

IC323 Comunicación de Datos

Unidad N°3:

Propagación en Medios Guiados

Dr. Ing. Javier Ernesto Kolodziej

(profesor responsable)

Ing. Luis Alberto Urbani

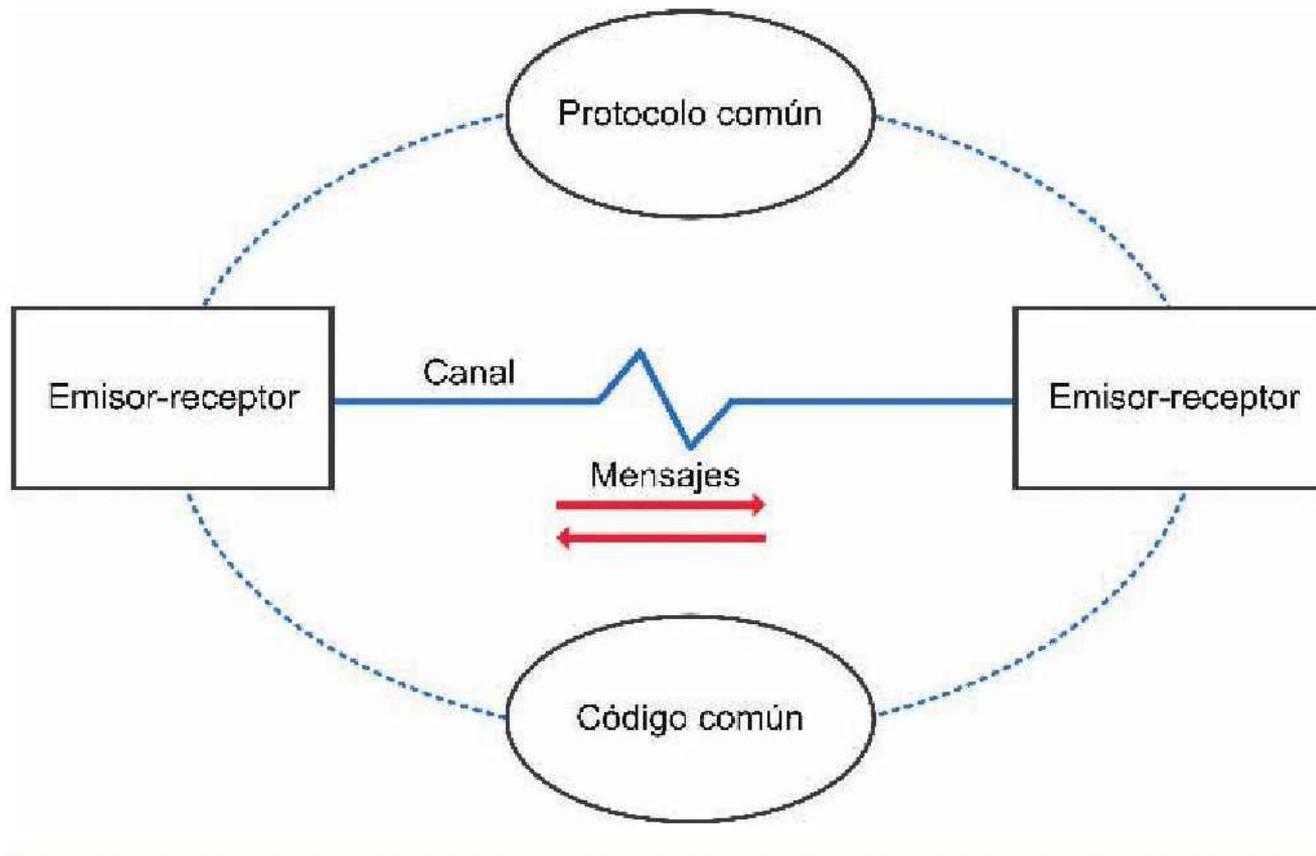
(profesor jefe de trabajos prácticos)

Dr. Ing. Sergio Eduardo Moya

(profesor adjunto)



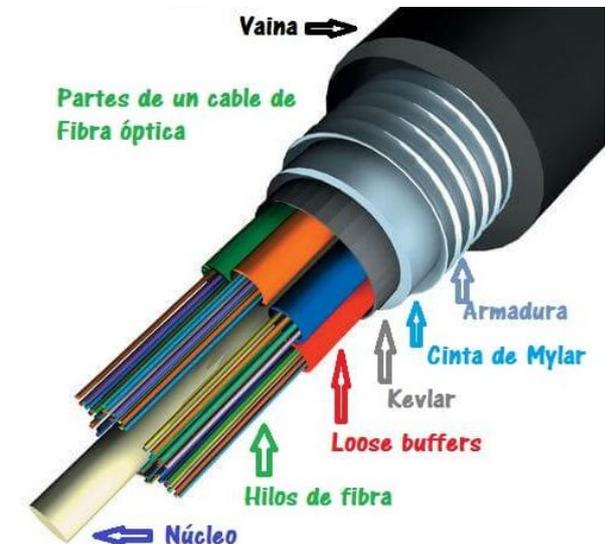
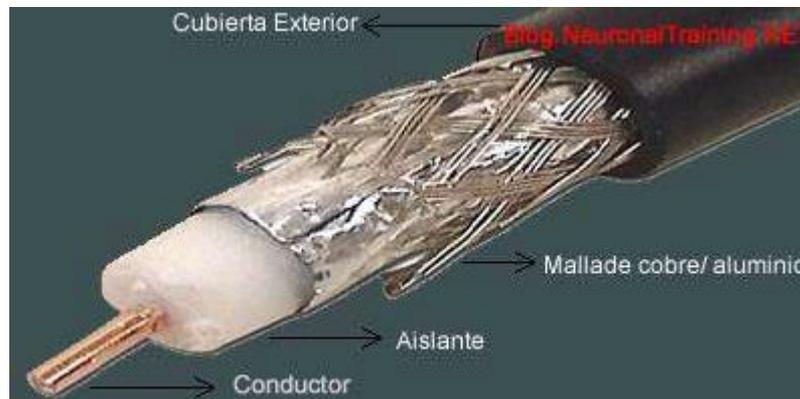
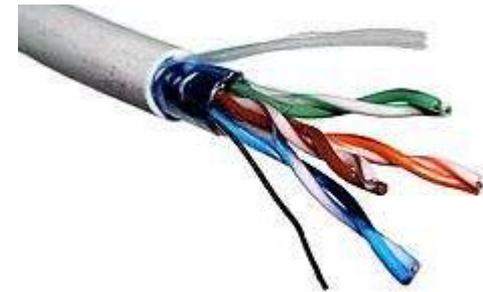
Medios de Transmisión



Elementos que intervienen en el proceso de comunicación.

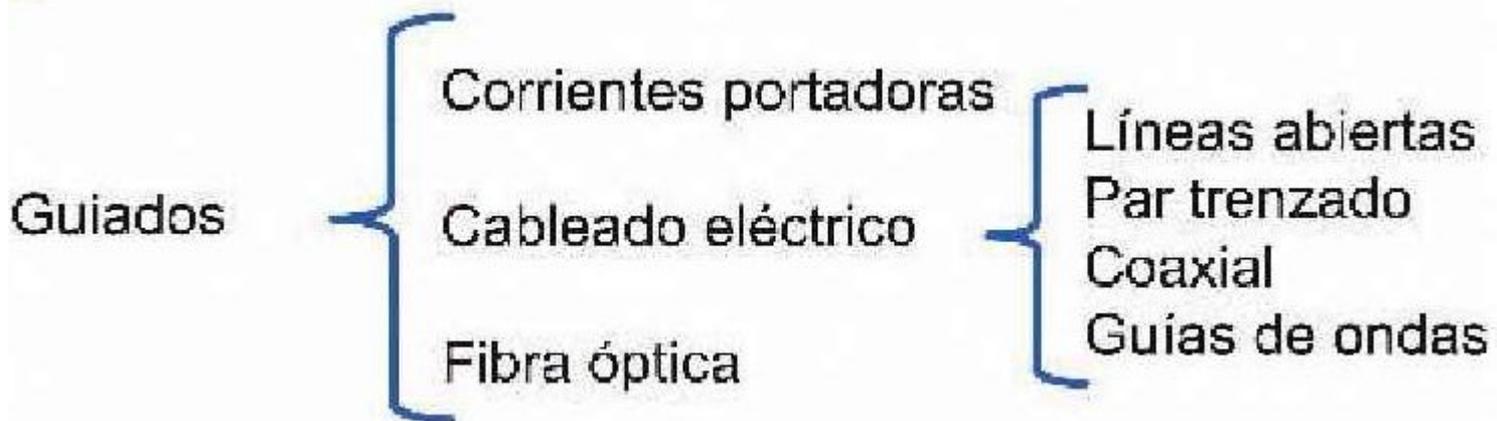
Medios guiados

- Proporcionan un medio conductor de ondas EM de un dispositivo al otro.
- La señal es dirigida y contenida por los límites físicos del medio
- Se busca que tenga las mínimas pérdidas de propagación dentro del medio y a la vez la mínima radiación
- Los tres principales son:
 - Par trenzado
 - Cable coaxial
 - Fibra Óptica



Clasificación General

- Son muy utilizadas en conexiones entre equipos intermedio (por ejemplo Transmisor-antena) y dentro de circuitos impresos y equipos para la transmisión de datos.
- Una clasificación más amplia permite distinguir:

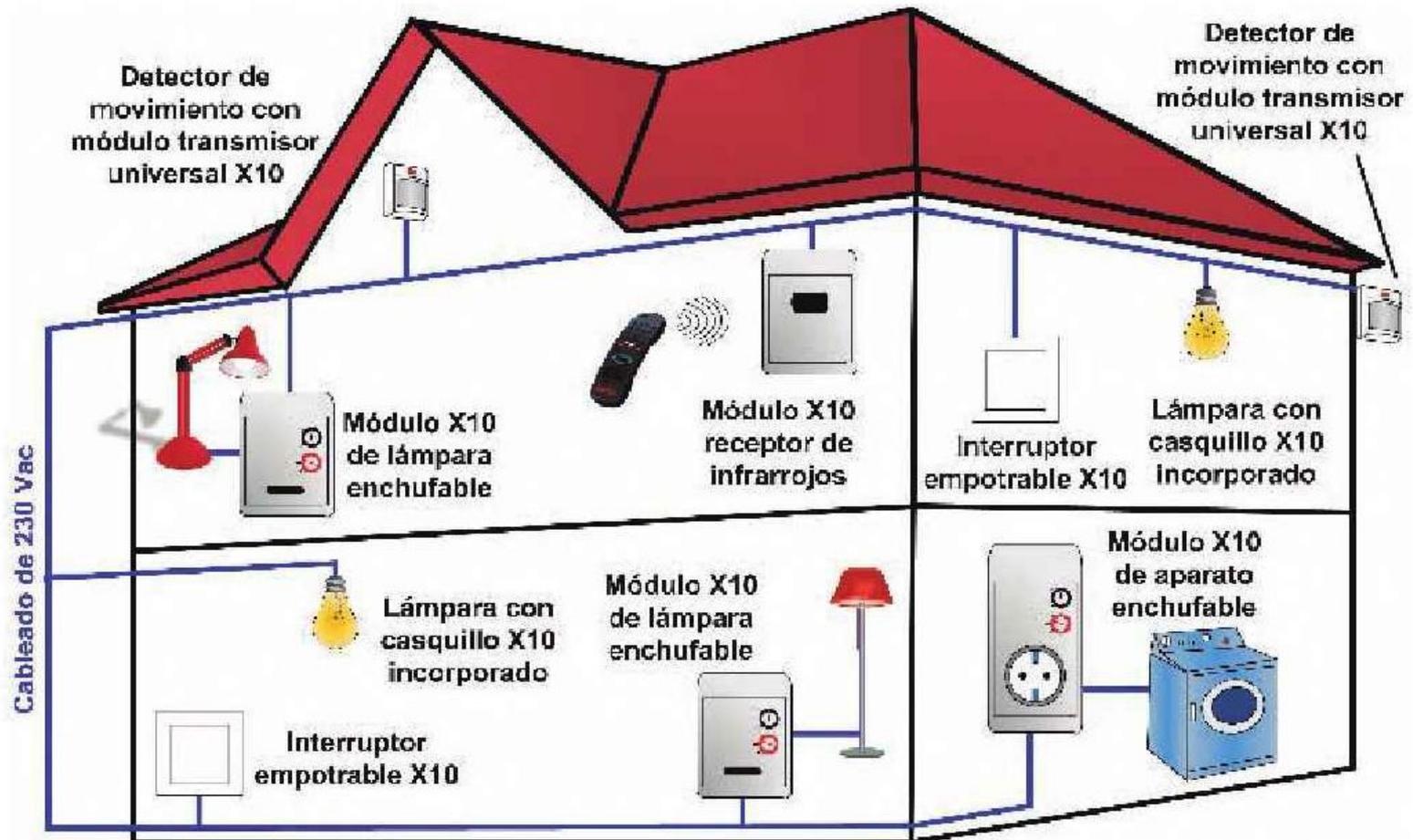


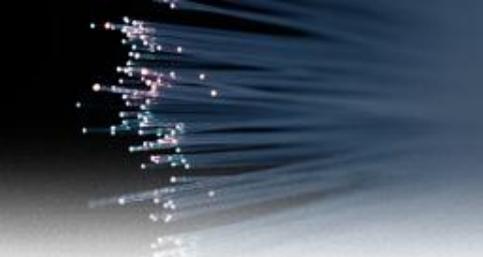


Corrientes Portadoras

- Se basa en la utilización de líneas de distribución (eléctricas o telefónicas) para transmitir información sin perjuicio de su uso original
- No son adecuadas para la transmisión de datos, pero son atractivas para cuando no se dispone de canalizaciones para cableado.
- Se utiliza modems PLC (powerline communications)
- Baja fiabilidad y capacidad de transmisión

Ejemplo: Domótica basada en el Protocolo X10





Cableado de Comunicación

- Se refiere a conductores metálicos (cobre principalmente)
- Se destacan:
 - **Líneas Abiertas**
 - **Par trenzado**
 - **Cable Coaxial**
 - **Guías de onda**

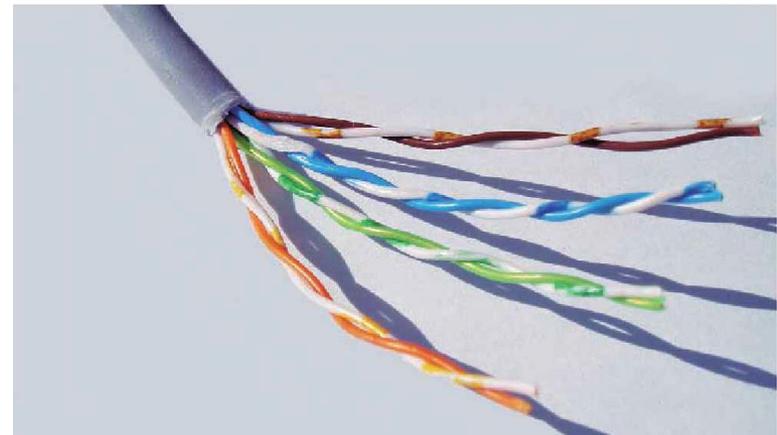
Líneas Abiertas

- Conjunto de cables monofilares dispuestos unos junto a otros.
 - Aplicaciones de corto alcance y baja velocidad (<50m <20Kbps)
 - Ejemplos:
 - **Conexión de un módem con una computadora**
 - **Cable telefónico**
 - **Cable de conexión de disco duro IDE**
- Efectos de Diafonía y EMI**



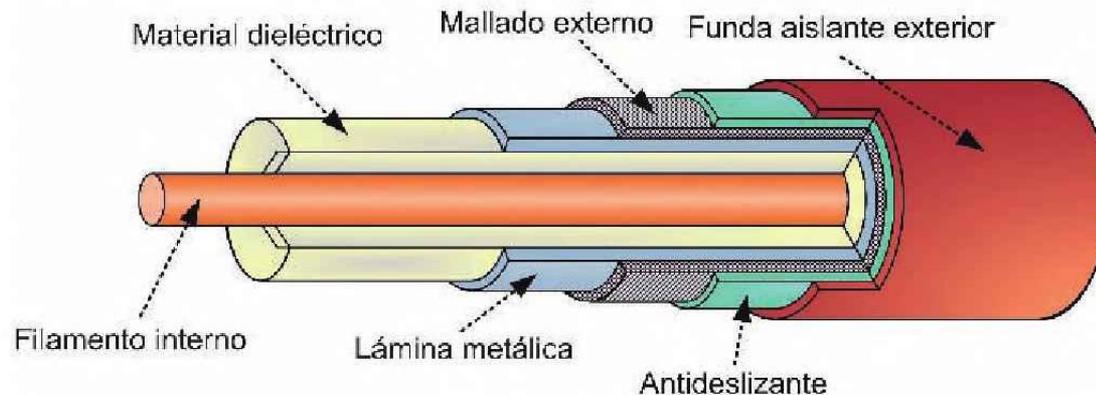
Par Trenzado

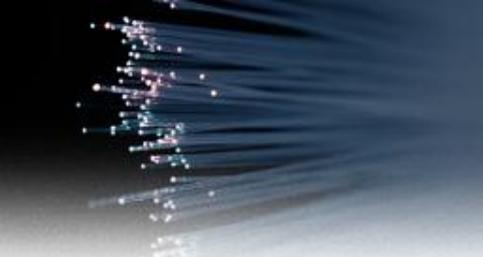
- Consiste en dos cables eléctricos que se trenzan o entrelazan para reducir el efecto EMI y diafonías.
 - Aplicaciones:
 - Red telefónica: desde el punto de acceso al usuario (PAU) y la central telefónica (bucle de abonado)
 - Redes de área local: Se utilizan 4 pares trenzados
 - Redes industriales. Algunas normas como la EIA-422, EIA-423 y EIA-485 (RS-485), basan su medio físico en un par trenzado
- PROFIBUS, CAN, KNX**



Cable Coaxial

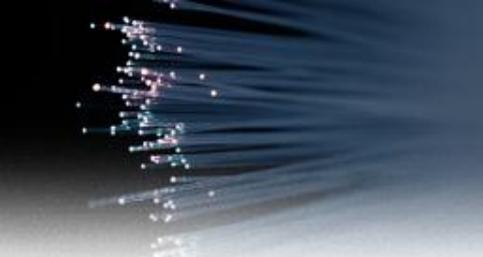
- De forma cilíndrica, dispone de un conductor central (conductor vivo), rodeado de una malla o blindaje. Estos se encuentran separados por un aislante.
- Mejora las prestaciones electromagnéticas del par trenzado, permitiendo altas velocidades de transmisión e inmunidad a las interferencias.





Cable Coaxial

- Aplicaciones más populares:
 - Distribución de señal de televisión (de la antena al receptor o decodificador)
 - Circuitos cerrados de televisión (CCTV) o televisión por cable (CATV)
 - Tecnología cable-módem: para servicios convergentes de internet, TV y telefonía.
 - Entre emisoras y antenas (ejemplo: antena externa WiFi)



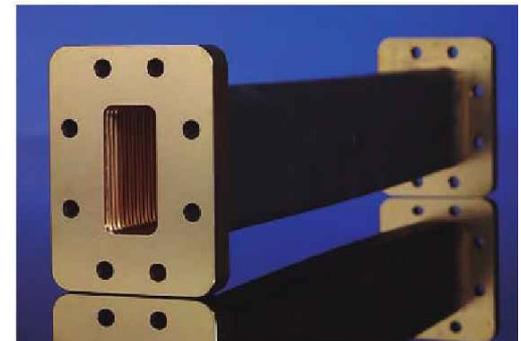
Cable Coaxial

- No todos los cables coaxiales son iguales. Existen diferentes dimensiones e impedancias características (estandarizados), dependiendo de la aplicación

| Tipo | Impedancia | Uso |
|--------------|------------|------------------|
| RG-8 | 50 ohmios | 10Base5 |
| RG-11 | 50 ohmios | 10Base5 |
| RG-58 | 50 ohmios | 10Base2 |
| RG-62 | 93 ohmios | ARCnet |
| RG-75 | 75 ohmios | CTV (Televisión) |

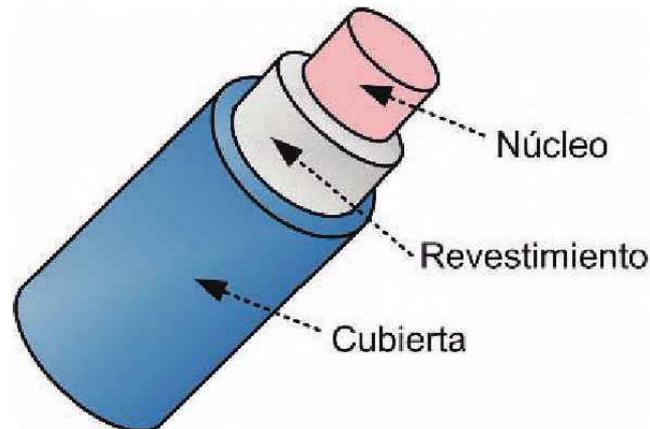
Guías de Ondas

- Definición: cualquier estructura física que guía ondas electromagnéticas
- Tubo hueco con sección rectangular, elíptica o circular y cuyas dimensiones transversales permiten que las ondas electromagnéticas se propaguen dentro.
- Las paredes son conductoras y las ondas EM se propagan en el dieléctrico que hay en el interior
- En la banda SHF (microondas), de 3 a 30 Giga Hertz



Fibra Óptica

- Confina un haz de luz en su interior y se propaga por sucesivas reflexiones.
- Está compuesta por:
 - Núcleo, donde se conduce la señal luminosa.
 - Revestimiento, cuya función es confinar el haz de luz. Presenta un índice de refracción menor que el núcleo.
 - Cubierta, protege el núcleo y revestimiento de daños mecánicos.



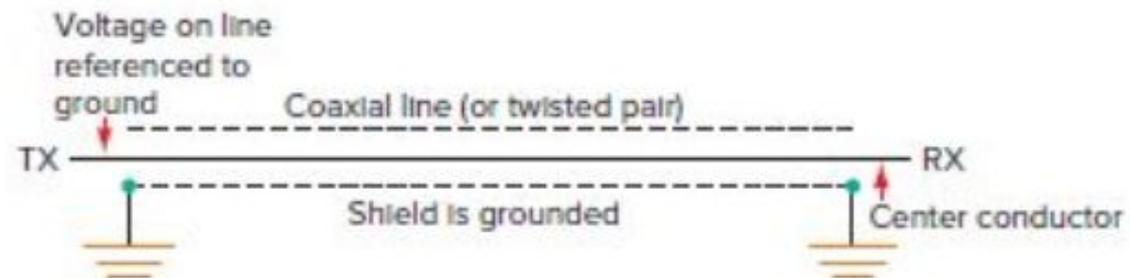
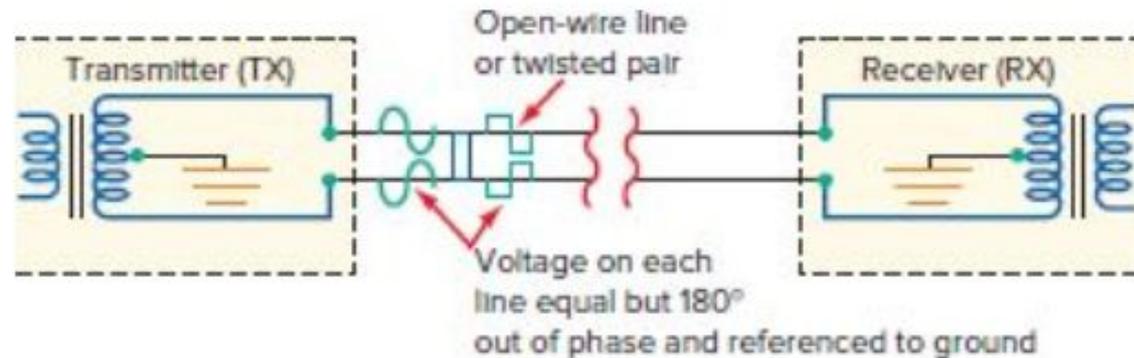


Comparativa de las distintas tecnologías

| Tipo de cableado | Velocidad | Longitud máxima | Coste |
|----------------------------|-------------|-----------------|-------|
| Par trenzado (Categoría 5) | 10-100 Mbps | 100 metros | Bajo |
| Coaxial fino | 10 Mbps | 200 metros | Bajo |
| Coaxial grueso | 10 Mbps | 500 metros | Alto |
| Fibra óptica | +2 Gbps | 2 kilómetros | Alto |

Medios Balanceados - No Balanceados

- Los medios guiados balanceados no tienen conexión a tierra y circula la misma corriente por los dos conductores pero en sentido contrario
- Los medios no balanceados tiene un conductor conectado a tierra.



Esquema de comunicación diferencial

Señal de información: $V_{\text{información}}(t) = V_A(t) - V_B(t)$

Señal de ruido: $N(t)$

Tensión en el conductor A en presencia de ruido:

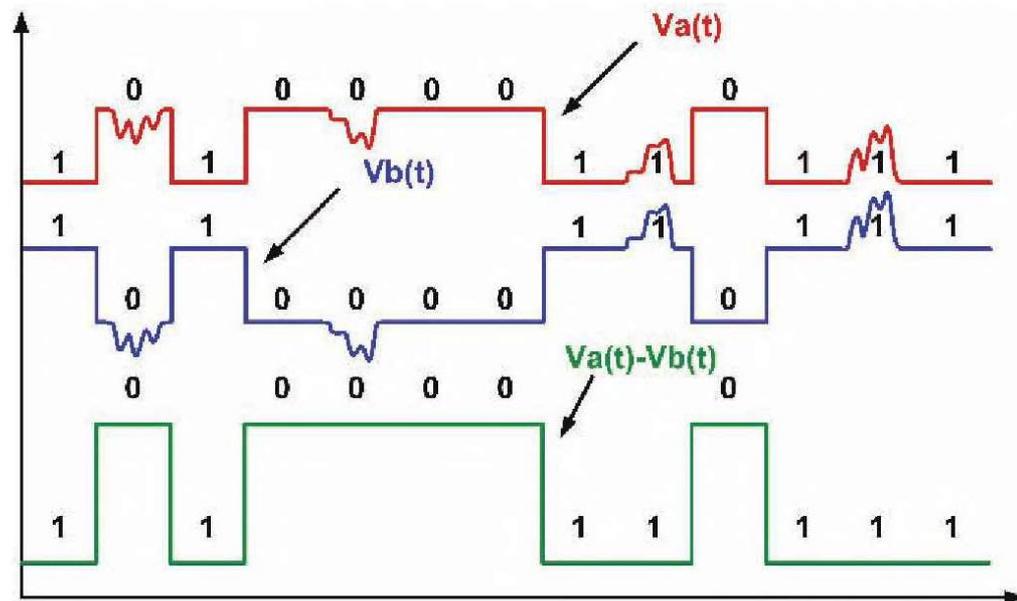
$$V_{A'} = V_A(t) + N(t)$$

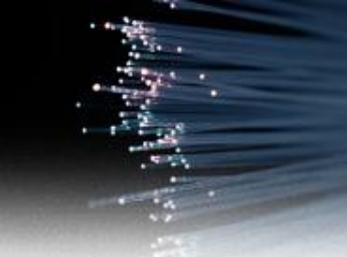
Tensión en el conductor B en presencia de ruido:

$$V_{B'} = V_B(t) + N(t)$$

Señal de información en presencia de ruido:

$$\begin{aligned} V_{\text{inf_con_ruido}}(t) &= V_{A'}(t) - V_{B'}(t) = V_A(t) + \\ &+ N(t) - [V_B(t) + N(t)] = V_A(t) - V_B(t) \end{aligned}$$

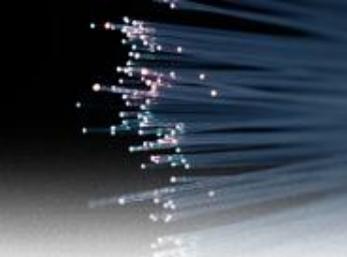




Categorías de Cables de Par trenzado

Según la norma Ethernet, los cables de par trenzado se dividen en varias categorías en función del ancho de banda que sean capaces de ofrecer:

- **Categoría 1:** solamente está contemplado para su uso en comunicaciones por voz y telefónicas. Transmite a frecuencias en torno a 1 MHz, no llegando a dar una calidad suficiente para datos.
- **Categoría 2:** Este cable tampoco es adecuado para efectuar transmisión de datos en una red, ya que es capaz de transmitir a una velocidad de hasta 4 Mbps. Fue utilizado en redes anteriores como Token Ring, no cuenta con apantallado y en él encontramos cuatro pares trenzados.



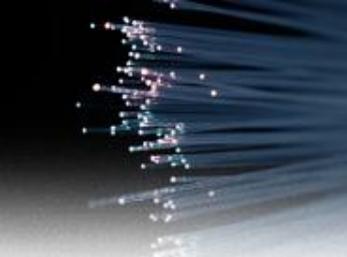
Categorías de Cables de Par trenzado

- **Categoría 3:** Esta categoría tampoco es para transmitir datos en una red, implementándose en antiguas redes Ethernet 10BASE-T. Esto significa que ofrece un ancho de banda de 10 Mbps con una frecuencia de 16 MHz, por lo que ya no es de uso para las redes actuales
- **Categoría 4:** Este tipo de cable no está blindado, aunque admite anchos de banda un poco más interesantes con hasta 20 Mbps de velocidad a una frecuencia de 20 MHz. Tampoco es de habitual uso, ya que las redes LAN actuales operando todas por encima de los 100 Mbps.



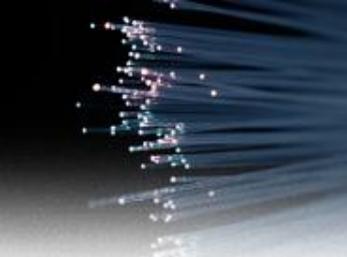
Categorías de Cables de Par trenzado

- **Categoría 5:** Este cable aún está considerado de bajas prestaciones, ya que no tiene apantallamiento. Soporta transmisiones Fast Ethernet (100BASE-T) a 100 Mbps y a una frecuencia de 100 MHz
- **Categoría 6:** Este cable es de uso generalizado en redes LAN internas, ya que ofrece velocidades de 100 Mbps como el anterior, pero soportando frecuencias de 250 MHz al ser apantallado. Esto implica que su estructura interna soporta mejor las interferencias y la diafonía.



Categorías de Cables de Par trenzado

- **Categoría 6e:** cable de bastante buena calidad, estando construido para operar en redes hasta de 10 Gbps (10GBASE-T). Su mejor calidad de construcción le permite operar en frecuencia de hasta 500 MHz, cubriendo distancias superiores a los 50 m.
- **Categoría 7:** cable poco habitual entre los usuarios domésticos pero que sí se utiliza en los centros de datos, al menos hasta la llegada de la fibra óptica. Cuenta con blindado, lo que permite operar en frecuencias de 600 MHz y a velocidades de 10 Gbps a una distancia de 100 m.

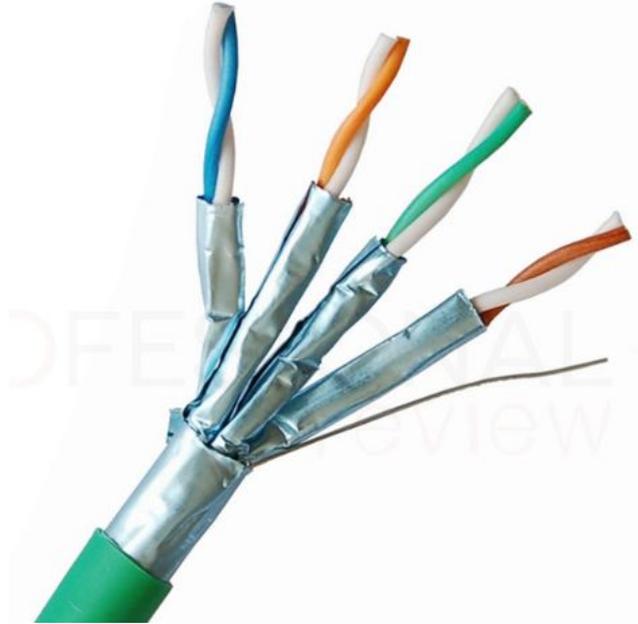


Categorías de Cables de Par trenzado

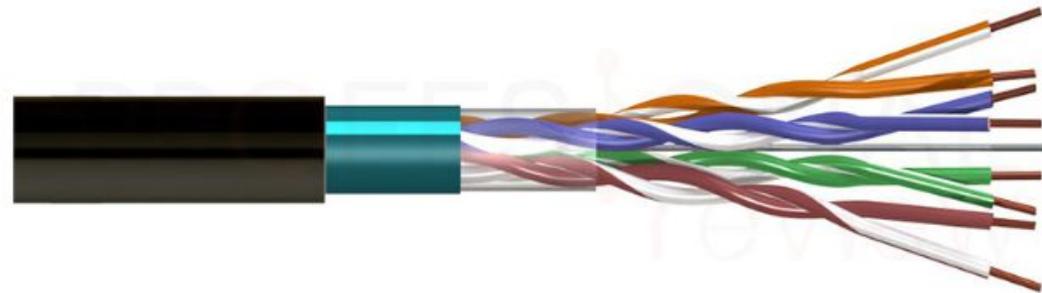
- **Categoría 7a:** Otra variante de la categoría anterior para cables que sean capaces de transmitir a frecuencias de 1000 MHz y velocidades de entre 10 y 40 Gbps. Porque efectivamente, hay cables Ethernet capaces de superar los 10 Gbps
- **Categoría 8:** la última categoría listada se trata de la más potente en la actualidad, con cables par trenzado capaces de llegar a los 40 Gbps y operar en frecuencias de 2000 MHz.

Tipos de Cables de Par trenzado

- UTP (unshielded twisted pair, par trenzado sin apantallar),
- STP (shielded twisted pair, par trenzado apantallado)



- FTP (foiled twisted pair, par trenzado con pantalla global).



Tipos de Cables de Par trenzado

- SFTP (Screened Foiled Twisted Pair):

cable laminado con apantallamiento propio del FTP, pero apantallado con una malla metálica LSZH que refuerza la protección exterior

- Esta malla tiene la misma función que la de un cable coaxial, es decir, conectarse a tierra para descargar las interferencias
- Son cables de categoría 6 o superior



Tipos de Cables de Par trenzado

- SSTP (Screened Shielded Twisted Pair): mejores prestaciones ya que cuenta con blindado individual de aluminio para los pares trenzados y a su vez apantallado y blindado exterior de aluminio y malla metálica LSZH, mayores distancias y mayores transferencias
Por encima de la categoría 6e.



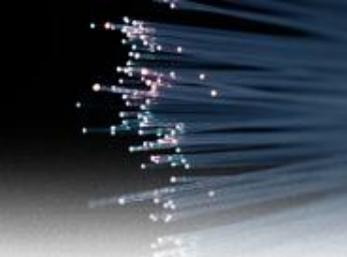


Tipos de Cables de Par trenzado

Algunas ventajas:

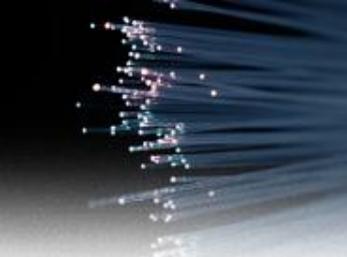
- Alimentación PoE: ideal para transmitir datos a la vez que alimenta pequeños aparatos conectados a la red, soportando hasta 40W
- Conector pequeño y rápido: el RJ45 es un conector no tan sencillo de instalar sobre el cable, pero muy sencillo de utilizar por los usuarios

-



Cable Coaxial vs. Guía de Ondas

- Ambos son líneas de transmisión
- Es decir, tienen una estructura constructiva (materiales y geometría) que permite un transporte eficiente de la energía de RF
- El cable coaxial está diseñado para radiofrecuencia (50 Mhz a 1Ghz)
- La guía de onda para microondas (100MHz a 300GHz)
- Otra cuestión a tener en cuenta es la distancia. En los cables coaxiales, a mayor diámetro, menor atenuación (generalmente se asocia a la flexibilidad)

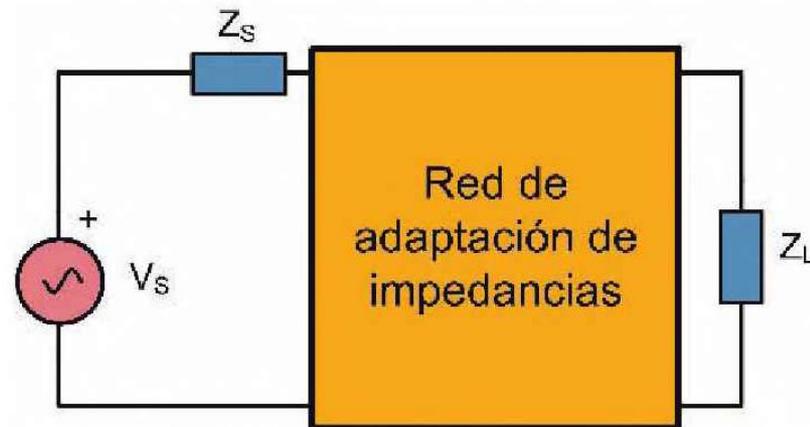


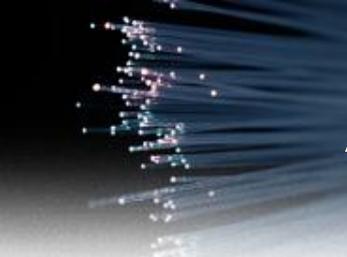
Cable Coaxial vs. Guía de Ondas

- Las guías de onda generalmente se usan para conectar transmisores con antenas o receptores con antenas.
- Existen rígidas y flexibles, pero generalmente se utilizan rígidas, dejando las flexibles para algunas conexiones (introducen mayores pérdidas)

Adaptación de Impedancia

- Con el objeto de contribuir a la máxima transmisión de potencia o tensión, existe la necesidad de adaptar las impedancias de los subsistemas.
- Existen dos tipos:
 - Las que persiguen alcanzar la máxima transferencia de potencia
 - Las que persiguen alcanzar la máxima transferencia de tensión





Adaptación de impedancias

- Cuando existe desadaptación de impedancias, se producen reflexiones de la potencia entregada por la fuente a la carga, que pueden dañar la fuente.
- Para que la máxima transferencia de potencia tenga lugar, la impedancia de la fuente y la impedancia de la carga deben ser complejas conjugadas

$$Z_L = Z_S^* \begin{cases} |Z_L| = |Z_S| \\ \theta_L = -\theta_S \end{cases}$$



Impedancia característica del cable coaxial

- En el mercado se encuentran cables de 50, 75 y 93 ohms
- Pero se normalizan en función de la aplicación, por ejemplo, en CATV, y recepción de radio y televisión, se emplean cables de 75 ohms.
- La impedancia característica no depende de la frecuencia ni de la longitud del cable
- La ROE (relación de ondas estacionarias) está relacionada con los máximos y mínimos de tensión que se producen en las líneas de transmisión. Coincide con la relación que existe entre la impedancia característica de la línea y la conectada
- La ROE mide desadaptación de impedancia



Impedancia de Transferencia o Apantallamiento

- La impedancia de transferencia o apantallamiento es una medida de la eficiencia del blindaje del conductor externo del cable coaxial.
- Se expresa en ohms por metro
- Cuanto mayor es su valor, peor es el rendimiento del apantallamiento, es decir, es más susceptible frente a interferencias externas y produce radiaciones al exterior.