

Sistemas y Aplicaciones  
Informáticas

Tema 53. Transmisión de Datos.  
Medios. Tipos. Técnicas.  
Perturbaciones.

<b>1. ÁMBITO DE DOCENCIA.</b> .....	<b>3</b>
<b>2. TRANSMISIÓN DE DATOS.</b> .....	<b>3</b>
2.1. DESCRIPCIÓN. CONCEPTOS ASOCIADOS. TEOREMAS DE NYQUIST Y DE SHANNON. ....	3
2.2. CIRCUITOS DE DATOS. ELEMENTOS. TIPOS DE LÍNEAS DE COMUNICACIONES. ....	3
2.3. SINCRONISMO. TIPOS DE SINCRONISMO. ....	4
<b>3. MEDIOS DE TRANSMISIÓN.</b> .....	<b>5</b>
3.1. CABLES METÁLICOS.....	5
3.2. FIBRA ÓPTICA. ....	5
3.3. TRANSMISIÓN INALÁMBRICA. ....	6
<b>3.4. TIPOS DE TRANSMISIÓN.</b> .....	<b>6</b>
3.5. SEGÚN LA SINCRONIZACIÓN DE LOS DATOS. ....	6
3.6. SEGÚN EL SENTIDO DE TRANSMISIÓN.....	7
3.7. SEGÚN EL MODO DE TRANSMISIÓN.....	7
3.8. SEGÚN EL TIPO DE SEÑAL TRANSMITIDA. ....	7
<b>4. TÉCNICAS DE TRANSMISIÓN.</b> .....	<b>7</b>
4.1. ADAPTACIÓN AL MEDIO. ....	7
4.1.1. <i>Modulación (transmisión en banda ancha). Tipos.</i> .....	7
4.1.2. <i>Codificación (transmisión en banda base). Tipos.</i> .....	7
4.1.3. <i>Digitalización (conversión analógico-digital). Tipos.</i> .....	8
4.2. MULTIPLEXACIÓN. TIPOS. ....	8
4.3. CONMUTACIÓN. TIPOS. ....	8
<b>5. PERTURBACIONES.</b> .....	<b>9</b>
5.1. PERTURBACIONES COMUNES. ....	9
5.2. PERTURBACIONES ESPECÍFICAS. ....	9
5.2.1. <i>Cable de par trenzado.</i> .....	9
5.2.2. <i>Fibra óptica.</i> .....	10

## 1. **Ámbito de docencia.**

- Implantación de aplicaciones informáticas de gestión (ASI 2).
- Sistemas informáticos multiusuario y en red (DAI 1).
- Instalación y mantenimiento de aplicaciones ofimáticas y corporativas (ESI 1).

## 2. **Transmisión de datos.**

### 2.1. **Descripción. Conceptos asociados. Teoremas de Nyquist y de Shannon.**

- La transmisión de datos es el transporte de señales entre un emisor que origina la comunicación y un receptor que acepta los datos. Esto implica una variación en el tiempo de una característica de una onda electromagnética portadora que se propaga a través de un medio de transmisión.
- Existen varios conceptos asociados a la transmisión de datos:
  - \* *Bit*. Concepto abstracto que representa la unidad básica de almacenamiento de la información. Se almacena en un dispositivo físico y puede tener dos estados, 0 y 1.
  - \* *Velocidad de transmisión*. Es el número de unidades de información por unidad de tiempo que se transfiere a través del medio de transmisión. Se mide en bps (bits/seg).
  - \* *Baudio*. Concepto físico que representa la unidad básica de transmisión de la información. Los baudios indican el número de veces por segundo que puede cambiar la característica de la onda portadora elegida para transmitir la información.
  - \* *Eficiencia de código*. Es el número de bits transmitidos por baudio. Depende del número de valores posibles que la magnitud utilizada para codificar la información puede tomar en cada instante. Por ejemplo, con ocho estados se pueden codificar tres bits.
  - \* *Tasa de errores de un medio de transmisión*. Se mide por la BER (Bit Error Rate), que se define como la relación entre los bits erróneos recibidos y el total de bits transmitidos.
- Cualquier canal de transmisión tiene un ancho de banda limitado. Nyquist observó la existencia de un límite fundamental en las transmisiones digitales sobre canales analógicos, que se conoce como teorema de Nyquist, y que establece que el número máximo de baudios que puede transmitirse por un canal no puede ser superior al doble de su ancho de banda.
- El ancho de banda mínimo necesario para transmitir  $n$  baudios es  $n/2$  Hz, por lo que a dicha frecuencia se le denomina frecuencia de Nyquist. Generalmente transmitiendo hasta el doble de la frecuencia de Nyquist se consiguen valores de BER inferiores a  $10^{-10}$ . Por tanto *el medio físico debería ser capaz de transmitir señales hasta una frecuencia igual al número de baudios*.
- La velocidad de transmisión en un canal podría ser arbitrariamente grande utilizando una codificación capaz de transmitir un número lo bastante grande de bits por baudio. Sin embargo, el número máximo de estados que el receptor puede distinguir depende de la relación señal/ruido. El teorema de Shannon establece que la eficiencia máxima de un canal analógico es de 3,3 bps/Hz por cada 10 dB de relación señal/ruido, independientemente de su ancho de banda.

### 2.2. **Circuitos de datos. Elementos. Tipos de líneas de comunicaciones.**

- Los circuitos de datos expresan el camino, el modo y la tecnología utilizada por la información que circula por una red de datos con objeto de alcanzar un destino receptor.
- Cada circuito de datos está compuesto por el siguiente conjunto de elementos:

- \* *Equipos terminales de datos (ETD)*. Es aquel componente del circuito de datos que hace de fuente o destino de la información. Por ejemplo un terminal o una estación de trabajo.
- \* *Equipos terminales de circuito de datos (ETCD)*. Es el componente de un circuito de datos que adapta las señales que viajan por el canal de comunicaciones convirtiéndolas a un formato asequible para el ETD. Para ello se vale de técnicas de modulación, multiplexación, concentración, etc. Por ejemplo un módem.
- \* *Línea de comunicaciones*. Es la vía a través de la cual los circuitos de datos pueden intercambiar información. Cuando se interconectan dos o más equipos de comunicación a través de líneas de comunicación de datos se construye una red de comunicación.
- \* *Enlace de datos*. El enlace de datos está constituido por el circuito de datos (los ETCD más las líneas de comunicaciones) e incluye los controladores de comunicaciones que tienen la función de gobierno sobre los eventos ocurridos en cualquier comunicación.
- Existe una doble clasificación para los diferentes tipos de líneas de comunicaciones:
  - \* *Según la topología de la conexión*:
    - **Líneas punto a punto**. Dos equipos están conectados mediante una línea física que los une, a través de la cual se puede producir la comunicación. Sólo los equipos conectados a ella (emisor y receptor) tienen derecho de acceso.
    - **Líneas multipunto**. Tienen una topología en forma de red troncal constituida por un bus de comunicaciones común a todos los equipos que se conectan a la red. El aspecto de la red es el de un conjunto de líneas que interconectan múltiples equipos.
  - \* *Según su propietario*:
    - **Líneas privadas**. Tienen un propietario definido. Las líneas utilizadas en las redes de área local son privadas. Todo su recorrido es propiedad del poseedor de la red.
    - **Líneas públicas**. Son de titularidad pública. Normalmente están en poder de las compañías telefónicas y, por tanto, tienen un ámbito nacional o supranacional. El usuario de una línea pública contrata servicios de comunicaciones con la compañía que le suministra la línea en régimen de alquiler. En ellas se mezclan datos de los diferentes usuarios aunque la red se encarga de que cada dato llegue a su destino correcto.
    - **Líneas dedicadas**. Es una línea de datos privada o pública que sólo puede ser utilizada exclusivamente por dos usuarios o por dos equipos concretos.

### **2.3. Sincronismo. Tipos de sincronismo.**

- El sincronismo es el procedimiento mediante el cual un emisor y un receptor fijan el instante preciso en el que comienza o acaba la información que se ha puesto en el medio de transmisión. Requiere la definición de una base de tiempos común, ya que un error de sincronismo implica que el receptor podría muestrear la señal recibida en momentos erróneos.
- Existen tres tipos de sincronismo: el *sincronismo de bit*, que se encarga de determinar el momento preciso en que comienza o acaba la transmisión de un bit; el *sincronismo de carácter*, que se ocupa de establecer las fronteras entre caracteres, saber cuál es el primer y el último bit de cada carácter; y el *sincronismo de bloque*, en el que se definen un conjunto de caracteres especiales que fragmentan el mensaje en bloques que deben llevar una secuencia determinada.

### 3. Medios de transmisión.

#### 3.1. Cables metálicos.

- Es el medio de transmisión más utilizado cuando se trata de cubrir distancias no muy grandes y/o se necesitan capacidades no demasiado elevadas. La información se transmite en forma de ondas electromagnéticas, y el metal utilizado casi siempre es el cobre ya que combina una buena conductividad con un coste razonable.
- Dentro de los cables de cobre existen dos clases:
  - \* *Cable de par trenzado*. Formado por hilos de cobre rodeados de material aislante, que se agrupan en pares de hilos trenzados entre sí formando una doble hélice. El trenzado permite reducir las interferencias electromagnéticas emitidas al exterior y las recibidas por las fuentes próximas, como los pares vecinos. En las redes locales se utiliza casi siempre cable de cuatro pares, cuya longitud máxima permitida es de 100 m. Existen tres tipos:
    - **Unshielded Twisted Pair (UTP)**. Es el más utilizado, debido a que es el más económico y fácil de instalar. Sin embargo, es el más sensible al ruido eléctrico y a las interferencias electromagnéticas. Existen varias categorías de cables UTP que se diferencian en el grosor del cable y la densidad de vueltas de trenzado, pero las más utilizadas son las categorías 5 y 5e, con un ancho de banda por par de 100 MHz, y la categoría 6, con un ancho de banda por par de 250 MHz.
    - **Shielded Twisted Pair (STP)**. Poseen un blindaje consistente en una trenza metálica de hilo de cobre que mantiene al mínimo las interferencias electromagnéticas emitidas y recibidas. Sin embargo, es más caro y es de instalación más difícil que el UTP. El cable categoría 7, con un ancho de banda por par de 600 MHz, pertenece a este tipo.
    - **Foil Twisted Pair (FTP)**. Es una variante más barata del STP, que simplifica el blindaje sustituyéndolo por una fina lámina de aluminio y poliéster.
  - \* *Cable coaxial*. Formado por un cable central cilíndrico rodeado por un aislante de plástico sobre el cual se dispone el otro conductor, formado por pequeños hilos trenzados o una lámina metálica cilíndrica. Toda la estructura está envuelta por una cubierta de plástico. Es menos sensible a las perturbaciones exteriores, posee un mayor ancho de banda y admite mayores velocidades de transmisión, pero es más caro que el cable de par trenzado y hoy en día está en desuso. Existen dos categorías:
    - *Cable RG-11 o coaxial grueso*. Es un cable grueso de 50 ohmios de impedancia con un conductor central rodeado de cuatro capas de blindaje. Permite crear segmentos de red en bus de 500 metros como máximo. El tipo de conector usual es el tipo grifo.
    - *Cable RG-58 o coaxial fino*. Es un cable fino de 50 ohmios de impedancia sin blindar. Es más sensible al ruido electromagnético y a la atenuación, y por tanto está limitado a segmentos de 200 metros. El tipo de conector usual es el BNC.

#### 3.2. Fibra óptica.

- Formada por dos cilindros concéntricos (núcleo y revestimiento) de cristal o plástico. La información se transmite en forma de ondas que se desplazan a lo largo del núcleo gracias al

fenómeno de la reflexión total, producido por la diferencia de índices de refracción entre el núcleo y el revestimiento. Las fibras se especifican indicando el diámetro de ambos.

- Existen dos tipos de fibra óptica en función de esta diferencia:
  - \* *Multimodo (diferencia grande)*. Las ondas se propagan por el eje del núcleo y por reflexión, y se suele utilizar con emisores LED de luz no coherente. Las fibras multimodo típicas son de 50/125  $\mu\text{m}$  y 62,5/125  $\mu\text{m}$ , y tienen un alcance máximo de 2 Km.
  - \* *Monomodo (diferencia pequeña)*. Las ondas se propagan predominantemente por el eje del núcleo, y se suele utilizar con emisores láser de luz coherente. Suelen ser de 9/125  $\mu\text{m}$ .
- La fibra óptica es unidireccional, es decir, transporta las ondas electromagnéticas en un sentido únicamente. Si se desea una comunicación bidireccional es necesario un par de fibras.
- Cuando se utilizan fibras ópticas para transmitir información se intentan utilizar las longitudes de onda para las que presentan una menor absorción. En particular las longitudes de onda de menor atenuación se encuentran situadas alrededor de los 850, 1310 y 1550 nm y se conocen como primera, segunda y tercera ventana respectivamente. Las ventanas con mayor longitud de onda tienen menor atenuación, pero la optoelectrónica necesaria es más costosa.
- El ancho de banda de una fibra es mayor cuanto menor sea la diferencia entre la longitud de onda de la señal luminosa y el diámetro del núcleo. También influye la calidad de la fibra, cuyo proceso de fabricación permite reducir hasta cierto punto la creación de haces secundarios.
- La fibra óptica es mucho más eficiente por su menor atenuación y por su inmunidad a las interferencias electromagnéticas. Además permite anchos de banda mucho mayores y distancias mucho más largas. Sin embargo, es más cara y necesita de mantenimiento más cualificado.

### **3.3. Transmisión inalámbrica.**

- Las zonas del espectro electromagnético utilizadas en la transmisión de datos son las siguientes:
  - \* *Radiofrecuencia (10 KHz a 300 MHz)*. Se caracteriza por un comportamiento poco direccional y las ondas pueden atravesar obstáculos de cierto tamaño sin dificultad.
  - \* *Microondas (300 MHz a 300 GHz)*. Es más direccional y sensible a los obstáculos.
  - \* *Infrarroja (300 GHz a 400 THz)*. El comportamiento es completamente direccional y la absorción por fenómenos meteorológicos es notable.
- En cada país existe un organismo encargado de asignar las frecuencias que pueden utilizarse. Esto sólo rige para la radiofrecuencia y las microondas, la luz infrarroja no lo requiere debido a su elevada direccionalidad y corto alcance. Como excepción a lo anterior se puede utilizar sin autorización la banda comprendida en el rango de 2,400 a 2,484 GHz con potencias no superiores a 100 mW. Esta banda es utilizada por algunas LANs inalámbricas (802.11).

### **3.4. Tipos de transmisión.**

#### **3.5. Según la sincronización de los datos.**

- **Transmisión asíncrona.** La sincronización entre emisor y receptor se restaura en cada carácter transmitido mediante unos bits especiales que definen el principio y final del carácter. Puesto que la velocidad de transmisión es la misma para ambos, cada bit queda determinado por su duración temporal tomando como referencia el instante de recepción del bit de arranque.

- **Transmisión síncrona.** La sincronización entre emisor y receptor se restaura en cada trama de datos transmitida mediante un conjunto de bits de sincronismo situados en el inicio y el final del bloque. Los bits transmitidos se envían a un ritmo constante, y por tanto el receptor debe mantener el sincronismo a partir de las transiciones 0-1 y 1-0 de la propia señal transmitida.

### 3.6. Según el sentido de transmisión.

- **Unidireccional.** La transmisión siempre se produce en sentido de emisor a receptor (simplex).
- **Bidireccional.** La transmisión puede producirse en ambos sentidos entre emisor y receptor, de manera no simultánea (half-duplex) o de manera simultánea (full-duplex).

### 3.7. Según el modo de transmisión.

- **Transmisión serie.** Se produce cuando todas las señales se transmiten por una única línea de datos secuencialmente a una velocidad constante negociada entre el emisor y el receptor.
- **Transmisión paralelo.** Se produce cuando se transmiten simultáneamente varios bits, uno por cada línea del mismo canal. Es más compleja, por lo que suele utilizarse en ámbitos locales.

### 3.8. Según el tipo de señal transmitida.

- **Transmisión analógica.** Se produce cuando la señal transmitida presenta una variación continua en el tiempo y puede tomar todos los valores posibles dentro de un rango en un instante dado.
- **Transmisión digital.** Se produce cuando la señal transmitida presenta una variación discontinua en el tiempo y puede tomar un número finito de valores en un instante dado.

## 4. Técnicas de transmisión.

### 4.1. Adaptación al medio.

#### 4.1.1. Modulación (transmisión en banda ancha). Tipos.

- La modulación consiste en la transmisión de una señal analógica o digital (moduladora) utilizando otra señal analógica (portadora), de manera que la señal moduladora altera alguna característica de la señal portadora. Ésta se transmite, y en el otro extremo la señal portadora es analizada y se reconstruye nuevamente la señal moduladora. Este procedimiento permite adaptar la señal a aquellas frecuencias en las que el canal proporciona la mejor respuesta.
- En el caso de que la señal moduladora sea analógica, la modulación puede ser de:
  - \* *Amplitud (AM)*. La señal moduladora modifica la amplitud de la señal portadora.
  - \* *Frecuencia (FM)*. La señal moduladora modifica la frecuencia de la señal portadora.
  - \* *Fase (PM)*. La señal moduladora modifica la fase de la señal portadora.
- Si la señal moduladora es digital, la modulación puede ser de desplazamiento de:
  - \* *Amplitud (ASK)*. Para cada nivel lógico la portadora toma una amplitud distinta (0 y A).
  - \* *Frecuencia (FSK)*. Para cada nivel lógico la portadora toma una frecuencia distinta ( $f_1$  y  $f_2$ ).
  - \* *Fase (PSK)*. Para cada nivel lógico la portadora toma una fase distinta (0 y  $\pi$ ).
  - \* *Amplitud en cuadratura (QAM)*. La portadora toma N posibles amplitudes, frecuencias o fases correspondientes a N estados de modulación definidos por n bits, siendo  $N=2^n$ .

#### 4.1.2. Codificación (transmisión en banda base). Tipos.

- La codificación consiste en convertir secuencias de bits en otras secuencias de bits equivalentes según un determinado código, con el fin de aumentar el sincronismo y la eficiencia bit/baudio.

- Existen varios tipos de codificación, algunos de ellos son los siguientes:
  - \* *No retorno a cero (NRZ)*. Utiliza un valor positivo y negativo de señal para representar el 1 y el 0 respectivamente. No puede sincronizar si se transmiten varios unos o ceros seguidos.
  - \* *Bipolar (AMI)*. El 0 se representa con un valor cero y el 1 toma alternativamente un valor positivo o negativo. Sincroniza el uno, pero puede perderse con una larga lista de ceros.
  - \* *Manchester*. Presenta transiciones en la mitad de cada bit, el 1 de valor negativo a positivo, y el 0 de valor positivo a negativo. Tiene una eficiencia bit/baudío de 0,5.
  - \* *Manchester diferencial*. Siempre existe una transición de positivo a negativo o viceversa en la mitad de cada bit. Si éste es un 0 existe una transición adicional al principio del bit.

#### **4.1.3. Digitalización (conversión analógico-digital). Tipos.**

- **Modulación por impulsos codificados (PCM)**. Si una señal se muestrea a intervalos regulares de tiempo con una frecuencia mayor que el doble de la frecuencia más alta de la señal, las muestras obtenidas contienen toda la información de la señal original. Las muestras analógicas son pulsos modulados en amplitud y a cada uno de ellos se le asigna un código digital en función de su amplitud. Cuantos más bits de codificación se utilicen en cada pulso, mayor será la similitud respecto a la señal original. Sin embargo es inevitable el error o ruido de cuantización.
- **Modulación delta (DM)**. La entrada analógica se aproxima mediante una función escalera, en la que cada intervalo de muestreo sube o baja un nivel de cuantización  $\delta$ . Cuando la función escalera experimenta un cambio en el incremento de  $\delta$  de positivo a negativo y viceversa, en la señal digital se produce una transición positivo a negativo y viceversa, respectivamente.

#### **4.2. Multiplexación. Tipos.**

- La multiplexación permite que varias señales diferentes compartan el mismo medio físico estableciendo sobre él varios canales lógicos. La capacidad de transmisión del canal común debe ser *mayor o igual* que la suma de las capacidades de transmisión de cada uno de los emisores.
- Existen dos tipos de multiplexación:
  - \* *Multiplexación en frecuencia*. A cada canal lógico se le asigna una banda de frecuencia centrada en una señal portadora que será modulada por la señal que utilice ese canal. Es más eficaz para el tratamiento de señales analógicas que digitales. Tiene la desventaja de tener un número limitado de canales y una velocidad de transmisión limitada por canal.
  - \* *Multiplexación en tiempo*. Los canales lógicos se reparten asignando la totalidad del ancho de banda disponible durante un cierto período de tiempo a cada señal. Se caracteriza por emplear técnicas digitales por lo que es más adecuada para su uso en transmisión de datos. La asignación puede ser por intervalos de tiempo de duración constante o variable.

#### **4.3. Conmutación. Tipos.**

- La conmutación es la solución ante la imposibilidad de conectar todos los nodos de una red a través de líneas punto a punto. Para ello se establece una jerarquía de nodos de conmutación interconectados entre sí, de los que dependen las transmisiones de los nodos terminales.
- Cada nodo terminal se conecta a su nodo de conmutación local. Cuando se intenta una conexión con otro nodo terminal, los nodos de conmutación se encargan de establecer uno o más caminos por los que poder transportar la información de modo transparente a los nodos terminales.

- En transporte de datos hay dos tipos de conmutación:
  - \* *Conmutación de circuitos*. Establece una conexión física extremo a extremo a través de los nodos de conmutación mediante un procedimiento de llamada entre los equipos que desean comunicarse. Mientras hay conexión, el canal de comunicación está reservado tanto si lo usa como si no. Un ejemplo de red por conmutación de circuitos es la red telefónica básica.
  - \* *Conmutación de paquetes*. Es un procedimiento de transferencia de datos mediante paquetes provistos de direcciones, en el que el canal de comunicación no está reservado sino que es compartido por todos los nodos conectados a él. Existen dos tipos de servicios:
    - **Servicio orientado a conexión**. Establece un circuito virtual extremo a extremo a través de los nodos de conmutación en el instante de la conexión entre los equipos que desean comunicarse. Todos los paquetes van marcados con una etiqueta identificativa propia y se dirigen por el circuito virtual desde el origen al destino, llegando en el mismo orden con el que han salido. Los nodos de conmutación modifican las etiquetas de los paquetes, asignándoles la interfaz de salida y la nueva etiqueta en función de la interfaz de entrada y la etiqueta vieja de acuerdo a su propia tabla de conmutación.
    - **Servicio no orientado a conexión**. Los paquetes pueden ir por caminos físicos diversos, y cada uno debe contener su dirección de destino. Cada nodo de conmutación se encarga de enrutar el paquete por el camino adecuado para que llegue a su destino. Los paquetes pueden llegar desordenados, de modo que según el tipo de red de comunicación, será misión de ésta o del receptor el ensamblaje correcto de los paquetes.

## 5. Perturbaciones.

### 5.1. Perturbaciones comunes.

- **Reflexión**. Cuando los bits transmitidos son discontinuos, puede reflejarse una parte de energía que puede interferir con los bits posteriores. Se suele producir por diferencias de impedancia entre los dispositivos y el cable metálicos, o por discontinuidades en la fibra de vidrio.
- **Desfase**. Se produce cuando el emisor y el receptor no están sincronizados.
- **Latencia**. Es provocada por la propia naturaleza del medio y por los dispositivos de red.
- **Ruido interno**. Es inherente al medio y se añade a la señal. Es conveniente que la relación señal/ruido sea elevada puesto que el ruido excesivo puede corromper los bits transmitidos.

### 5.2. Perturbaciones específicas.

#### 5.2.1. Cable de par trenzado.

- Las perturbaciones que pueden afectar a los cables de par trenzado son las siguientes:
  - \* *Dispersión*. La diferencia de velocidad de propagación de las frecuencias de la onda electromagnética a través del cable provoca un ensanchamiento de los pulsos que distorsionan la señal. La dispersión es proporcional a la distancia recorrida, lo cual supone una limitación a la transmisión a velocidades altas y distancias largas.
  - \* *Atenuación*. Para un cable dado es proporcional a la raíz cuadrada de la frecuencia de la señal transmitida, y se debe fundamentalmente a dos factores:
    - **Resistencia del cable**. Provoca la pérdida en forma de calor de parte de la energía de la señal original. Dado que la resistencia disminuye con el aumento de sección del cable la

atenuación debida a esta causa es menor cuanto mayor es el grosor de éste. Las frecuencias elevadas se transmiten utilizando únicamente la superficie del cable, cuanto mayor es la frecuencia mas superficial es la propagación, por tanto las frecuencias elevadas aprovechan peor la sección del cable y se atenúan mas rápido.

- **Emisión electromagnética al ambiente.** Parte de la energía de la señal se pierde de esta manera, que aumenta a medida que se incrementa la frecuencia. La atenuación será tanto menor cuanto mayor sea el grado de apantallamiento del cable.

\* *Interferencia electromagnética.* Puede alterar la señal correspondiente a los datos transmitidos hasta un punto que la haga irreconocible. Se pueden distinguir dos tipos:

- **Externa.** Inducida por factores externos, tales como arranque de motores o emisiones comerciales de radio o televisión. Sólo es importante en cable no apantallado UTP.
- **Diafonía.** Es la interferencia que se produce entre señales que discurren simultáneamente por cables paralelos. La señal eléctrica transmitida por un par de cables induce corrientes en los pares vecinos, que se propagan hacia el emisor y hacia el receptor. Por tanto la diafonía puede ser NEXT o Near End Crosstalk (señal inducida que vuelve y es percibida en el lado del emisor), y FEXT o Far End Crosstalk (señal inducida que es percibida en el lado del receptor, es más débil que el NEXT porque la intensidad de la señal inducida en el extremo cercano es mayor). Si se usa una frecuencia distinta en cada sentido (ej.: ADSL) el NEXT no es problema.

- La calidad de un cable viene dada por el cociente entre la diafonía y la atenuación, denominado ACR (Attenuation Crosstalk Ratio). Refleja el margen de seguridad con que funciona el cable, también se denomina rango dinámico. Expresado en dB el ACR se puede calcular como:

$$\text{NEXT} = \text{Señal Referencia} - \text{Diafonía}$$

$$\text{ACR} = \text{NEXT} - \text{Atenuación}$$

- A medida que aumenta la frecuencia, la atenuación y la diafonía aumentan. Un ACR de 0 dB marca la frecuencia máxima aprovechable de un cable y fija su ancho de banda.

### 5.2.2. Fibra óptica.

- Cuando se transmite un pulso por una fibra multimodo los rayos se reflejan múltiples veces antes de llegar a su destino con ángulos diversos, lo cual hace que la longitud del trayecto seguido por los rayos que forman el pulso no sea exactamente igual para todos ellos; esto produce un ensanchamiento del pulso recibido, conocido como dispersión en modo diferencial, que limita la velocidad de transferencia y que es función de dos factores: la frecuencia y la longitud de la fibra. Existe un parámetro característico de las fibras que mide esta limitación, que se conoce como ancho de banda modal o simplemente ancho de banda, y se mide en MHz\*Km.
- Los factores principales que influyen en la atenuación en una fibra son la distancia a cubrir, los latiguillos, empalmes y soldaduras, las curvas cerradas en la fibra, la suciedad en los conectores, las variaciones de temperatura y el envejecimiento de los componentes.