fibra óptica



# Diseño de cables de medios de fibra óptica

- **Envoltura**
    - Normalmente cubierta de PVC, protege de abrasión, solventes y contaminantes.
  - **Material de refuerzo**
    - Hecho del mismo material que los chalecos anti balas. Protege a la fibra de estiramientos cuando tiran de él
  - **Búfer**
    - Protege el núcleo contra cualquier daño
  - **Cubierta**
    - Recubrimiento que actúa como espejo que refleja la luz hacia el núcleo de la fibra.
  - **Núcleo**
    - Es el elemento que transmite la luz y se encuentra en el centro de la fibra. Normalmente fabricado de silicio o vidrio.
-

# Tipos de medios de fibra óptica

- Los pulsos de luz que representan los datos transmitidos en forma de bits son generados por uno de los siguientes:
    - Láseres
    - Diodos emisores de luz (LED)
  - Fibra óptica monomodo (SMF)
  - Fibra óptica multimodo (MMF)
-

# Fibra óptica monomodo (SMF)

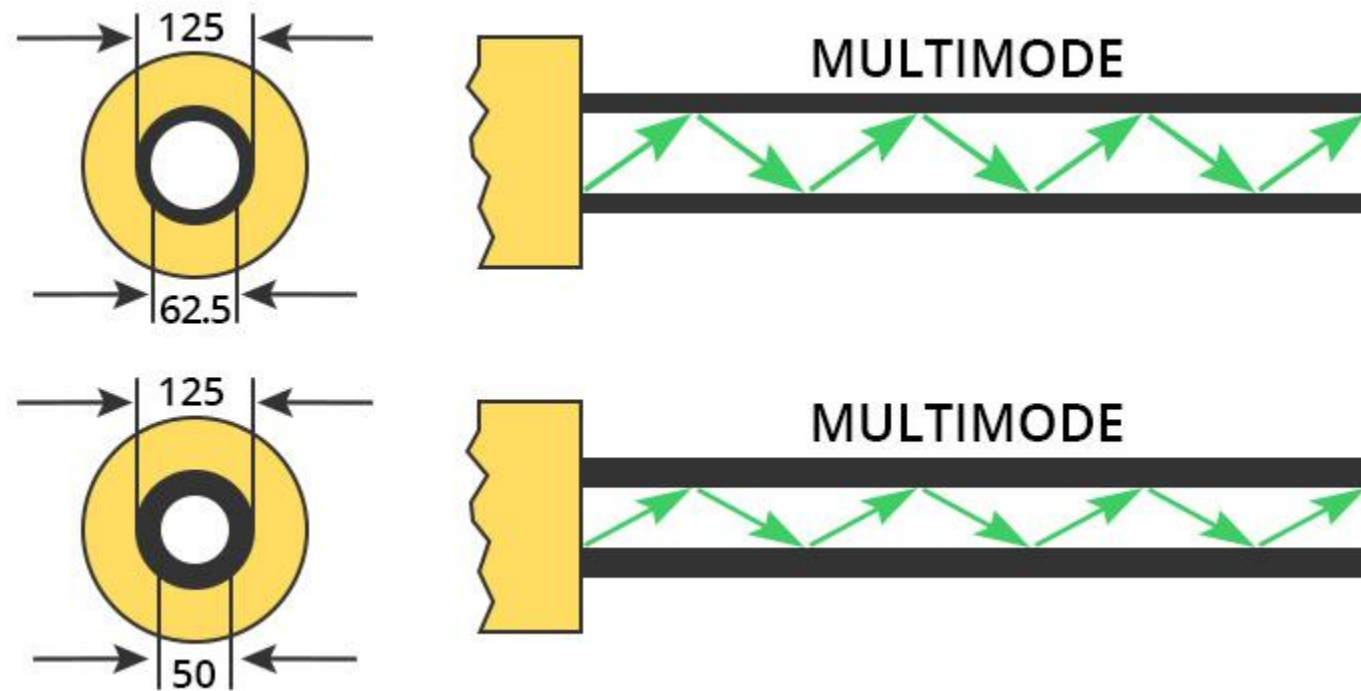
- Un solo núcleo pequeño
- Tecnología láser
- Larga distancia (varios kilómetros)
- Solo un haz de luz



# Fibra óptica multimodo (MMF)

- Núcleo más grande
  - Utiliza emisores LED
  - Hasta 10 Gbps de ancho de banda
  - Hasta 550 m
  - Múltiples haces de luz en ángulos distintos
-

# MMF

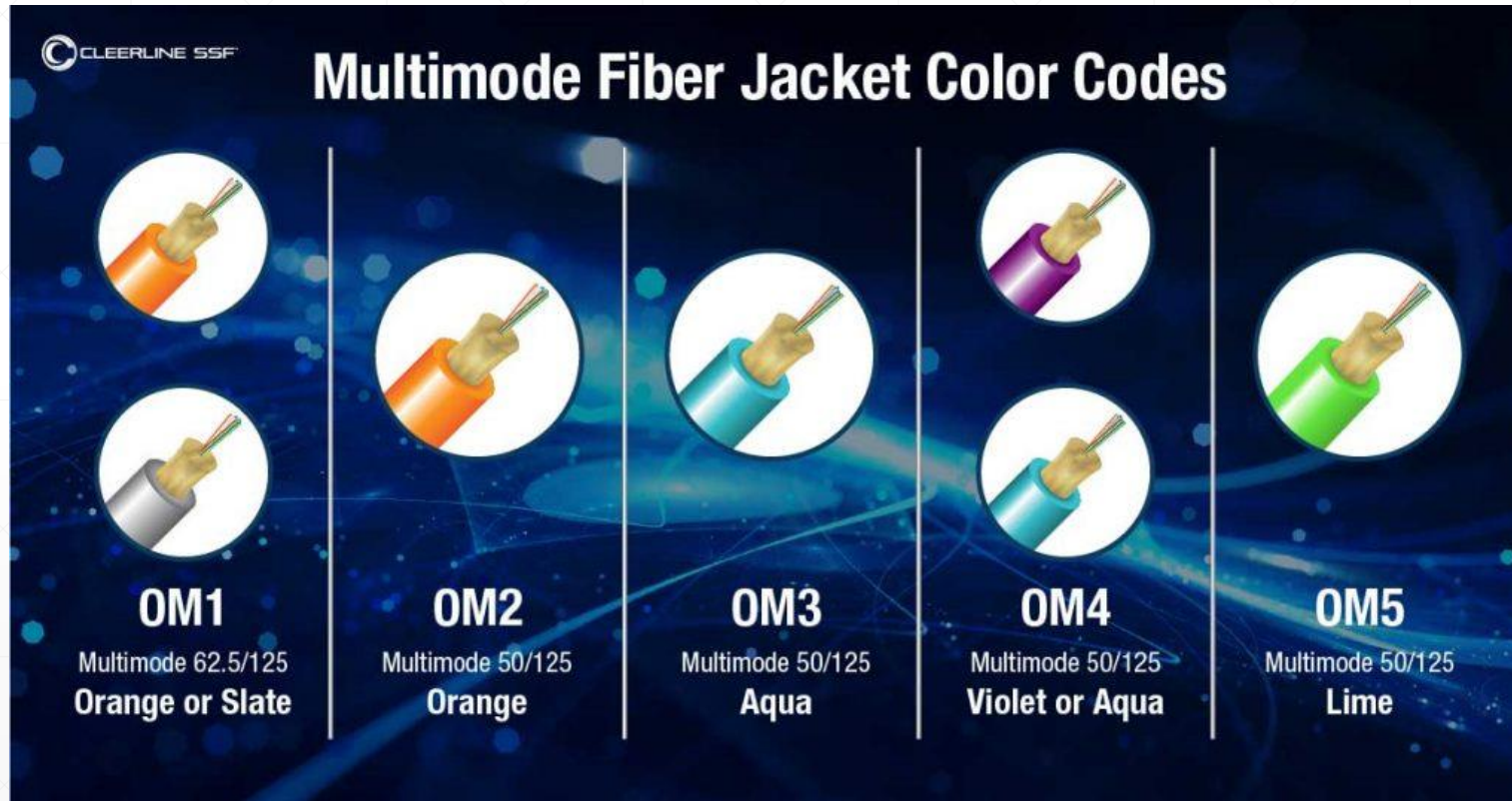




# OM Types

MMF Cable Type	Diameter	Jacket Color	Optical Source	Bandwidth
OM1	62.5/125μm	Orange	LED	200MHz*km
OM2	50/125μm	Orange	LED	500MHz*km
OM3	50/125μm	Aqua	VSCEL	2000MHz*km
OM4	50/125μm	Aqua	VSCEL	4700MHz*km
OM5	50/125μm	Lime Green	VSCEL	28000MHz*km

# OM Types



# Diferencias

MMF Category	Fast Ethernet	1GbE	10GbE	40GbE	100GbE
OM1	2000m	275m	33m	/	/
OM2	2000m	550m	82m	/	/
OM3	2000m	/	300m	100m	70m
OM4	2000m	/	550m	150m	150m
OM5	/	/	550m	150m	150m

# Conectores de fibra

MMF Connector	Ferrule Size	Typical Insertion Loss (dB)	Cost(FS.COM)	Application Features
SC	φ2.5mm ceramic	0.25-0.5	US\$ 0.65	Mainstream, reliable, fast deployment, filed fit
LC	φ1.25mm ceramic	0.25-0.5	US\$ 0.78	High density, cost-effective, filed fit
FC	φ2.5mm ceramic	0.25-0.5	US\$ 0.74	High precision, vibration environment, field fit
ST	φ2.5mm ceramic	0.25-0.5	US\$ 0.61	Military, filed fit

# Conectores de fibra óptica



Conectores ST



Conectores SC



Conector WSA



Conectores LC multimodo dúplex

# Fibra vs cobre

Cuestiones de implementación	Cableado UTP	Cableado de fibra óptica
Admitido por ancho de banda	10 Mbps a 10 Mbps	10 Mbps a 100 Mbps
Distancia	Relativamente corta (de 1 a 100 metros)	Relativamente extensa (de 1 a 100 000 metros)
Inmunidad a EMI y RFI	Baja	Alta (Totalmente inmune)
Inmunidad a peligros eléctricos	Baja	Alta (Totalmente inmune)
Costos de medios de comunicación y de colaboración	Más bajo	Más alto
Se necesitan habilidades de instalación	Más bajo	Más alto
Precauciones de seguridad	Más bajo	Más alto

# Medios inalámbricos

- IEEE 802.11: O Wi-Fi, utiliza contención por detección de portadora. (CSMA/CA).
    - 802.11a: frecuencia de 5 GHz y velocidad de hasta 54 Mbps. No traspasa bien los muros.
    - 802.11b: frecuencia de 2.4 GHz y velocidad de 11 Mbps. Traspasa construcciones.
    - 802.11g: frecuencia de 2.4 GHz y velocidad de 54 Mbps. Traspasa construcciones.
    - 802.11n: frecuencia de 2.4 ó 5 GHz. Vel hasta 210 Mbps y 70 metros de alcance.
    - 802.11ac: frecuencia de 5 GHz y velocidad de hasta 433 Mbps.
    - 802.11ax: frecuencia de 2.4 o 5 GHz y velocidad de hasta 11 Gbps
  - IEEE 802.15: área personal inalámbrica (WPAN) o Bluetooth. Distancia de 1 a 100 metros.
  - IEEE 802.16: WiMax. Topología punto a multipunto.
  - GSM: Sistema Global para Comunicaciones Móviles. Usa protocolo de Servicio general de radio por paquetes (GPRS) de capa 2.
-

# Medios inalámbricos

Medios inalámbricos

Estándares	Bluetooth 802.15	802.11(a,b,g,n), HiperLAN 2	802, 11, MMDS, LMDS	GSM, GPRS, CDMA, 2.5- 3G
Velocidad	<1 Mbps	1 - 54+ Mbps	22 Mbps+	De 10 a 384 Kbps
Intervalo	Cortocircuito	Medio	Medio - largo	Largo
Aplicaciones	Dispositivo a dispositivo entre pares	Red empresarial	Fijo, acceso última milla	Acceso para PDA, teléfonos móviles y celulares



# La transferencia de datos puede medirse de tres formas:

## 1. Ancho de banda (bandwidth)

- Mide la cantidad máxima de información que puede fluir desde un lugar a otro en un período de tiempo determinado.
- Se determina por la mezcla de estos factores:
  - Las propiedades de la tecnología
  - Los medios físicos elegidos para señalizar y detectar señales de red

## 2. Rendimiento (throughput)

- Es la medida de transferencia de bits a través de los medios durante un período de tiempo determinado.
  - El rendimiento no suele coincidir con el ancho de banda especificado en la implementación de la capa física debido a:
    - Cantidad de tráfico
    - Tipo de tráfico
    - Latencia creada por la cantidad de dispositivos de red encontrados entre origen y destino
-

# La transferencia de datos puede medirse de tres formas:

## 3. Capacidad de transferencia útil (bit rate)

- Es la medida de datos utilizables transferidos durante un período de tiempo determinado. Es pues la velocidad de transferencia de datos. Por lo tanto, es la medida de mayor interés para los usuarios de la red, ya que es la que percibe.
  - Representa el rendimiento sin la sobrecarga de tráfico de control: acuses de recibido, negociación de sesiones y encapsulaciones.
-

# Latencia

- Cantidad de tiempo, incluidas las demoras, que le toma a los datos transferirse desde un punto determinado hasta otro.
  - En una red, el rendimiento no puede ser más rápido que el enlace más lento de la ruta de origen a destino.
-

# Tarea

- En máximo dos página, investigar:
    - La Capa 2 según el modelo OSI y el modelo TCP/IP
      - ¿Qué hace? ¿Cómo funciona?
      - Subcapas
      - Protocolos y estándares
      - Algoritmo CSMA/CD
      - Algoritmo CSMA/CA
      - Direcccionamiento
        - Estructura de una MAC Address
-