

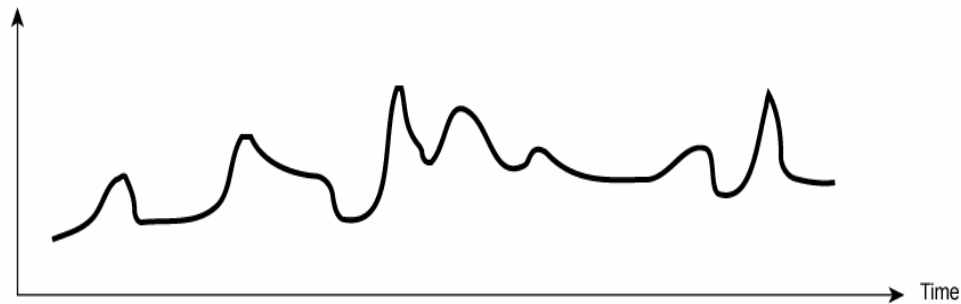
TEMA 2: NIVEL FÍSICO. MEDIOS DE TRANSMISIÓN



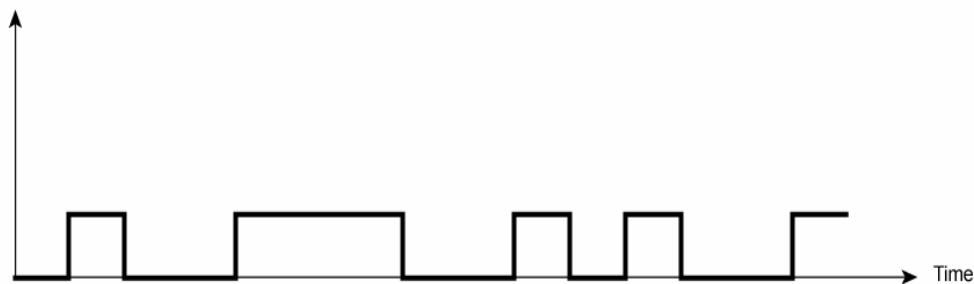
- La transmisión de datos entre emisor y receptor siempre se realiza a través de un **medio de transmisión** que puede ser:
 - **Guiado**. Estos pueden a su vez, ser:
 - Punto a punto.
 - Multipunto.
 - **No Guiado**
- Los medios de transmisión pueden clasificarse, según la forma en que transmiten las señales, en:
 - **Simplex** \longrightarrow
 - **Half-Duplex** $\longrightarrow \longleftarrow$
 - **Full-Duplex** \longleftrightarrow

- El éxito de la transmisión depende de :
 - De la **calidad de la señal** que se transmite (ej. potencia del emisor).
 - De las **características del medio** de transmisión.
 - De la **sensibilidad** del receptor.
- Las transmisiones se realizan mediante señales electromagnéticas.
- Estas señales pueden ser *continuas* (analógicas) o *discretas* (digitales).

- **Señal continua o analógica:** su intensidad varía suavemente a lo largo del tiempo y no presenta saltos ni discontinuidades. Ejemplo: voz, temperatura, FM, AM.



- **Señal discreta o digital:** la intensidad sólo toma determinados valores constantes a lo largo del tiempo. Ejemplo: información binaria (1,0)

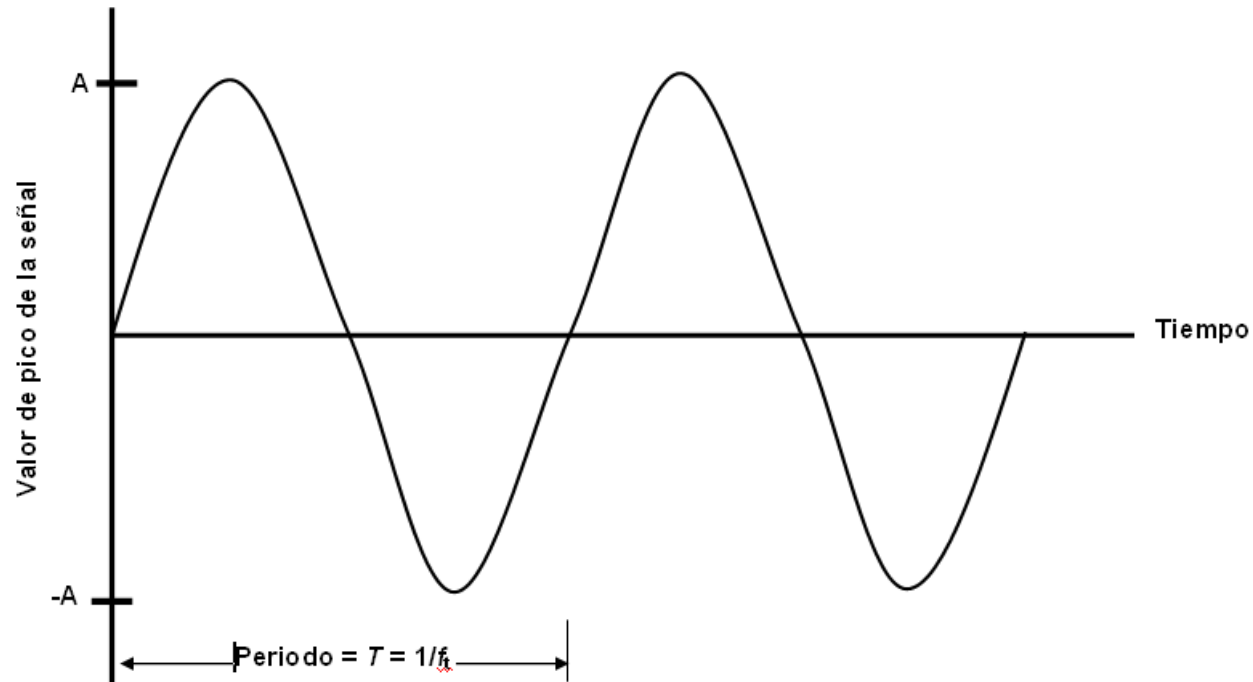


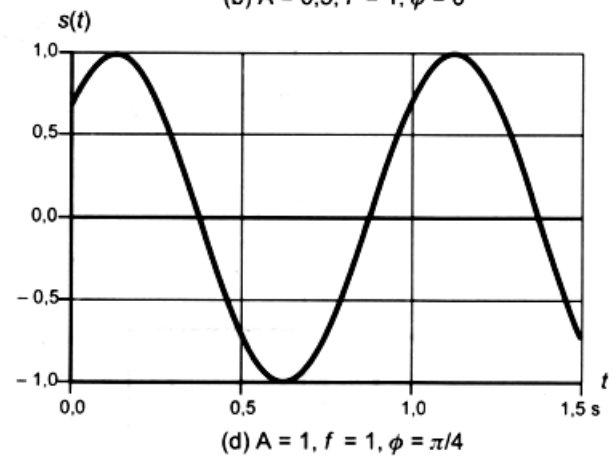
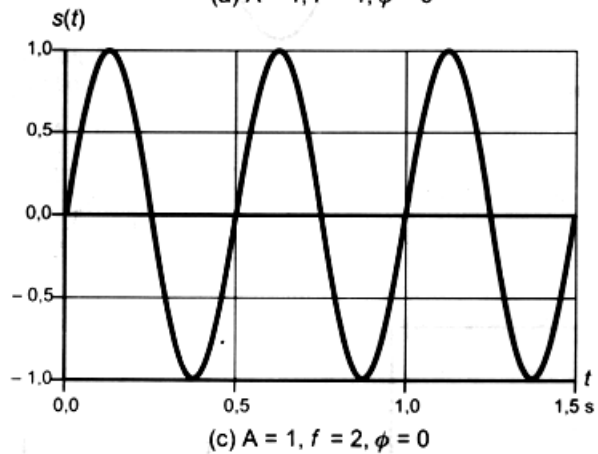
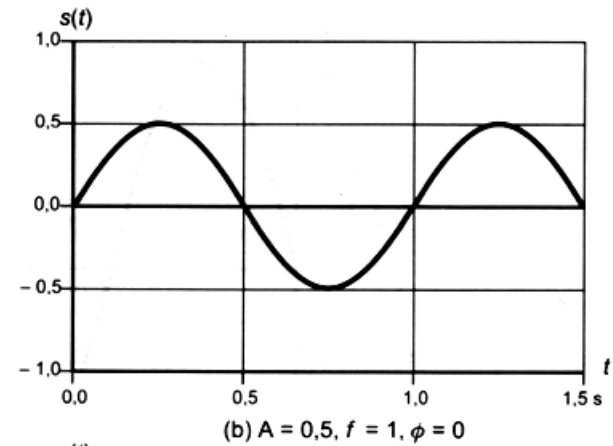
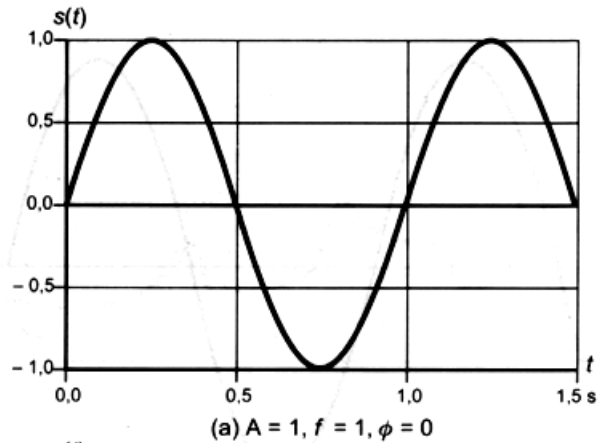
Función periódica: Es una función que se repite a lo largo del tiempo, $g(t+T) = g(t)$.

Siendo **T** el periodo de la señal, que se define como la cantidad de tiempo transcurridos entre dos representaciones consecutivas de la señal en segundos.

- La función periódica más simple es la función seno:
 - $g(t) = A \sin(2\pi ft + \varphi) = A \sin(2\pi f(t+?) + \varphi)$
 - Siendo A la amplitud de la señal, f la frecuencia y φ la fase.
- El periodo, T, de cualquier señal periódica es el inverso de la frecuencia, f: $T = 1/f$. *Se mide en segundos*
- La frecuencia es la razón (en ciclos por segundo o Hertzios) a la que la señal se repite.
- La fase es una medida de la posición relativa de la señal dentro de un periodo de la misma. Se mide en grados o radianes.

- Una onda sinusoidal es la señal continua por excelencia. Viene expresada como:





- Se denomina **longitud de onda (λ)** a la distancia que ocupa un ciclo, o lo que es lo mismo, la **distancia entre dos puntos de igual fase en dos ciclos consecutivos, en metros**.
- La longitud de onda está relacionada con el periodo de la señal mediante la fórmula: $\lambda = v \cdot T$, siendo v la velocidad de propagación de la señal y T el periodo.
- En ocasiones, cuando se utiliza un medio de transmisión adecuado:
 $v = c$; ($c = 3 \times 10^8$ m/s), velocidad de la luz en el vacío.

Descomposición de Fourier:

- Cualquier señal periódica ($g(t)=g(t+T)$) se puede descomponer en una suma (infinita) de funciones periódicas:

Se dice que la señal está compuesta por una serie infinita de armónicos:

- Armónico 1º, frecuencia $f=1/T$ (amplitudes a_1 y b_1)
- Armónico 2º, frecuencia $2f$ (amplitudes a_2 y b_2)
-
- El **armónico n-ésimo** tiene una frecuencia f_n y una amplitud que viene dada por a_n y b_n

$$g(t) = \frac{1}{2}c + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \text{sen}(2\pi nft) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cos(2\pi nft)$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) \text{sen}(2\pi nft) dt$$

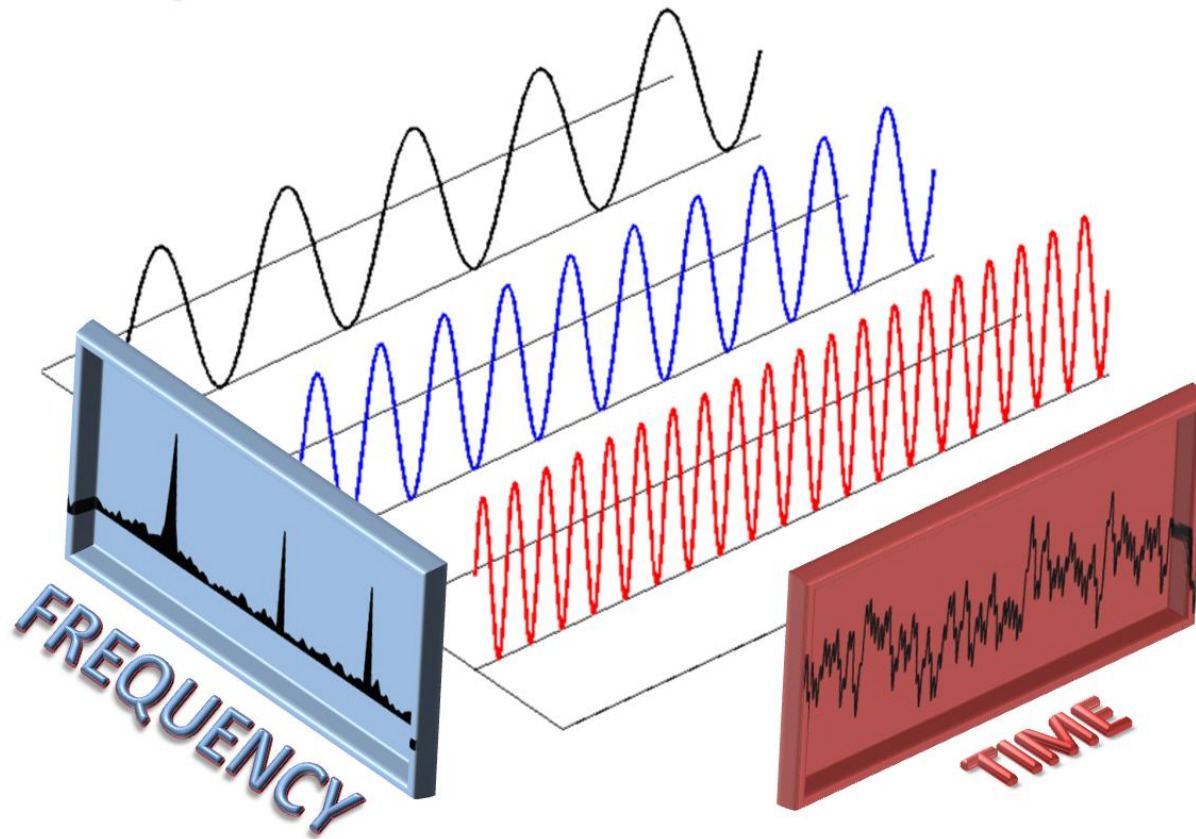
$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) \cos(2\pi nft) dt$$

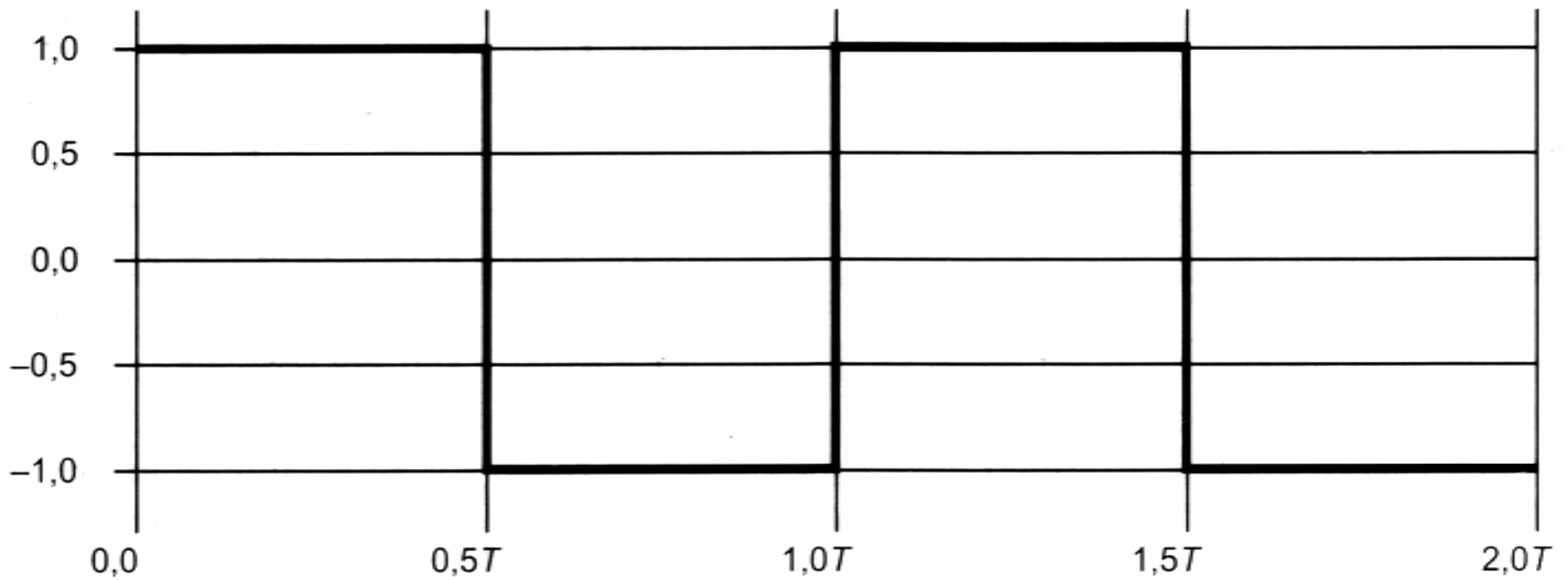
$$c = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) dt$$

Cuando todas las componentes tienen frecuencias múltiplo de una dada, esta se denomina frecuencia fundamental.

Visualización de los armónicos

$$f(t) = C_0 + \sum_{n=1}^{\infty} C_n \cos(n\omega t - \varphi_n)$$





(c) $(4/\pi) \sum (1/k) \text{sen}(2\pi(kf)t)$

Ejemplo descomposición de Fourier de una señal cuadrada:

- Usando sólo el **armónico 1**

La función cuadrada se aproxima por la siguiente función:

$$g_1(t) = A \sin(2\pi f t)$$

- Usando los **armónicos 1 y 3**

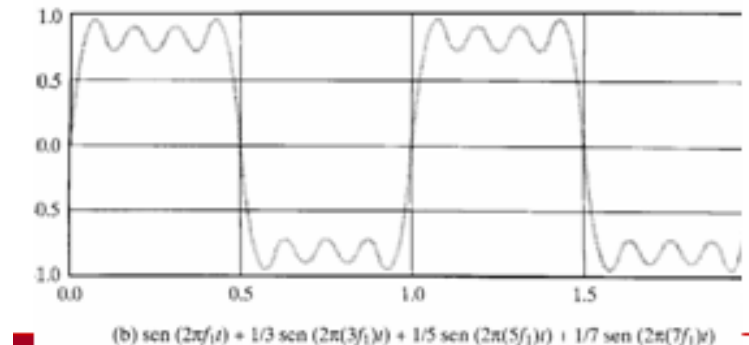
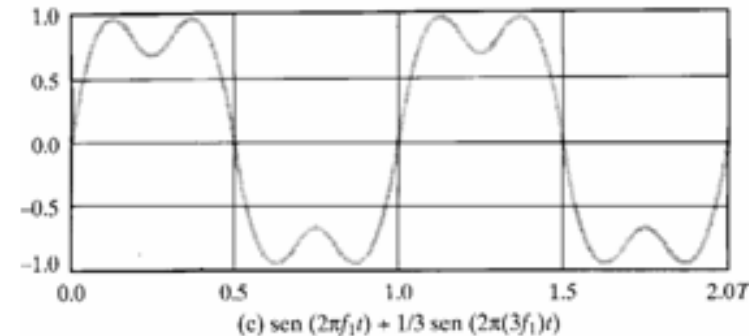
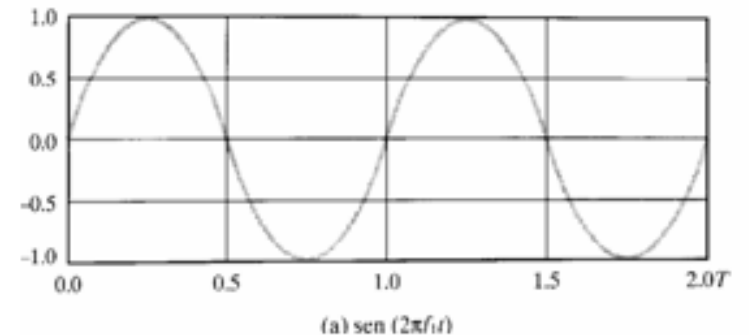
La función cuadrada se aproxima por la siguiente función:

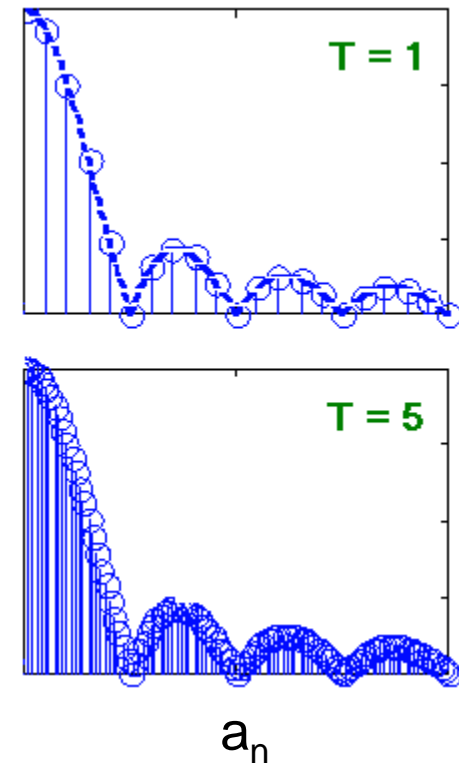
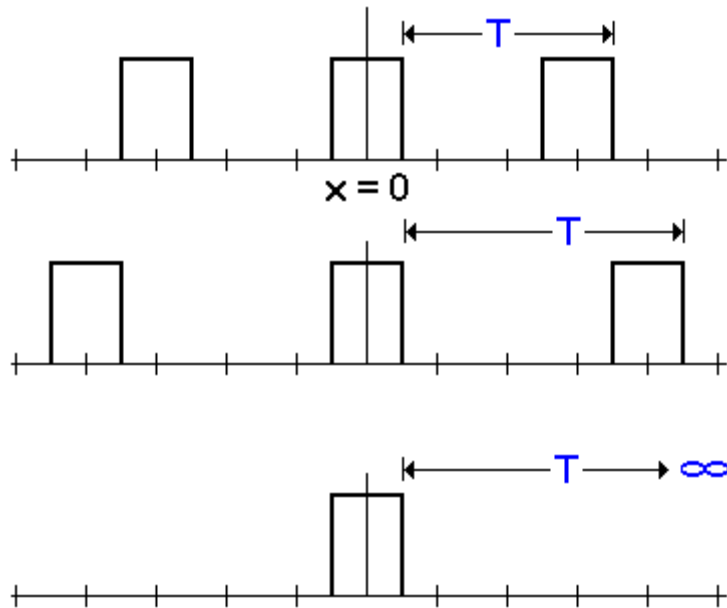
$$g_2(t) = A \sin(2\pi f t) + A/3 \sin(6\pi f t)$$

- Usando los **armónicos 1, 3 y 5**

La función cuadrada se aproxima por la siguiente función:

$$g_3(t) = A \sin(2\pi f t) + A/3 \sin(6\pi f t) + A/5 \sin(10\pi f t)$$





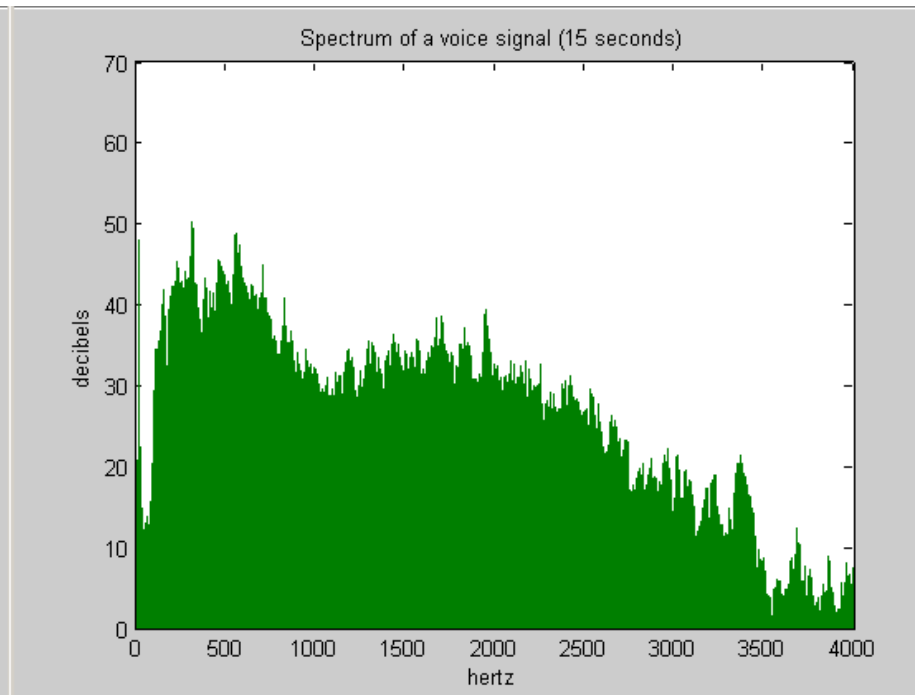
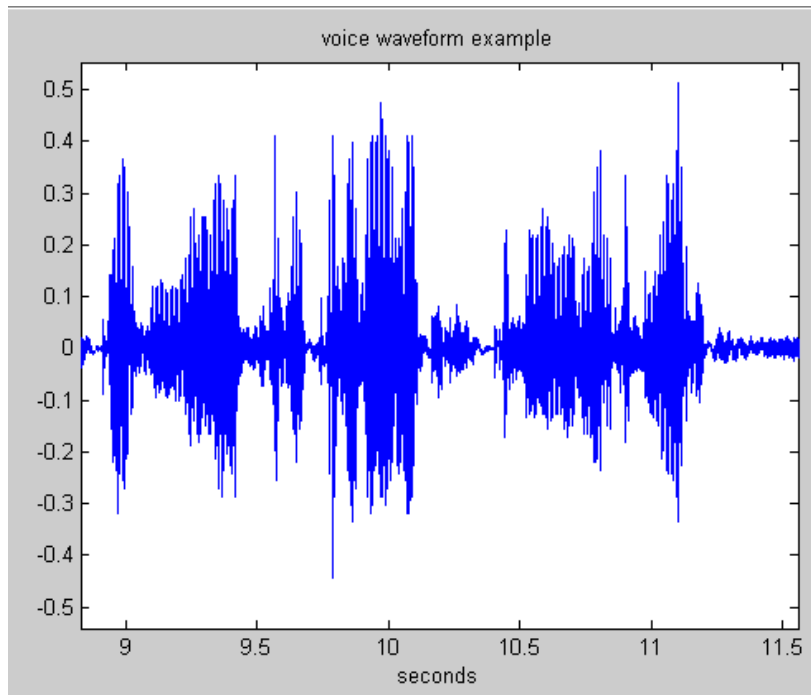
Si la función no es periódica se puede definir un periodo de tamaño infinito ($T=\infty$). El espectro de frecuencias se vuelve continuo.

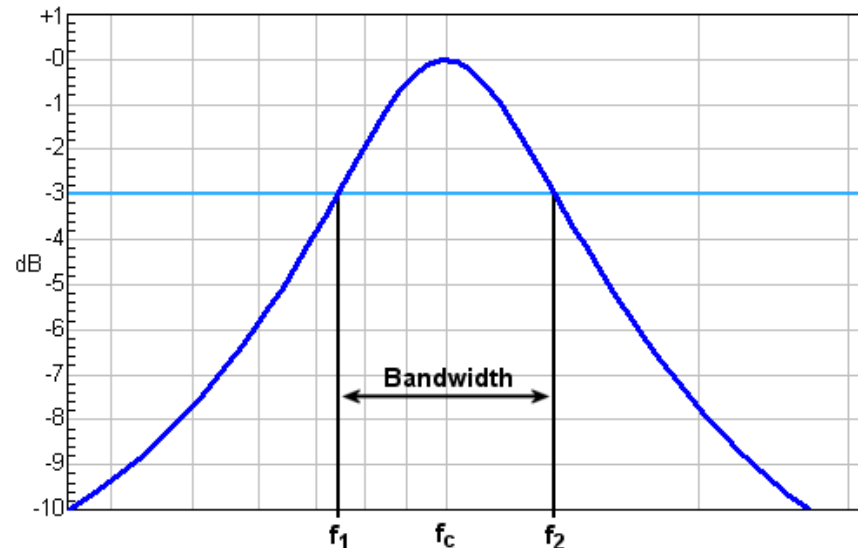
- Se define el espectro de una señal como el conjunto de frecuencias que la constituyen.
- Se define ancho de banda absoluto de una señal como la anchura del espectro.
- Se denomina ancho de banda relativo o simplemente ancho de banda a la banda de frecuencias donde se concentra la mayor parte de la energía de la señal.
- Si una señal contiene una componente de frecuencia cero, esa componente se denomina continua.

Algunos enlaces interesantes:

<http://falstad.com/mathphysics.html>

<http://www.intmath.com/fourier-series/6-line-spectrum.php>





Ancho de banda de un medio de transmisión: rango de frecuencias que este medio puede transmitir durante una distancia determinada sin atenuación:

$$\text{Ancho de banda: } W = f_2 - f_1$$

Siendo:

- f_1 = frecuencia de corte inferior
- f_2 = frecuencia de corte superior.
- Cualquier señal con una frecuencia superior a f_2 o inferior a f_1 será absorbida por el medio de transmisión y no alcanzará su destino.

Ejemplo: Queremos transmitir una señal binaria cuadrada (10101010...) a una velocidad de 5 Mbps:

¿Cuánto tarda en transmitirse un bit?

¿Cuál es el periodo?

¿Cuál es la frecuencia fundamental?

Para que la señal sea reconocible en el destino, necesitamos recibir, al menos, los tres primeros armónicos impares: f , $3f$ y $5f$... ¿Cuál es el ancho de banda necesario?

¿Y si tengo que transmitir a 10 Mbps, cuál es ahora el ancho de banda?

- **A mayor velocidad de transmisión, mayor es el ancho de banda necesario en el medio de transmisión**
- **A mayor ancho de banda del medio, mayor es la velocidad de transmisión que se puede alcanzar**
- **Ancho de banda y velocidad de transmisión se tratan como términos sinónimos**

- En cualquier medio de transmisión real, la señal que se recibe nunca es exactamente igual a la señal transmitida debido a las perturbaciones que sufre la señal durante su transmisión.
- Las perturbaciones más significativas son:
 - ***Atenuación***
 - ***Distorsión de atenuación.***
 - ***Distorsión de retardo.***
 - ***Ruido:***
 - *Diafonía*
 - *Ambiental*
 - *Intermodulación*
 - *Térmico*
 - *Impulsivo*

Unidades de medida para ganancias (amplificación) y pérdidas (atenuación):

- El decibelio es una medida de la diferencia entre dos niveles de potencia.

$$N_{db} = 10 \log \left(\frac{P_1}{P_2} \right)$$

- El decibelio-vatio (dBW) se usa cuando se necesita expresar un nivel absoluto de potencia.
 - Se elige como referencia 1 vatio y se aplica la fórmula anterior.
 - ¿Cuánto es 1W expresado en dBW?
 - El valor de una potencia P(dada en W) en dBW es: $10 \log P$

Potencia(dBW)=10 log (Potencia en vatios/ 1 vatio)

- Una unidad empleada en televisión por cable y LANs de banda ancha es el decibelio-milivoltio (dBmV). Es una medida absoluta, donde 0 dBmV corresponde a 1 mV:
 - Tensión (dBmV) = $20 \log$ (Tensión en mV/ 1 mV)

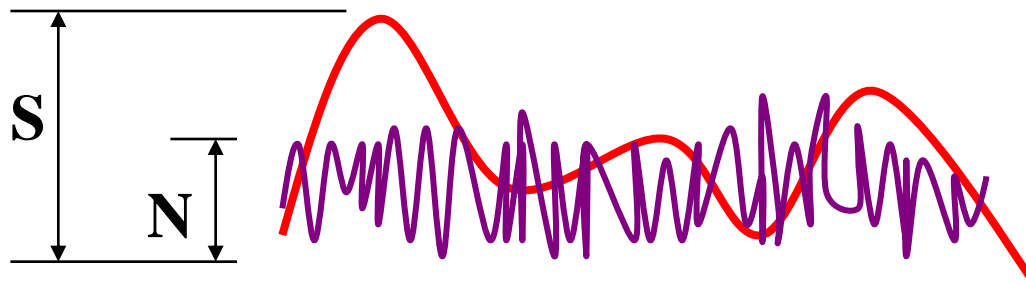
Atenuación: Pérdida de potencia entre la señal emitida (P_i en W) y recibida (P_o en W), medida en dB.

$$\text{Atenuación} = 10 \log (P_i/P_o)$$



Signal Noise Ratio: Es la relación entre la potencia media de una señal “S”, y la potencia del nivel de ruido “N” generalmente expresada en dB.

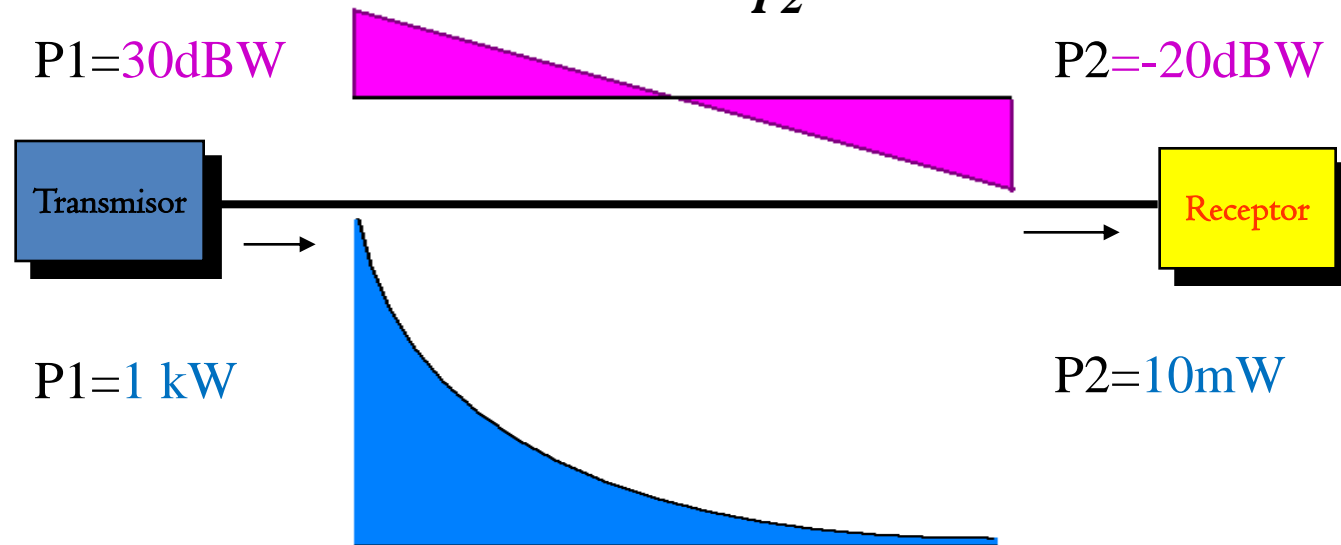
$$SNR = 10 \log (S/N) \text{ dB}$$



La atenuación:

- La energía de la señal decae con la distancia recorrida
- Para que el receptor pueda detectar e interpretar correctamente la señal recibida, ésta debe tener suficiente energía (“**sensibilidad**”).
- Para resolver este problema: Se suelen utilizar amplificadores o repetidores, que refuerzan la señal cada cierto tiempo.
- Se mide en decibelios (dB). Si denotamos P_1 como la potencia de la señal transmitida y con P_2 la potencia de la señal recibida, entonces:

$$\text{Atenuación} = 10 \log\left(\frac{P_1}{P_2}\right) \text{dB} = 50 \text{dB}$$

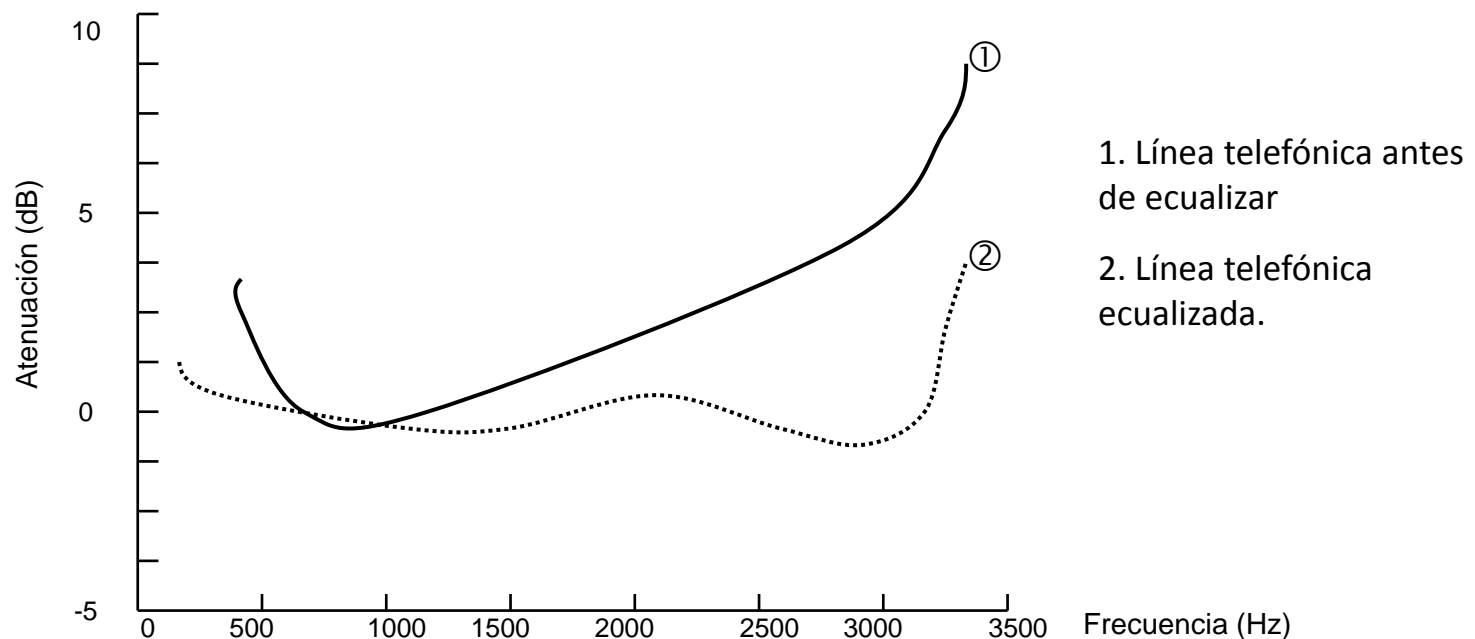


- 1. La atenuación en un cable coaxial es de 0.4 dB/Km . Dos ciudades separadas 25 Km usan tarjetas cuya sensibilidad es de 22 mW . ¿Con qué potencia emiten la señal (en W)?
- 2. Al colocar una parabólica a mi wifi he logrado una sensibilidad de 12 mW . Si el PA de la universidad emite con una potencia de 24W y la atenuación en el aire es de 20 dB/250m . ¿A qué distancia puedo comunicarme?
- 3. Necesito unir dos ciudades separadas 80Km con enlaces de microondas. Las parabólicas emiten con 1KW y su sensibilidad alcanza los 48mW . La atenuación en el aire es de 0.5 dB/280m . ¿Cuántas he de poner?

La distorsión de la atenuación:

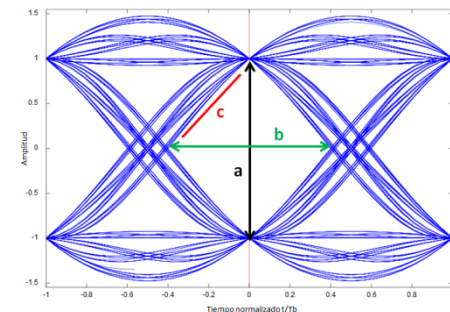
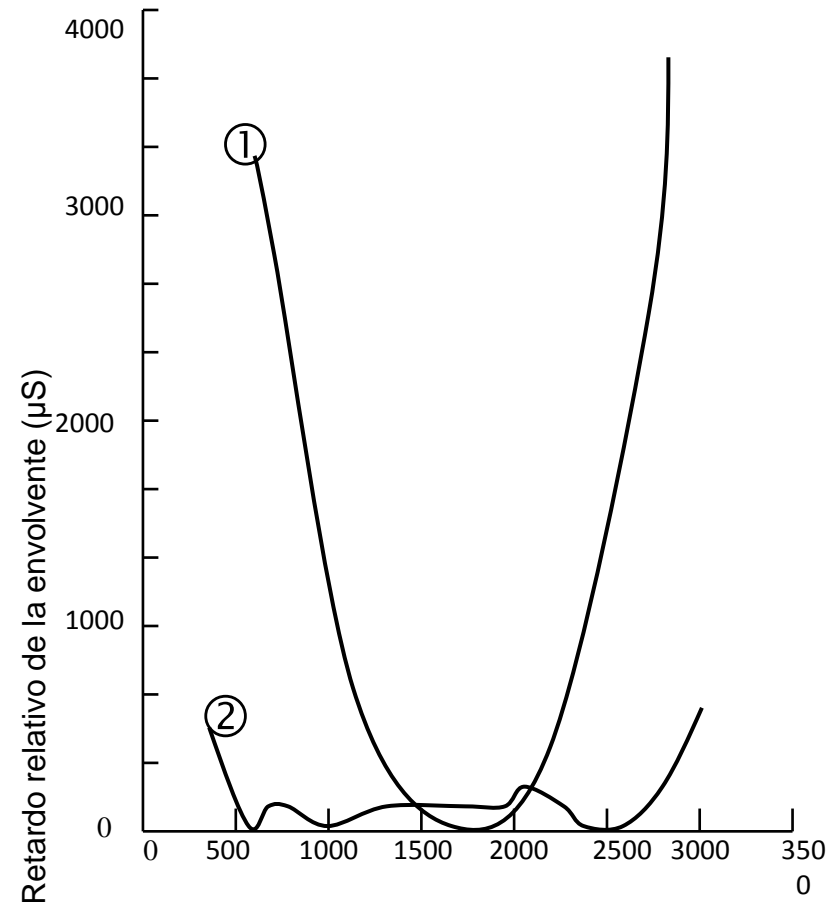
Se debe a la distinta atenuación que sufren las diferentes frecuencias que componen la señal.

- Normalmente, las frecuencias altas se atenúan más que las frecuencias bajas
- La limitación en el ancho de banda de un medio de transmisión se debe a la mayor atenuación que sufren las **altas** frecuencias
- Para resolver el problema: **ecualizadores**. La ecualización consiste en variar la amplificación de la señal en función de su frecuencia.

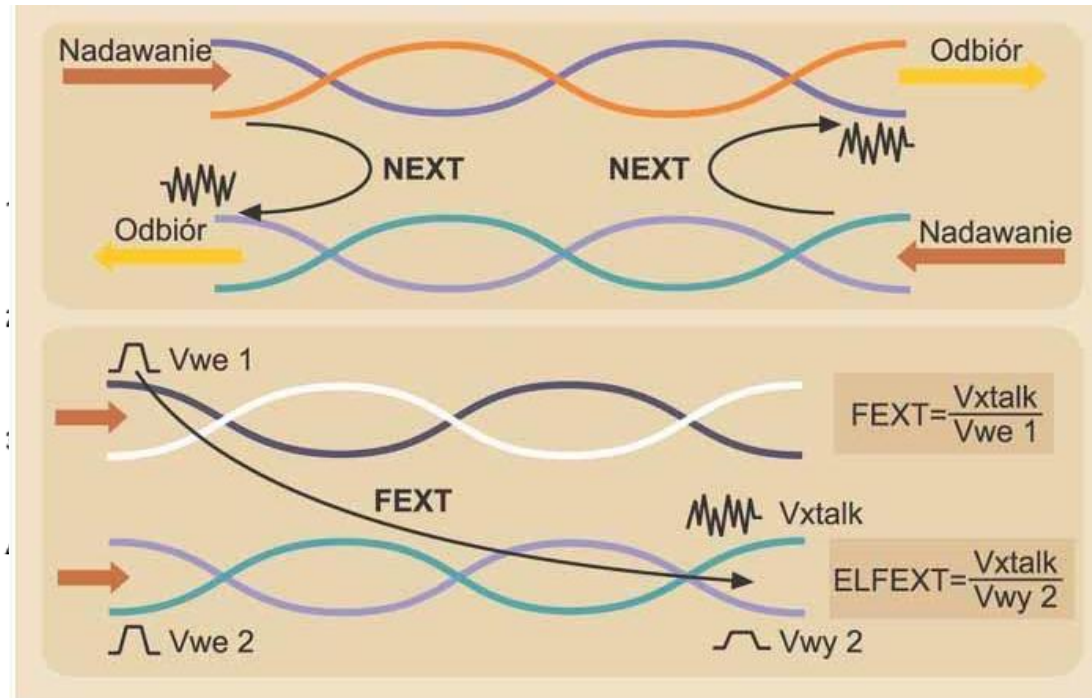
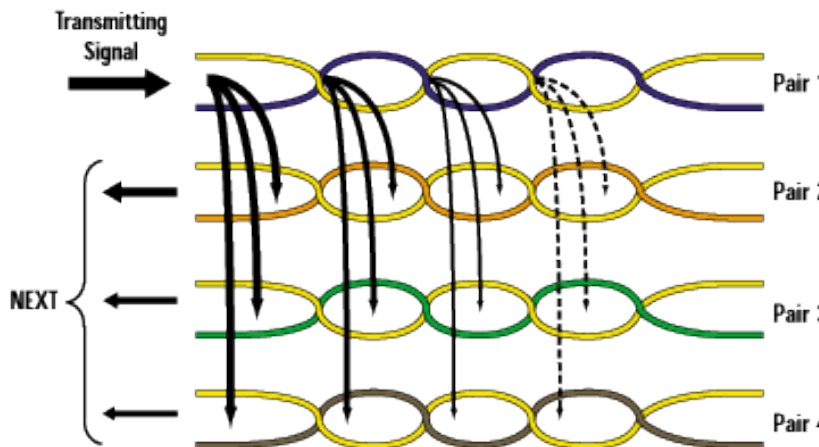


La distorsión de retardo

- Se debe a que la **velocidad** de propagación de la señal en el medio varía con la frecuencia.
- Para una señal con varias componentes de frecuencia, la velocidad tiende a ser mayor cerca de la frecuencia **central** y disminuye al acercarse a los extremos de la banda.
- La señal recibida está por tanto distorsionada debido a los diferentes retardos en la propagación que sufren las distintas componentes de frecuencia.
- Puede provocar **interferencia entre símbolos (ISI)**.



- Ruido: Son las señales no deseadas que se insertan entre el emisor y el receptor.
- Es el principal factor limitante de las comunicaciones.
- Puede clasificarse en:
 - **Ruido térmico**: El debido a la temperatura del medio.
 - **Ruido de intermodulación**: Dos señales en un mismo medio pueden (si hay no linealidades) generar ondas de frecuencias diferentes (suma, diferencia o múltiplo de las iniciales).
 - **Diafonía**: Dos señales en medios diferentes suficientemente próximos pueden inducir ruidos mutuamente: Paradiafonía o NEXT, Telediafonía o FEXT, Paradiafonía agregada PSNEXT...
 - **Ruido impulsivo**: El generado por descargas eléctricas (ESD).
 - **Ruido ambiental**: El generado por emisoras de radio (RFI).



$$A_{ten} = 10 \cdot \log S/s$$

$$NEXT = 10 \cdot \log S/r$$

$$FEXT = 10 \cdot \log S/r$$

PSNEXT, PSFEXT todos los conductores con señal

Ruido térmico: Se debe a la agitación térmica de los electrones dentro del conductor. El ruido térmico presente en un ancho de banda de W hertzios se puede expresar en vatios como:

$$N = k \cdot T \cdot W$$

Siendo:

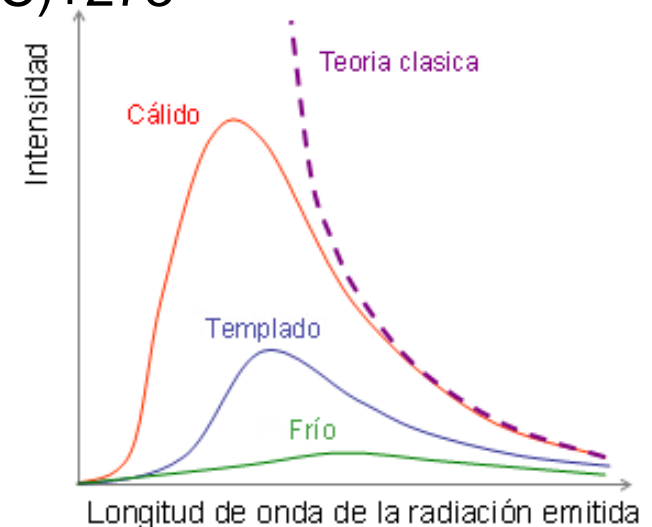
k = constante de Boltzmann = 1.3803×10^{-23} J/°K

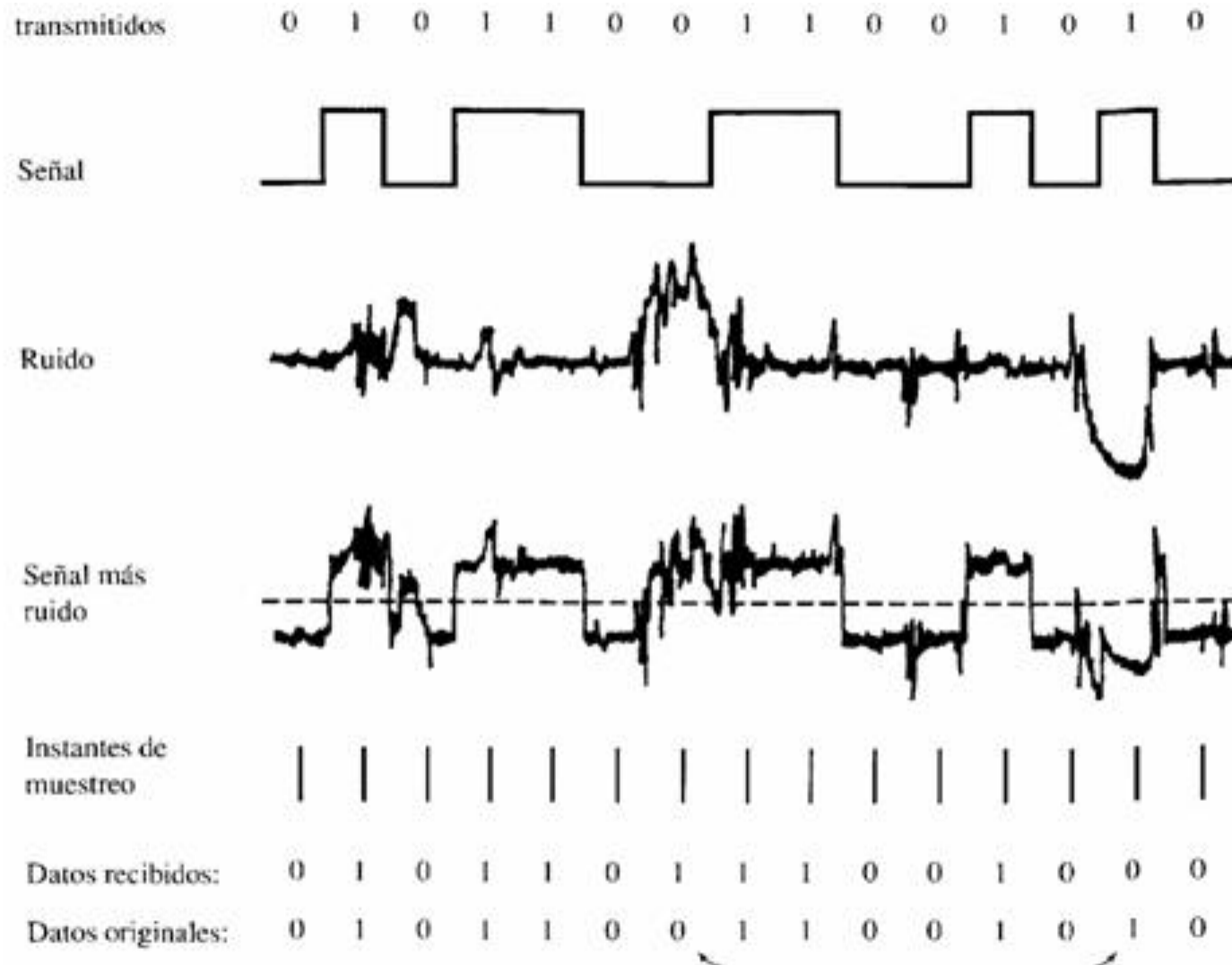
T = temperatura, en grados Kelvin, $T(^{\circ}\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273$

O en decibelios-vatio:

$$N = 10 \log k + 10 \log T + 10 \log W;$$

$$N = -228.6 \text{ dBW} + 10 \log T + 10 \log T + 10 \log W$$





- Capacidad del canal: Velocidad máxima a la que se pueden transmitir los datos en un canal de comunicación.
- Se mide en:
 - bits por segundo (bps). Las unidades son kbps(10^3), Mbps(10^6), Gbps(10^9), Tbps(10^{12}). También kB (1024×8 bps), MB ($1024^2 \times 8$ bps), GB ($1024^3 \times 8$ bps)...
- Depende de:
 - El ancho de banda de la señal transmitida.
 - El nivel medio de ruido a través del camino de comunicación, que devengará una tasa de errores (**BER**: bit error rate).
- Otros conceptos:
 - **Baudio**: número de cambios de la señal por segundo.
 - M: número de estados de la señal posibles.
 - Tasa de transferencia o velocidad de transmisión: Velocidad real que tienen los datos en una transmisión determinada \leq Capacidad del canal.

- Si un “estado de señal” dura 0.5 segundos ¿A cuántos baudios estoy transmitiendo?

2 baudios (dos “estados de señal” / segundo)

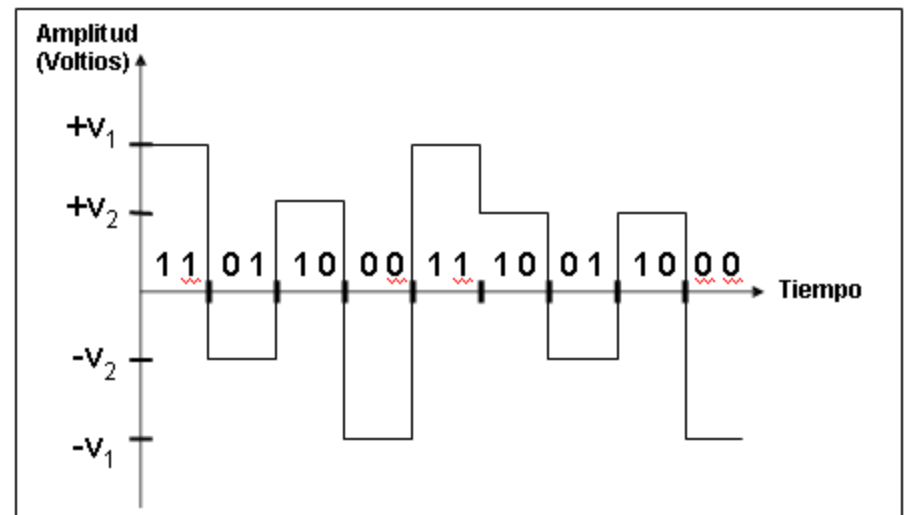
- Si sólo tengo 0 y 5 V como “estados de señal) ¿A qué velocidad estoy transmitiendo (bits/segundo)?

2 bits/segundo (hay un bit por cada “estado de señal”

- ¿Y si tengo cuatro estados de señal (-5, -2, +2 y +5V)?

4 bits/segundo (hay 2 bits por cada “estado de señal” y 2 “estados de señal” por segundo).

- ¿Cuántos “estados de s.” necesito para 6bps?



- ¿Cuál es la velocidad máxima de transmisión con 6 estados de señal y 7 baudios? ¿Por qué?

Transmisión multinivel: bps vs. baudios

- **Velocidad en BAUDIOS** de una señal: **Número de cambios de nivel eléctrico de la señal por segundo**
- Transmisión multinivel:
 - $M = n^{\circ}$ de niveles de la señal eléctrica
 - $N = \log_2(M)$ bits por nivel
 - B = capacidad del canal en baudios
 - Velocidad de transmisión (bps) = $B * N = B \log_2(M)$
- Ejemplo:

Transmisión dibit:

$M = 4$ niveles eléctricos,

$N = 2$ bits por nivel

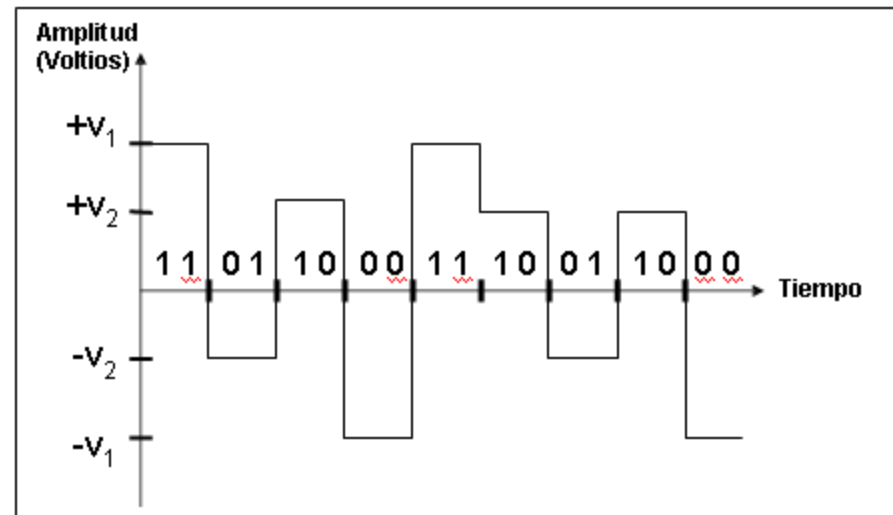
11 +V1

10 +V2

01 -V2

00 -V1

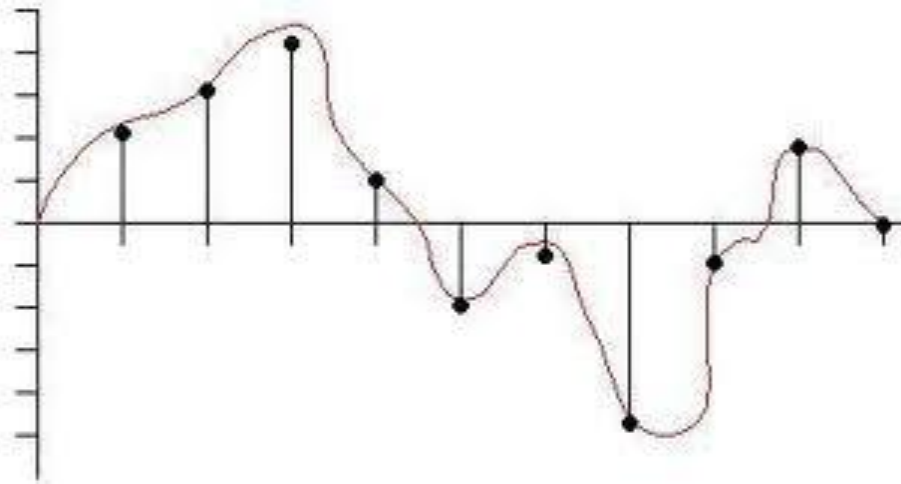
$V(\text{bps}) = V(\text{baudios}) \times 2$



Ejemplo: Supongamos un canal de 1200 baudios

- ¿Cuál es la velocidad de transmisión (en bps) para $V = 2, 4, 8, 16, 32, 64$ y 128 niveles distintos de la señal eléctrica?

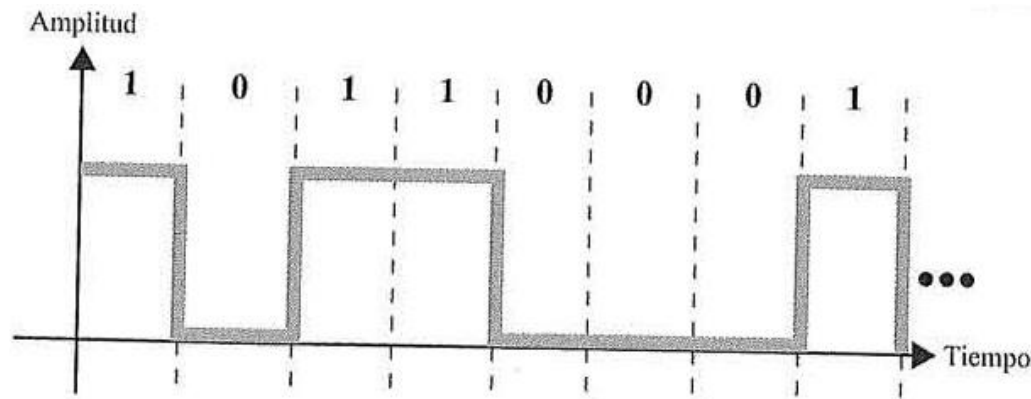
Número de niveles (V)	Nº de bits por nivel (N)	Capacidad en Baudios (B)	Velocidad de transmisión (NxB)
2	1	1200 baud	1200 bps
4	2	1200 baud	2400 bps
8	3	1200 baud	3600 bps
16	4	1200 baud	4800 bps
32	5	1200 baud	6000 bps
64	6	1200 baud	7200 bps
128	7	1200 baud	8400 bps



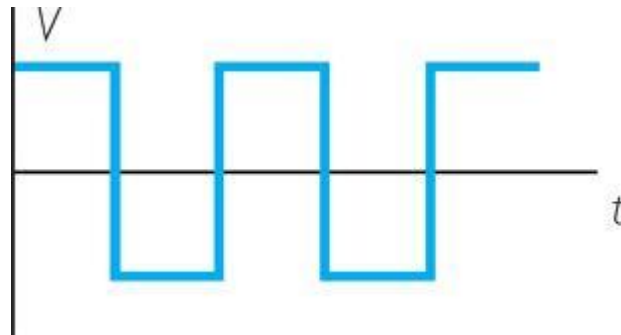
¿Cuánta información
por segundo?



¿Cuánta información
por segundo
necesito para
reconstruir la señal?



¿Cuál es la frecuencia más elevada presente en esta señal?



- En un canal exento de ruido, según la fórmula de Nyquist, la capacidad del canal viene dada por:

$$C = 2W \log_2 M \text{ (bps)}$$

Siendo:

- W = ancho de banda de la señal (Hz).
- M = Número de niveles de la señal (en digital), o número de estados de señal (en analógico $M=A*P*F$)
- C (bps).

- Según Shannon, la capacidad del canal teniendo en cuenta la relación señal-ruido viene dada por:

$$C = W \log_2 \left(1 + s_w / N_w \right) \text{ (bps)}$$

- Esta ley se conoce con el nombre de Shannon-Hartley.
- La relación señal-ruido, en dB, o SNR, se define como:

$$(s_w / N_w)_{dB} = 10 \log(\text{potencia de la señal} / \text{potencia del ruido})$$

- En la fórmula de la capacidad las potencias de señal y ruido, s y N , vienen dadas en vatios. W , el ancho de banda, en hertzios.

- (1pto) ¿Cuál es la máxima velocidad teórica de transmisión alcanzable con un ancho de banda de 3300 Hz y 16 niveles de tensión?

$$C_{\text{nyquist}} = 2 \cdot W \cdot \log_2 M = 2 \cdot 3300 \cdot \log_2 16 = 26400 \text{ bps}$$

- (2ptos) Si la capacidad de un canal es de 6 kbps y el ancho de banda 30 kHz ¿Cuál es la SNR (relación señal-ruido) de ese canal (en dB)?

$$C_{\text{Shannon}} = 6000 = 30.000 \cdot \log_2(1 + s/N)$$

$$0,2 = \log_2(1 + s/N)$$

$$1,148 = 1 + s/N$$

$$0,148 = s/N$$

$$s/N \text{ (dB)} = 10 \cdot \log_{10}(s/N) = -8,277 \text{ dB}$$

Sea canal telefónico con $W=3300$ Hz; Relación señal-ruido (dB)=20 dB :

- (1pto) ¿Cuál es la máxima velocidad teórica de transmisión alcanzable?

Relación señal-ruido (dB) = 20 dB:

$$10 \cdot \log(s/N) = 20; \log(s/N)=2;$$

$$(s/N)=100$$

La máxima velocidad teórica de transmisión alcanzable será de:

$$C_{\text{Shannon}} = 3300 \cdot \log_2(1 + 100) = 6.614'26 \text{ bps}$$

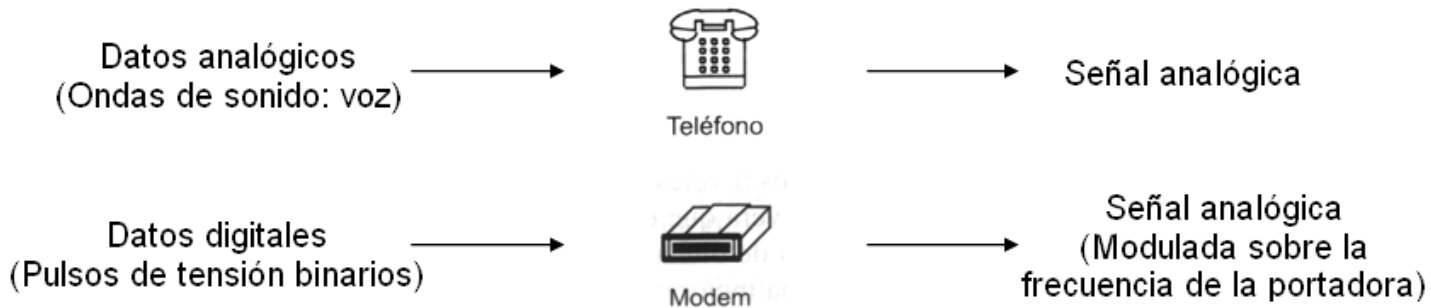
- (2ptos) ¿Cuántos estados de señal serán distinguibles como máximo?

Aplicando el teorema de Nyquist, este resultado limita el máximo nº de niveles de la señal a:

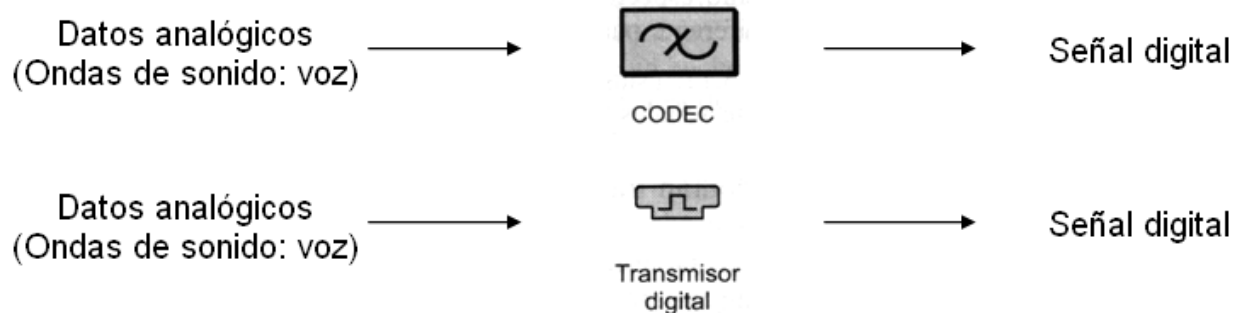
$$C_{\text{nyquist}} = 6.614'26 = 2 \cdot 3300 \cdot \log_2(M)$$

$$1'0021 = \log_2(x) \quad x=10'049$$

$$8 < x < 16, \quad x_{\text{max}}=8.$$



Señales analógicas: representan datos mediante una onda electromagnética que varía continuamente.



Señales digitales: representan datos mediante una secuencia de pulsos y de tensión.

Datos analógicos – Señales analógicas (1)

Ejemplo: el teléfono

- Transforma la voz (datos analógicos) en una señal eléctrica similar (señal analógica) que se transmite al receptor que hace la conversión contraria.

En el caso más general (ejemplo: radio o TV)

- Es necesario modular la señal que se quiere enviar mediante otra señal, denominada portadora:
 - Modulación en amplitud (AM)
 - Modulación en frecuencia (FM)
- Necesidad de esta transformación
 - Si no se modulan las señales a transmitir mediante una portadora de un frecuencia mayor, se necesitarían antenas receptoras **enormes**.
 - Las técnicas de modulación permiten la **multiplexación** por división de la frecuencia: se pueden enviar varias señales simultáneamente con una frecuencia portadora distinta, de manera que estas señales no se mezclan y pueden sintonizarse en el receptor de forma individual una de otra.

• Transmisión en banda base: cuando no se modula.

• Transmisión en banda portadora: Señal modulada en una portadora de una única frecuencia.

• Transmisión en banda ancha: Portadoras de distintas frecuencias.

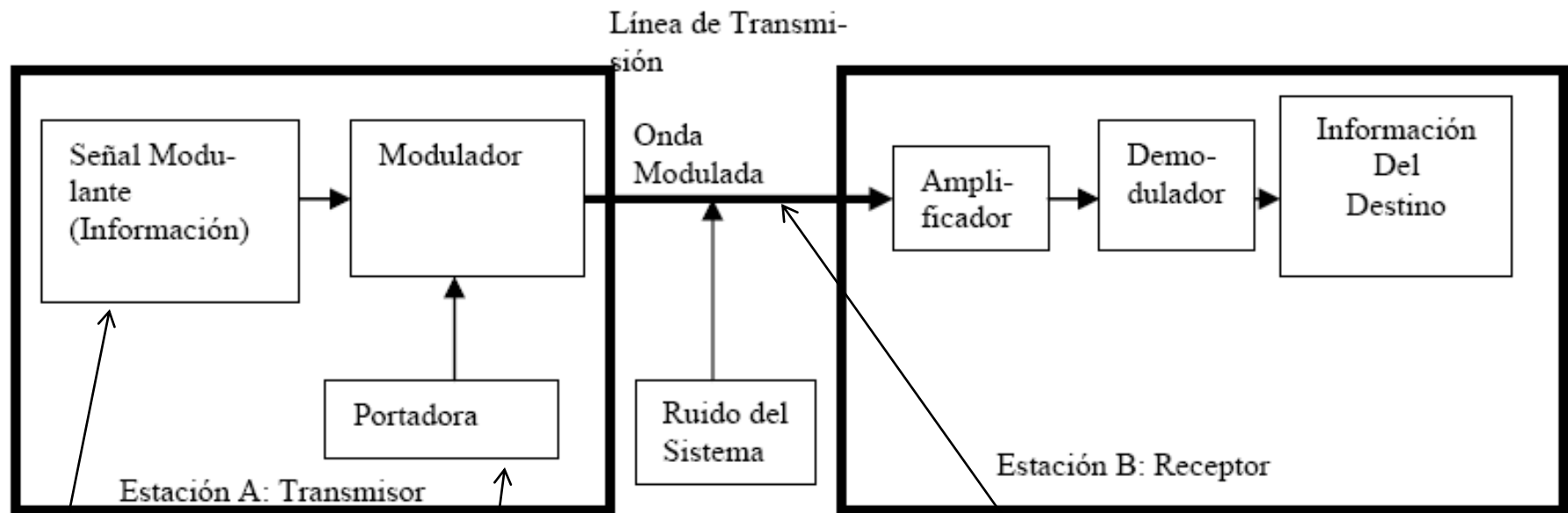
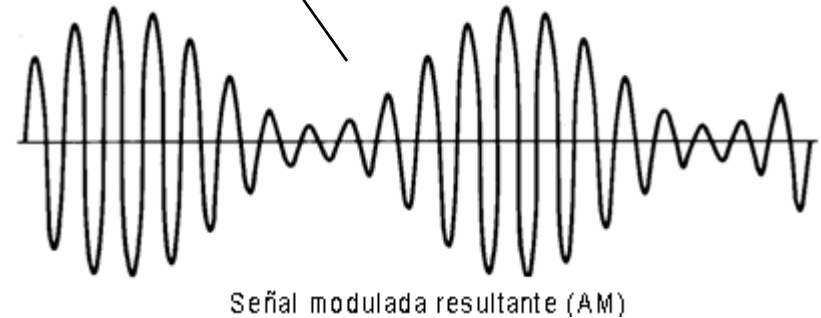
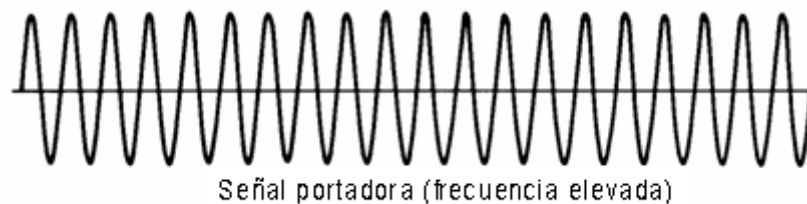
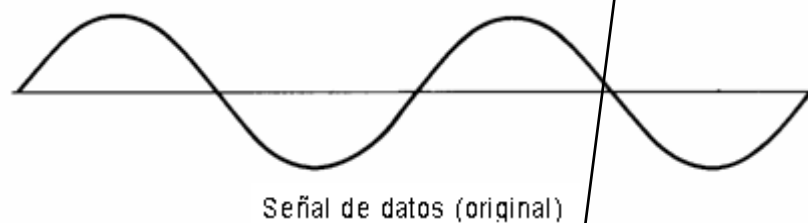


Figura 1-2 Diagrama a bloques del sistema de comunicaciones.



Datos analógicos – Señales digitales

- Digitalización o **discretización** de datos analógicos
- Para almacenar/procesar/transmitir datos analógicos en un computador
 - Es necesario realizar una digitalización o discretización de estos valores
 - Convertir el dato analógico en una representación digital (binaria)
 - Esta conversión se realiza mediante un **convertor analógico/digital**
- Ejemplo
 - Queremos transformar una señal de tensión procedente de una fuente de voltaje (entre 0,0 y 5,0 Volt.) a una señal digital
 - Podemos utilizar una codificación de 8 bits, discretizando la señal analógica mediante 256 niveles distintos, de manera que:

Valor discreto = 0 (00000000)	Valor analógico = $(0/255) * 5 = 0.00 \text{ V.}$
Valor discreto = 1 (00000001)	Valor analógico = $(1/255) * 5 \cong 0.02 \text{ V}$
Valor discreto = 2 (00000010)	Valor analógico = $(2/255) * 5 \cong 0.04 \text{ V.}$
Valor discreto = 3 (00000011)	Valor analógico = $(3/255) * 5 \cong 0.06 \text{ V.}$
...	
Valor discreto = 255 (11111111)	Valor analógico = $(255/255) * 5 = 5.00 \text{ V.}$

En el caso de un flujo de datos (por ejemplo voz) es necesario

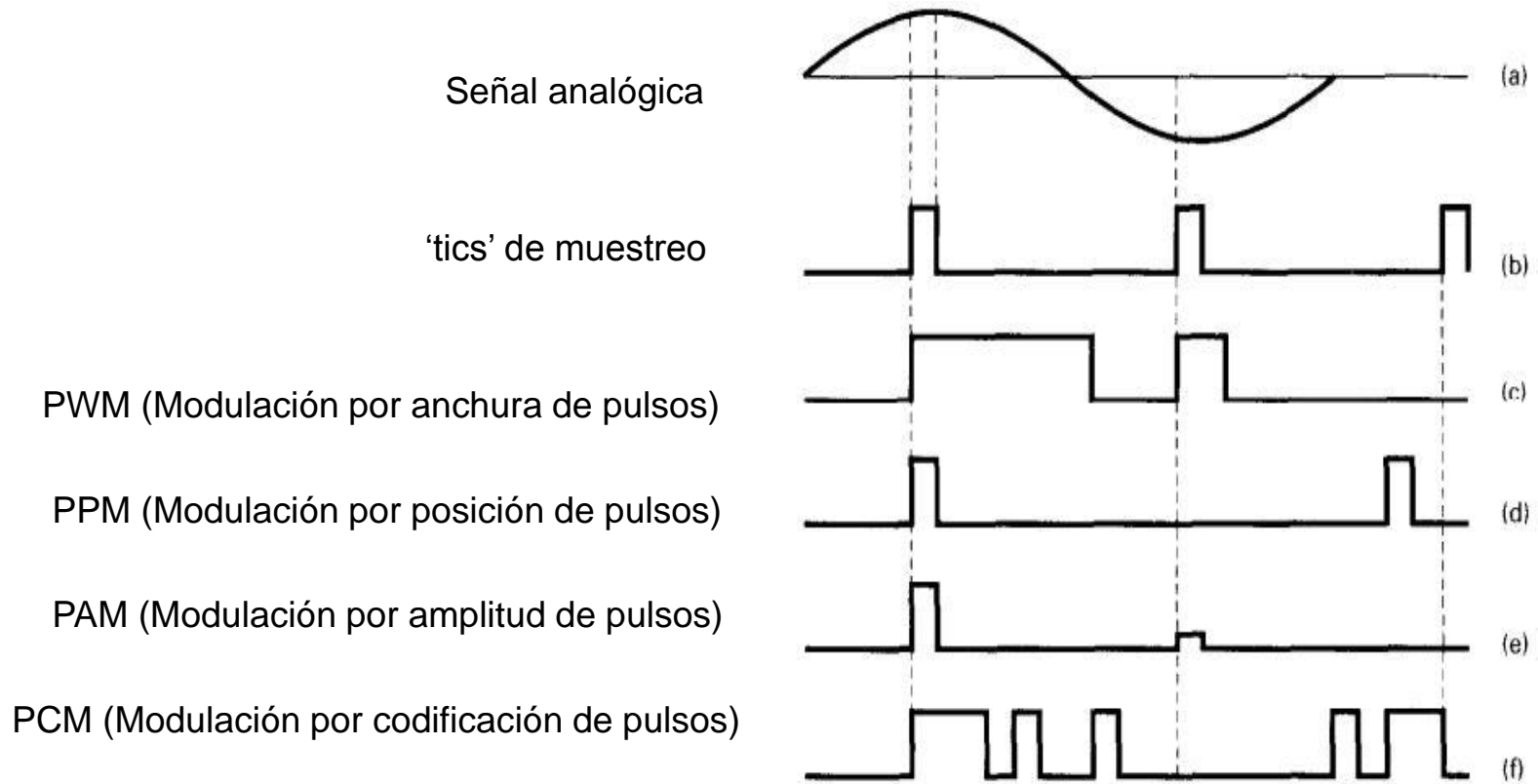
- Tomar muestras de la señal con una determinada frecuencia (**frecuencia de muestreo**).
- **Discretizar** cada una de las muestras para transformar el valor analógico en un valor digital.

Elección de la frecuencia de muestreo:

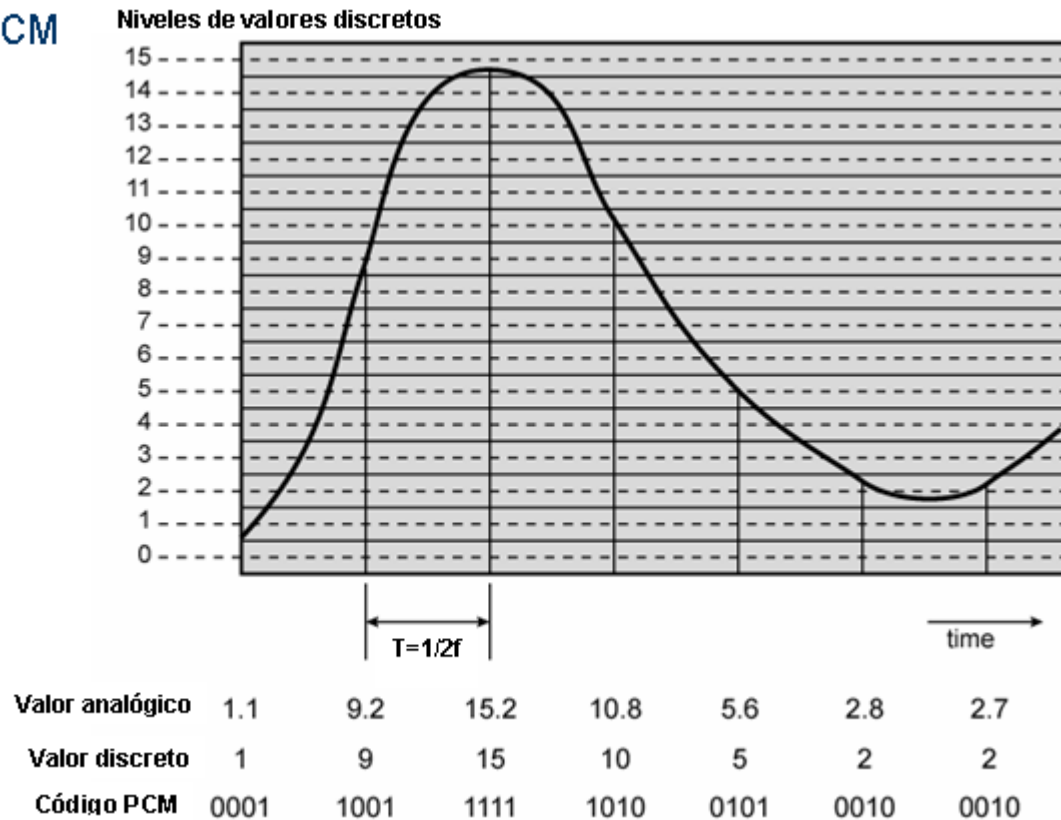
- Según el **teorema de Nyquist**, dada una señal analógica cuya componente en frecuencia significativa más alta es f , la frecuencia de muestreo debe ser mayor o igual que $2f$ (periodo de muestreo $T=1/2f$)
- *Ejemplo:*
 - Para una señal de voz de 3000 Hz, la frecuencia de muestreo debe ser de 6000 muestras por segundo
 - Si cada muestra se digitaliza con 7 bits (128 niveles), el flujo de bits resultante será de 42 kbps

Técnicas de digitalización: PCM, PPM, PWM, PAM

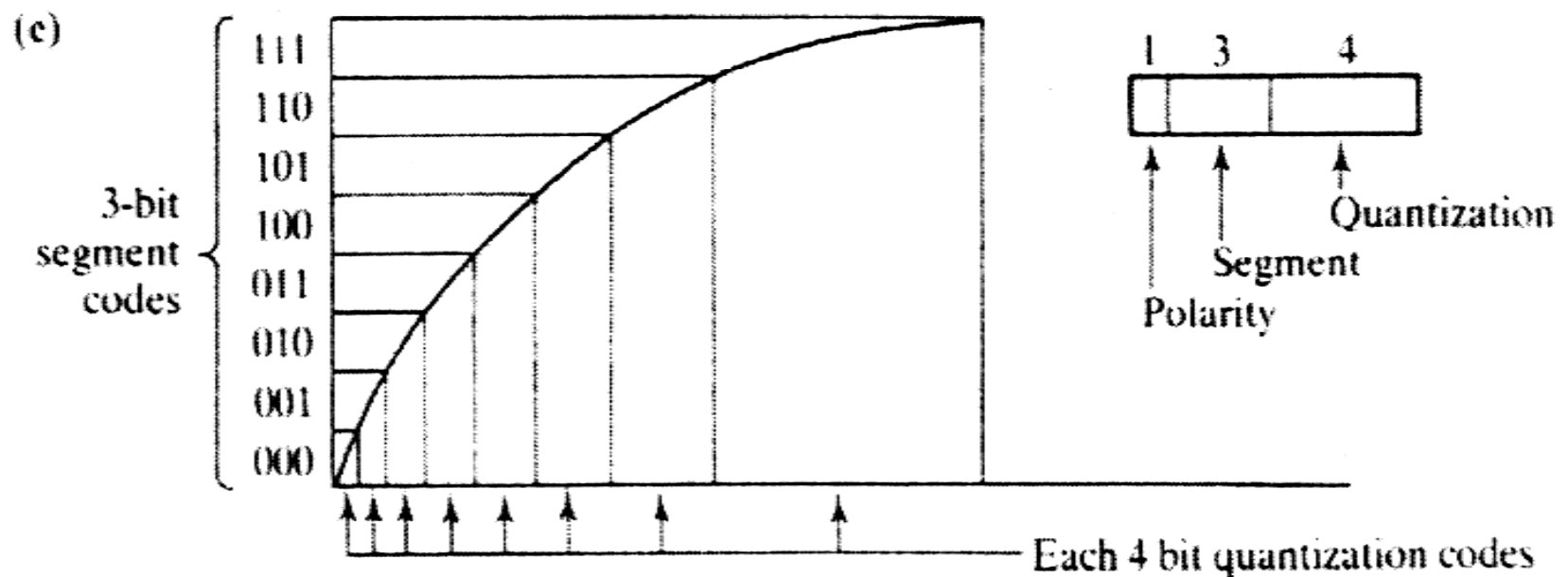
- Modulación por pulsos codificados (PCM, Pulse Coded Modulation)
 - $F_m=8\text{KHz}$
 - 8 bits por muestra
 - $V=64\text{ Kps}$ (velocidad básica de un canal de voz)



Ejemplo PCM



El **companding** es una técnica para mejorar la calidad de la transmisión de voz con los recursos disponibles. Se trata de utilizar una resolución mejor en los niveles bajos de tensión en detrimento de la de los niveles altos.



Companding

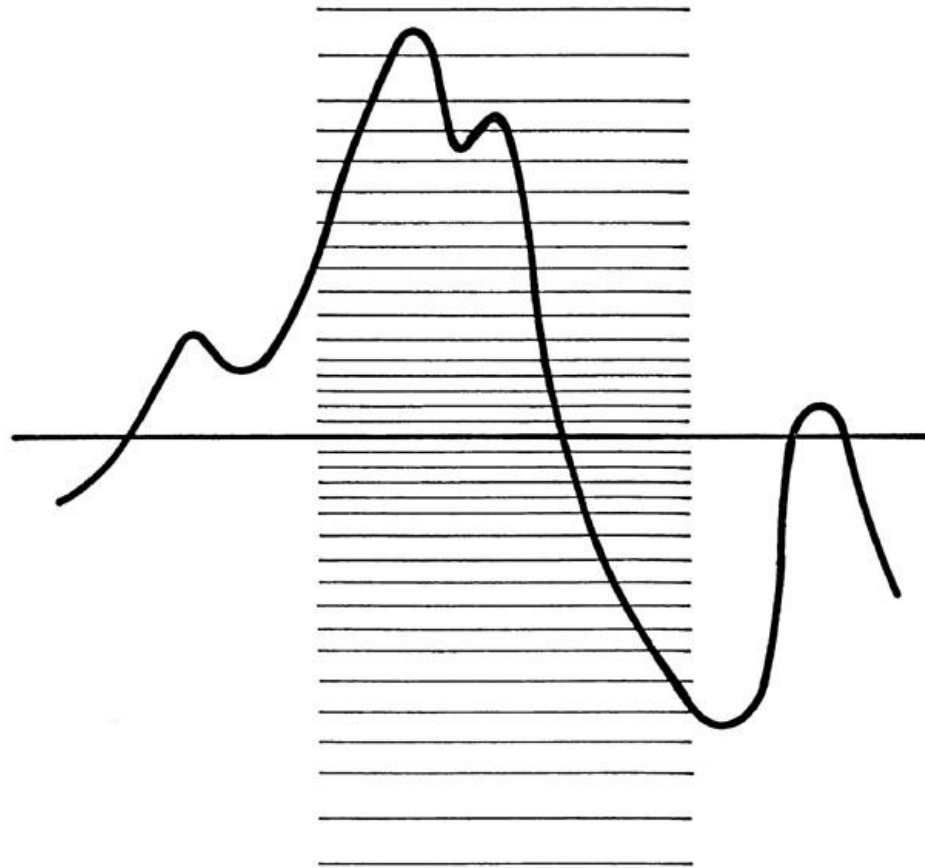


Figure 13. With companding, the distance between quantizing levels is less at low amplitudes than at high amplitudes.

- **MODULACIÓN:** Conversión de información (ej. datos digitales) a una señal analógica
- **DEMODULACIÓN:** Conversión inversa
- Dispositivos que realizan estas transformaciones se denominan **MODEMS** (modulador/demodulador)
- Principales técnicas de modulación:
 - Modulación en amplitud (AM o ASK)
 - Modulación en frecuencia (FM o FSK)
 - Modulación de fase (PM o PSK)
 - Modulación de amplitud en cuadratura (**QAM**) = PSK + ASK

Utilidad de las técnicas de modulación:

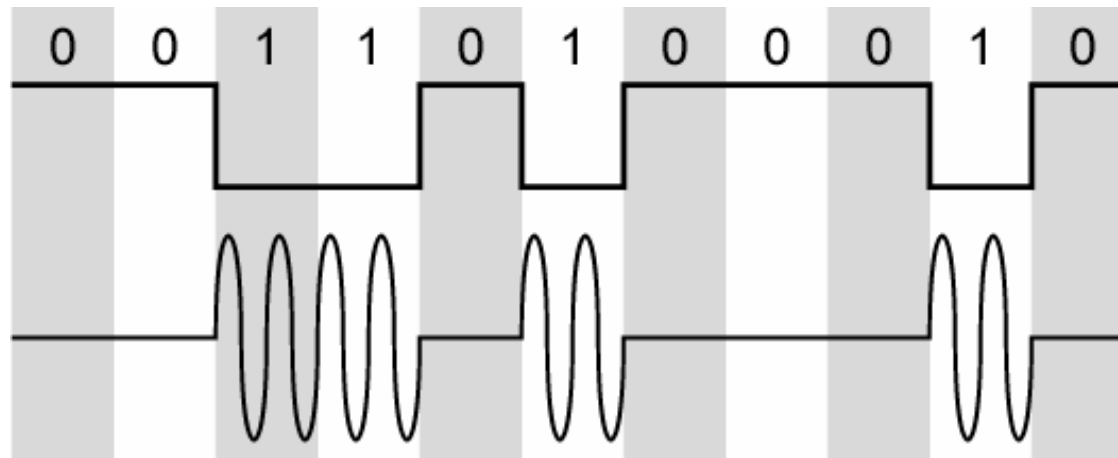
• Transmisión a través de medios de ancho de banda limitado

- Las señales digitales poseen en general un gran número de componentes de frecuencia.
- En un medio de transmisión con ancho de banda limitado muchas componentes de frecuencia de la señal digital serán absorbidas y la señal llegará de forma ininteligible al destino.
- Los datos digitales se pueden modular mediante señales analógicas con una frecuencia comprendida dentro del rango de frecuencias del canal.

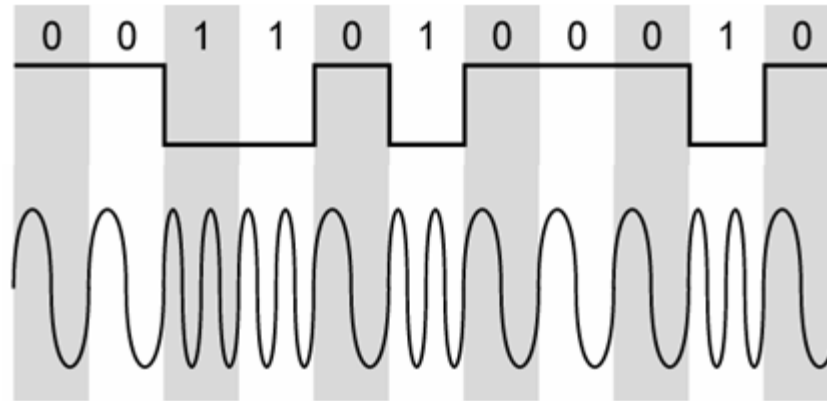
• Multiplexación o multiplexión por división de la frecuencia en medios de transmisión de gran ancho de banda.

- En lugar de utilizar este ancho de banda para transmitir una señal digital pura a gran velocidad, se puede dividir en varios canales para transmitir varias señales digitales de forma simultánea a una velocidad menor.
- Para ello es necesario modular las señales digitales mediante señales analógicas de distinta frecuencia

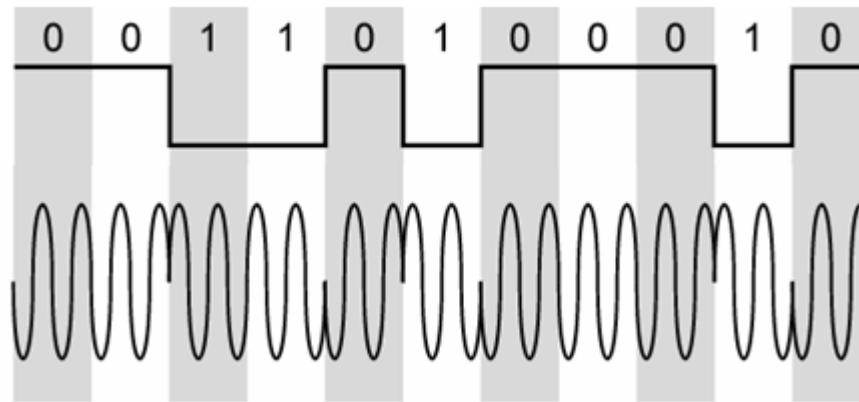
- Modulación en amplitud (AM o ASK). AM = *Amplitude modulation*; ASK = *Amplitude Shift Keying*
- Señal analógica portadora: La señal portadora tiene frecuencia y una fase constante, pero dos niveles de amplitud distintos para representar el 1 y el 0 lógicos



- Modulación en Frecuencia (FM o FSK)
- FM = *Frequency modulation*; FSK = *Frequency Shift Keying*
- La señal analógica portadora tiene una amplitud y una fase constantes, y con dos frecuencias distintas para representar el 1 y el 0 lógico:

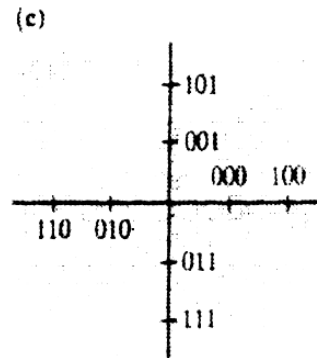
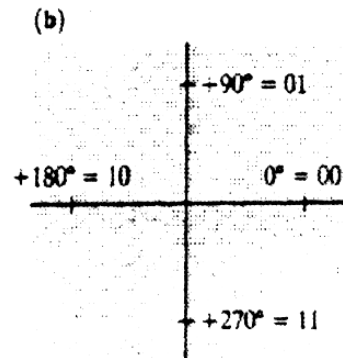
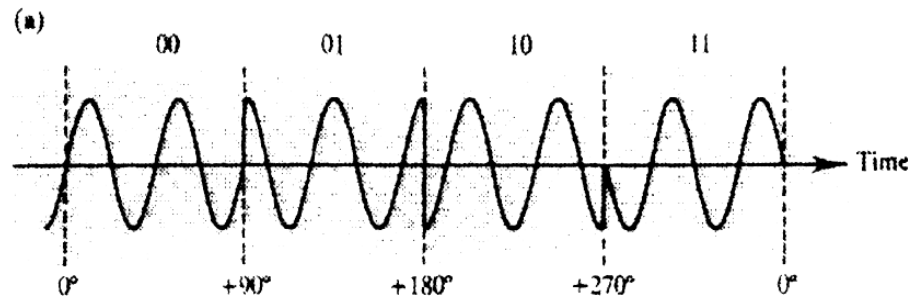


- Modulación en Fase (PM o PSK)
- PM = *Phase modulation*; PSK = *Phase Shift Keying*
- La señal portadora utiliza una amplitud y una frecuencia constantes, pero dos fases distintas para representar el 1 y el 0 lógicos. Por ej., una fase de 0° para el 1 y una fase de $180^\circ = \pi$ radianes para el 0.



Modulación de amplitud en cuadratura (**QAM**, *Quadrature Amplitude modulation*)

- Se utiliza en algunas normas inalámbricas y en el bucle de abonado en líneas digitales asimétricas ADSL.
- Es una combinación entre **AM** y PSK de **90°** entre estados de señal.

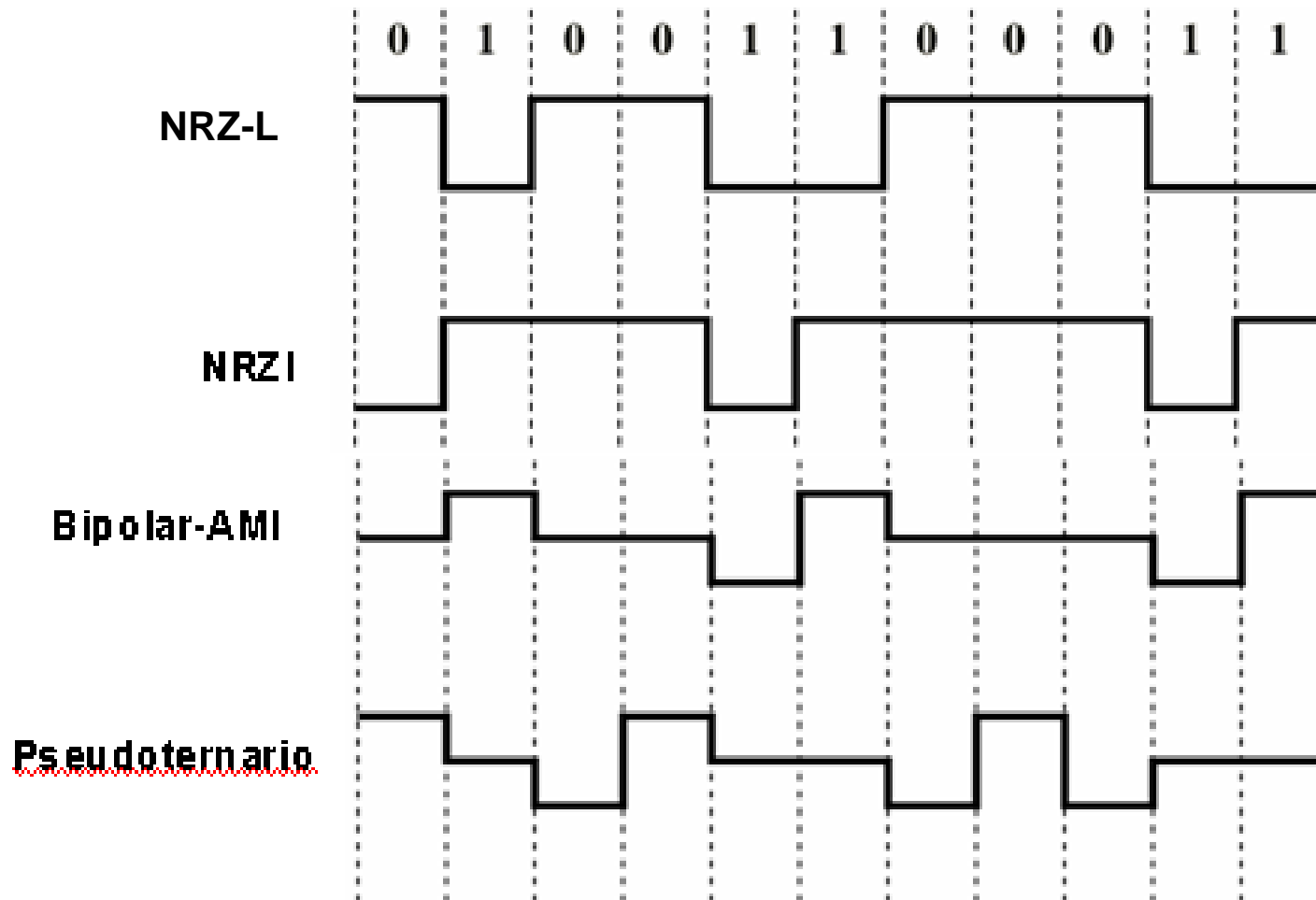


- Técnicas de codificación básicas

Es necesario convertir los valores binarios (0 y 1) a señales eléctricas adecuadas para el medio de transmisión. Algunas de las técnicas más elementales son:

- **No retorno a cero (NRZ)** Sencillo de implementar. Tiene componente de continua. Difícil sincronización.
 - » 0 = nivel alto (en NRZ-L) / nivel bajo (en NRZ)
 - » 1 = nivel bajo (en NRZ-L) / nivel alto (en NRZ)
- **No retorno a cero invertido (NRZI)** Robusto ante cambios de polaridad.
 - » 0 = no hay transición al comienzo del intervalo (un bit cada vez)
 - » 1 = transición al comienzo del intervalo
- **Bipolar-AMI** Elimina la componente de continua. Más robusto ante errores. Ancho de banda más estrecho.
 - » 0 = no hay señal
 - » 1 = nivel positivo o negativo, alternante
- **Pseudoternaria**
 - » 0 = nivel positivo a negativo alternante
 - » 1 = no hay señal

NRZ es justo el inverso de NRZ-L

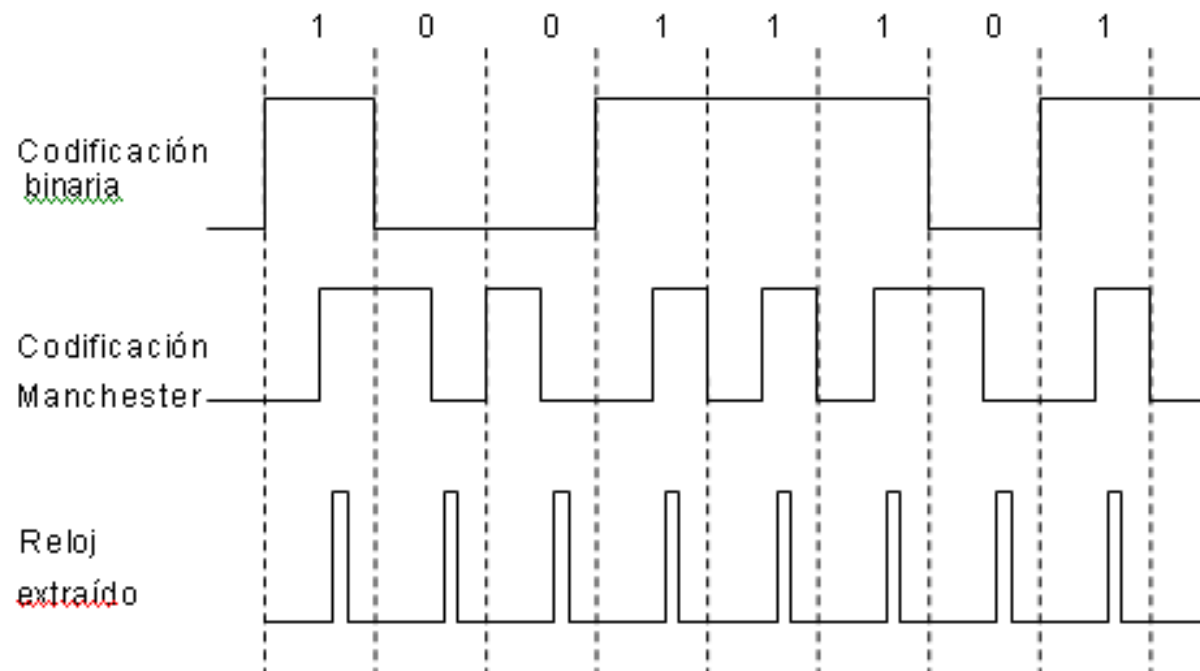
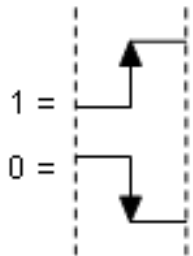


Técnicas que codifican la señal de reloj junto con los datos:

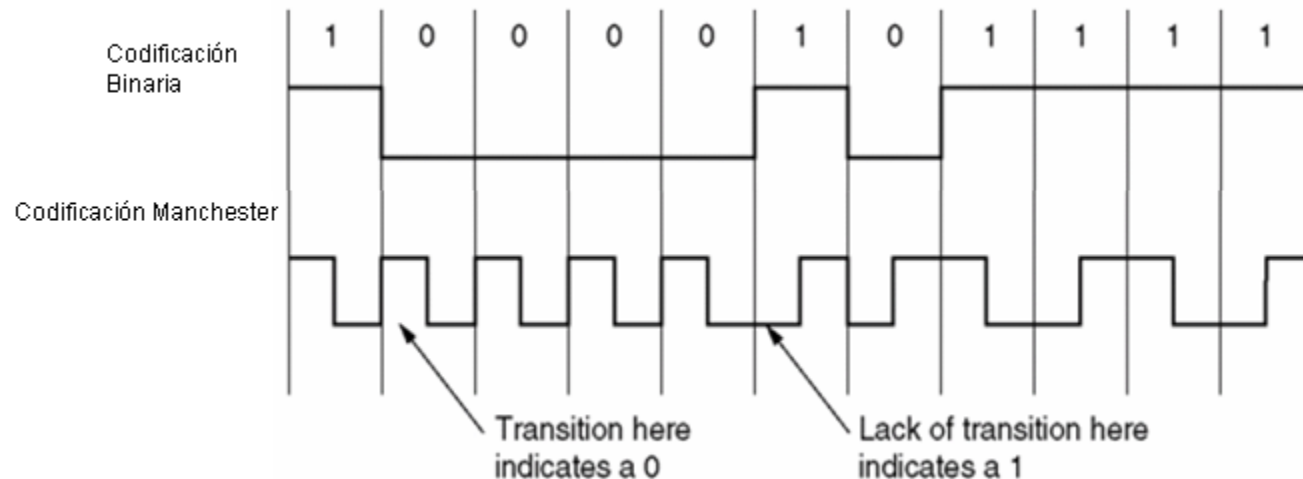
- **Manchester** Asegura la sincronización. Mejor control de errores. Ancho de banda amplio.
 - 0 = transición de alto a bajo a mitad del intervalo
 - 1 = transición de bajo a alto a mitad del intervalo
- **Manchester diferencial** Robusto ante cambios de polaridad
 - Siempre transición a mitad del intervalo
 - 0 = transición al principio del intervalo
 - 1 = ausencia de transición al principio del intervalo
- **Codificación por grupos de código**
 - 4B/5B (4bits en grupos de 5 estados de señal), 5B/6B, 8B/6T, etc.
 - Los grupos de estados de señal (e.s.) se buscan de modo que: se diferencien en al menos dos e.s., tengan baja componente de continua, perfil de frecuencias adecuado...

- Codificación Manchester

Código
Manchester:



- Codificación Manchester Diferencial
 - 0 = Presencia de transición al inicio del intervalo
 - 1 = Ausencia de transición al inicio del intervalo
 - Señal de reloj = Transición en la mitad del intervalo de cada bit



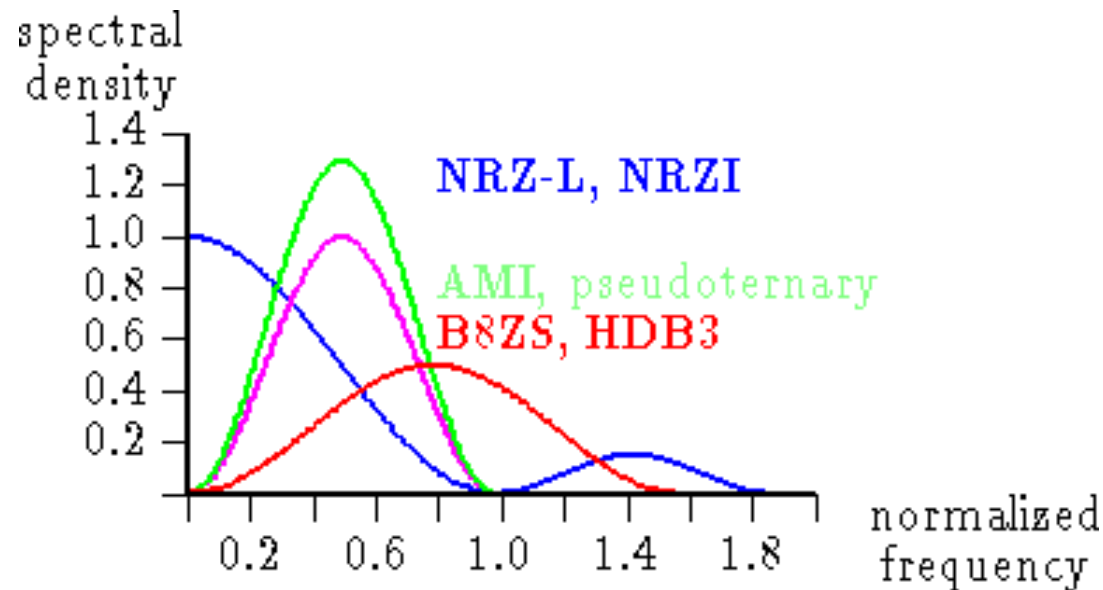
AAD: Transmite tu código

1. En un pedazo de papel (mínimo A5) escribe en la parte superior (dejando un espacio en blanco lo más amplio posible):
 - a) **Tu nombre.**
 - b) Una secuencia de 10 bits cualquiera: por ejemplo “0110001011”.
 - c) Un sistema de codificación cualquiera de los explicados.
2. Se lo entregas al profesor. *1min*

3. El profesor te entregará la hoja de un compañero. Y en ella deberás:
 - a) Trazar 3 líneas horizontales y 11 verticales.
 - b) Sobre dichas líneas codificar la secuencia especificada.
 - c) **Escribir tu nombre**
 - d) Entregar la hoja al profesor. *6min*

4. El profesor te devolverá la hoja del paso 1 codificada por un compañero, sobre la misma deberás corregir cualquier fallo y entregarla de nuevo al profesor. *3min*

Representación del espectro de una misma información transmitida bajo los diferentes sistemas de codificación. El rojo correspondería a los sistemas “bifase” (Manchester y Manchester diferencial).



8 Bit	12 Bit	6T	8 Bit	12 Bit	6T
00000000	001101010011	-+00-+	00110010	101100010011	0+-0-+
00000001	010011001101	0-+--+0	00110011	101100110100	0+-+0-
00000010	010011010011	0-+0-+	00110100	110010110100	+ -0+0-
00000011	010011110100	0-++0-	00110101	001011001101	-0+-+0
00000100	001101110100	-+0+0-	00110110	001011010011	-0+0-+
00000101	110100001101	+0--+0	00110111	001011110100	-0++0-
00000110	110100010011	+0-0-+	00111000	110010101100	+ -00+-
00000111	110100110100	+0-+0-	00111001	101100110010	0+-+-0
00001000	001101101100	-+00+-	00111010	101100101100	0+-0+-
00001001	010011110010	0-++-0	00111011	101100001011	0+- -0+
00001010	010011101100	0-+0+-	00111100	110010001011	+ -0-0+
00001011	010011001011	0-+-0+	00111101	001011110010	-0++-0
00001100	001101001011	-+0-0+	00111110	001011101100	-0+0+-
00001101	110100110010	+0-+-0	00111111	001011001011	-0+-0+
00001110	110100101100	+0-0+-	01000000	000101111011	-00+0+
00001111	110100001011	0--0+	01000001	010001101111	0-00++
00010000	010000111011	0--0+	01000010	010001111011	0-0+0+
00010001	000100101111	-0-0++	01000011	010001111110	0-0++0
00010010	000100111011	-0-+0+	01000100	000101111110	-00++0
00010011	000100111110	-0-++0	01000101	010100101111	00-0++
00010100	010000111110	0--++0	01000110	010100111011	00-+0+
00010101	000001101111	--00++	01000111	010100111110	00-++0
00010110	000001111011	--0+0+	01001000	101011101010	00+000
00010111	000001111110	--0++0	01001001	111100101010	++-000
00011000	001101001101	-+0-+0	01001010	110011101010	+--000
00011001	110010001101	+ -0-+0	01001011	001111101010	--++000
00011010	001111001101	--+-+0	01001100	101100101010	0+- -000
00011011	111010001101	+00-+0	01001101	110100101010	+0-000
00011100	111010110010	+00+-0	01001110	010011101010	0-+000
00011101	001111110010	-+++0-	01001111	001011101010	-0+000
00011110	110010110010	+ -0+0-	01010000	110000111011	+--++0+
00011111	001101110010	-+0+-0	01010001	001100101111	-+-0++
00100000	001111000101	-++-00	01010010	001100111011	-+-+0+
00100001	111010110000	+00+--	01010011	001100111110	-+-++0
00100010	001101001111	-+0-++	01010100	110000111110	+--++0
00100011	110010001111	+ -0-++	01010101	000011101111	--+0++

$$3^6=726$$

$$2^8=256$$

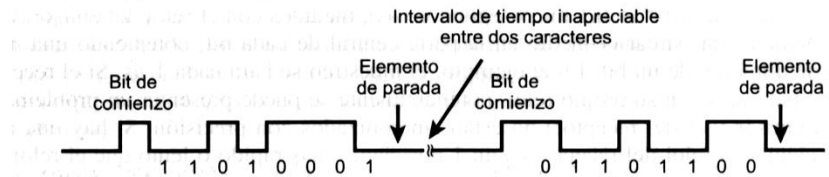
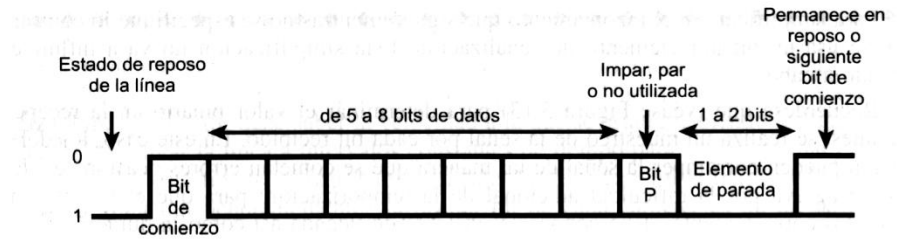
Se escogen las combinaciones que:

-difieren en más de dos estados de señal (robustez ante errores).

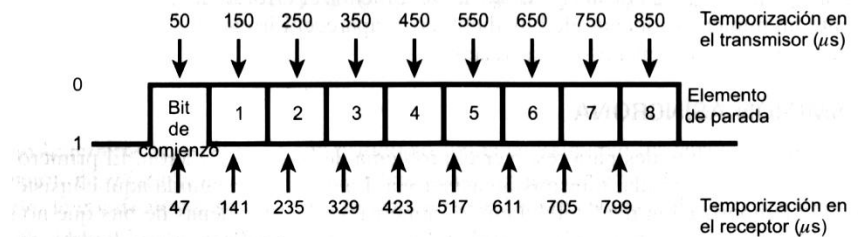
-Mejoran los aspectos de: continua, espectro, sincronización...

Transmisión serie asíncrona

- El emisor y el receptor utilizan señales de reloj distintas
- El receptor y el emisor resincronizan sus relojes al inicio de cada carácter
- Con cada carácter se incluyen un bit de start y uno (o varios) bits de stop
- Es útil únicamente a bajas velocidades de transmisión (Kbps)

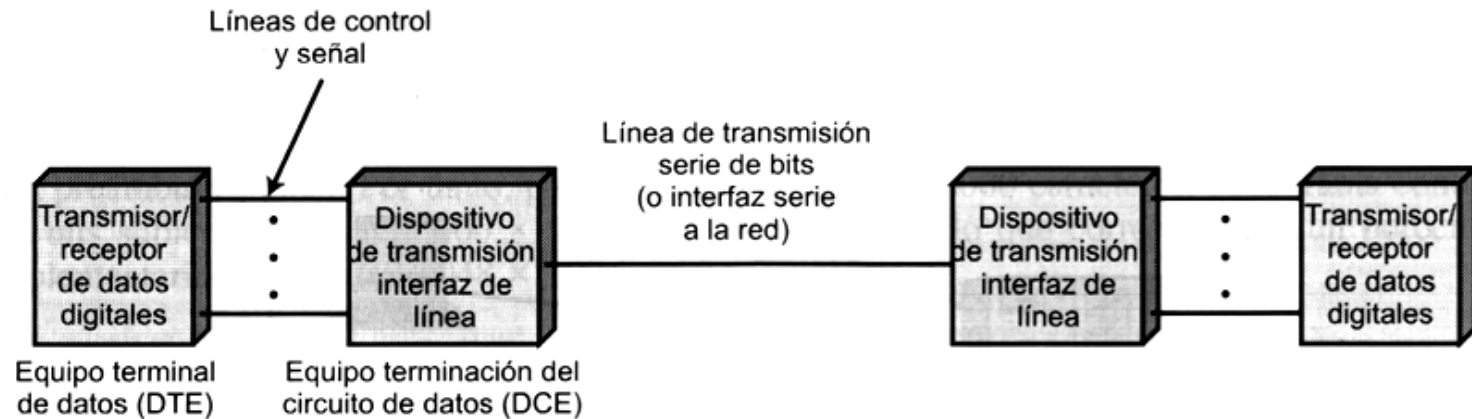


(b) Cadena de caracteres de 8 bits asíncronos



Transmisión serie síncrona

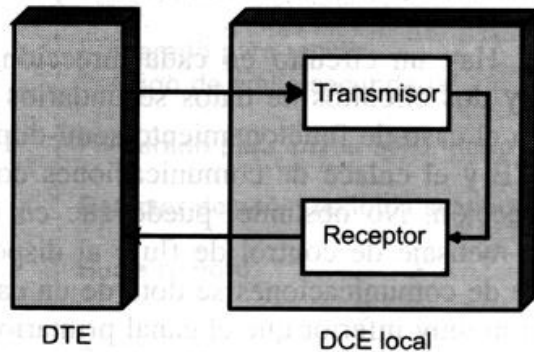
- El emisor y el receptor utilizan la misma señal de reloj
- Puede utilizarse una línea independiente para transmitir la señal de reloj en paralelo con los datos o puede codificarse la señal de reloj junto con los datos (codificación Manchester, Manchester diferencial, etc.).
- Es necesaria para transmisión serie a velocidades medias y altas, del orden de Mbps o Gbps



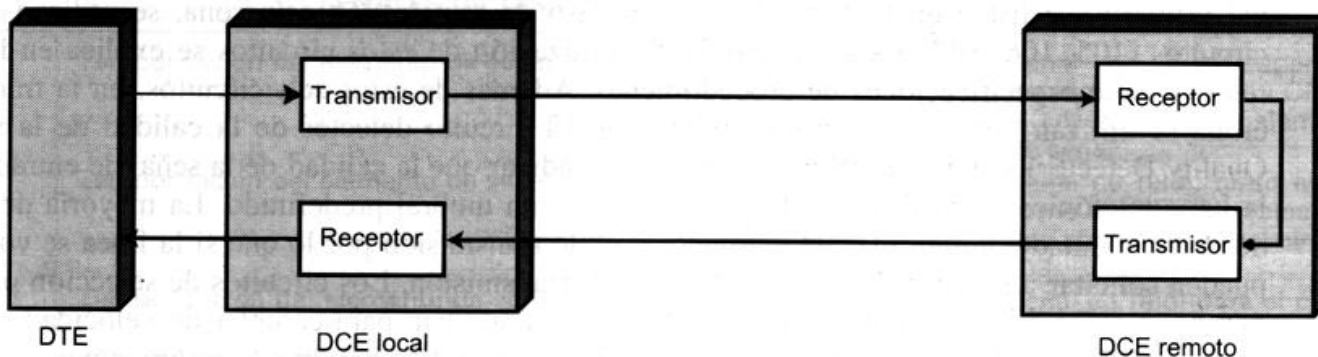
(a) Interfaz genérica al medio de transmisión



(b) Configuración típica

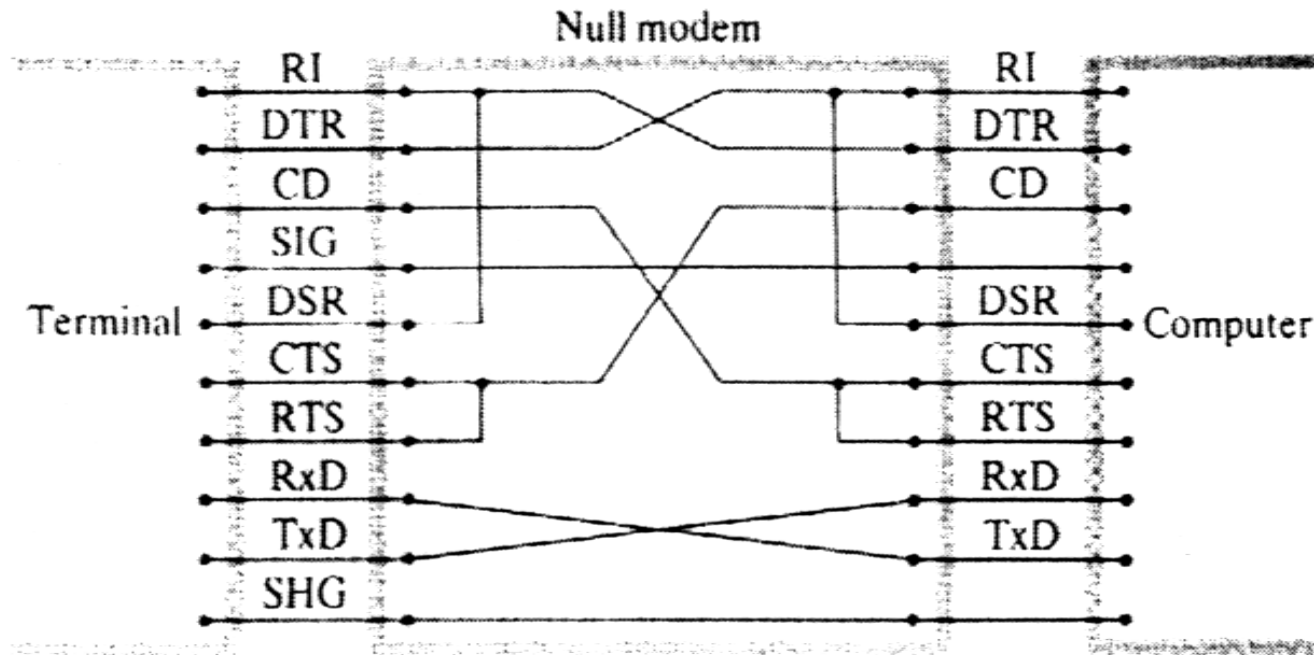


(a) Test del bucle local



(b) Test del bucle remoto

En el **bucle local**, el modem conecta internamente transmisión con recepción. En el **remoto** envía una orden al modem remoto para que lo haga él.



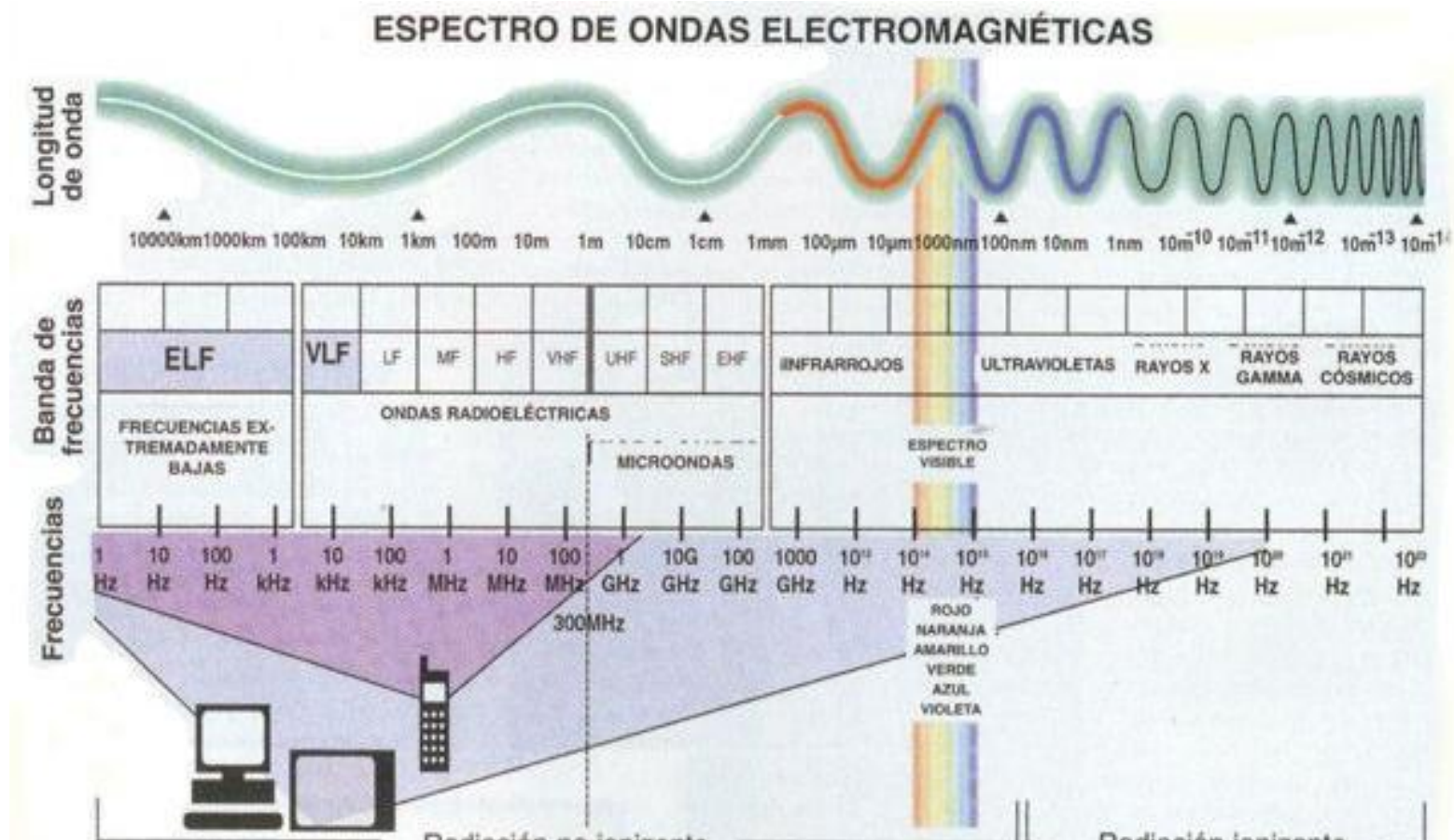
- **Cable “null-modem”**: Cable DB9-DB9 que internamente presenta esta conexión. Sirve para conectar dos DTEs entre sí por el puerto serie sin utilizar la pareja de modems.
- **Cable “roll-over”**. Cable RJ-45-DB9(*transpuesto*) diseñado para conectar un PC a un puerto denominado “de consola” de un equipo (router, switch) para su configuración.



- Tecnología digital más barata
- Integridad de los datos
- Multiplexación
- Seguridad
- Integración voz/video/datos

Clasificación de medios de transmisión

- Medios de transmisión guiados o por cable (*wired*)
 - Par trenzado (señales eléctricas por cable de cobre)
 - UTP: par trenzado no apantallado (*unshielded twisted pair*)
 - STP: par trenzado apantallado (*shielded twisted pair*)
 - Cable coaxial (señales eléctricas por cable de cobre)
 - Fibra óptica (señales luminosas)
- Medios de transmisión no guiados o inalámbricos (*wireless*)
 - Radio-frecuencia (RF)
 - Microondas
 - Terrestres
 - Por satélite
 - Infrarrojos (IR)



A mayor frecuencia...

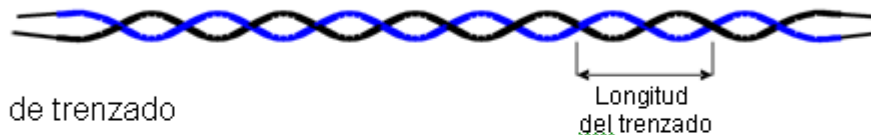
Energía, Atenuación, Absorción, Reflexiones, Direccionalidad
Alcance, Tamaño de antenas.

Par trenzado (1)

- Los conectores más comunes son de tipo RJ-45
- Ventaja: Medio de transmisión muy **económico**
- Desventaja: **Distancias** limitadas. Ejemplo: velocidades entre 10 y 1 Gbps distancia ≤ 100 m

Forma del cable

Dos hilos de cobre aislados y entrelazados (trenzados) en forma helicoidal
El trenzado reduce notablemente los fenómenos de diafonía (interferencias entre pares cercanos)



Longitud típica de trenzado

La longitud del trenzado oscila entre 5 y 15 cm.

Cuanto menor es la longitud de trenzado mayor es la calidad del cable



Agrupamiento

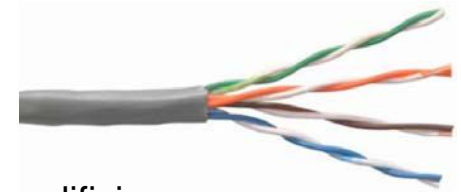
Los cables típicos de par trenzado están formados por mangueras de cuatro pares



Par trenzado (2). Tipos de par trenzado:

- **Par trenzado no apantallado (UTP o U/UTP)**

- Cables cubiertos únicamente por aislante de PVC
- Más económico y fácil de manipular
- Válido para aplicaciones típicas de telefonía y redes de área local
- Usado en la mayoría de instalaciones de cableado estructurado de edificios



- **Par trenzado semi-apantallado (FTP, ScTP ó F/UTP)**

- Cables cubiertos globalmente por papel de plata
- Apantalla ruidos externos pero no diafonías.
- Puede dar problemas si la instalación es deficiente (conexión a tierra débil)

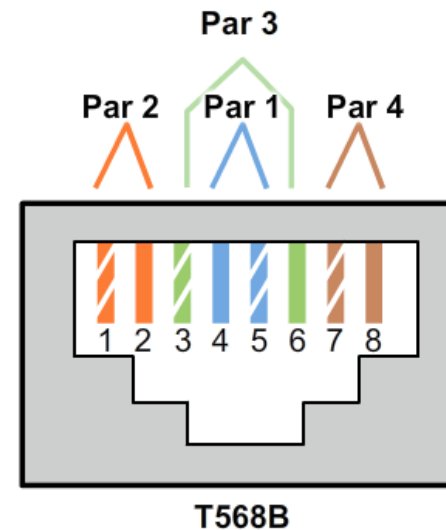
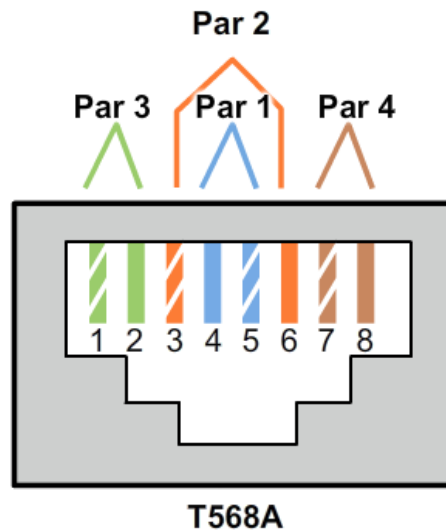


- **Par trenzado apantallado (STP, S-STP, ó S/FTP)**

- Cables aislados con PVC y cubiertos por malla metálica externa global y papel de plata para cada par de cables.
- El apantallamiento reduce aún más los fenómenos de interferencias
- Más caro y difícil de manipular
- Válido para transmisión a altas velocidades



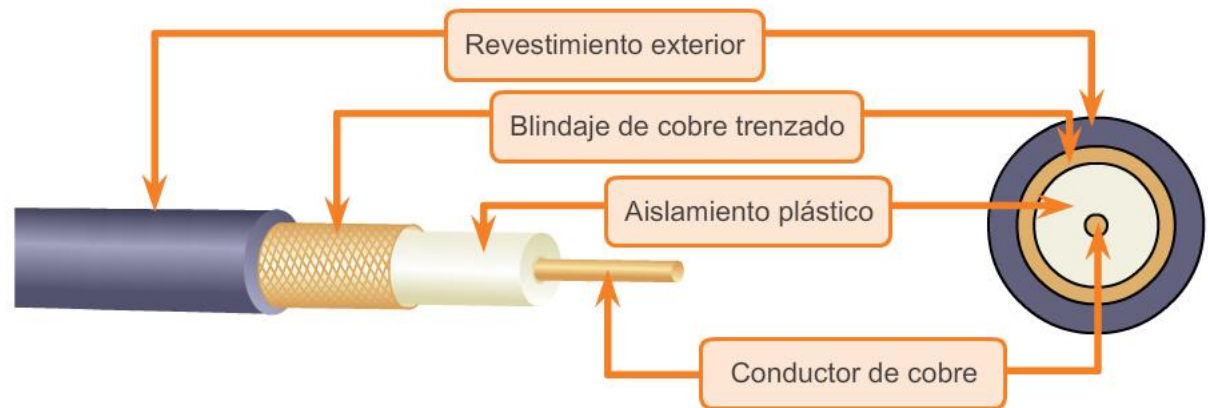
Cable	W del cable	Protocolo Ethernet	Velocidad	Ancho de banda
Cat 3	16 MHz	10BASE-T	10 Mbit/s	10 MHz
Cat 5	100 MHz	100BASE-TX	100 Mbit/s	31.25 MHz
Cat 5e	100 MHz	1000BASE-T	1000 Mbit/s	62.5 MHz
		2.5GBASE-T	2500 Mbit/s	100 MHz
Cat 6	250 MHz	5GBASE-T	5000 Mbit/s	200 MHz
Cat 6A	500 MHz	10GBASE-T	10000 Mbit/s	400 MHz
Cat 7	600 MHz			
Cat 8 (30 m)	1600/2000 MHz	25GBASE-T	25000 Mbit/s	1000 MHz
		40GBASE-T	40000 Mbit/s	1600 MHz



Tipo de cable	Estándar	Capa de aplicación
Cable directo de Ethernet	Ambos extremos son T568A o T568B.	Conecta un host de red a un dispositivo de red, como un switch o un hub.
Cruzado Ethernet	Un extremo es T568A, el otro extremo es T568B.	<ul style="list-style-type: none">Conecta dos hosts de red.Conecta dos dispositivos de red intermediarios (un switch a un switch, o un router a un router).
De consola	Propietario de Cisco	Conecta el puerto serie de una estación de trabajo al puerto de consola de un router mediante un adaptador.

Cable coaxial (1)

- Forma del cable



Conectores coaxiales



Cable coaxial (2)

- Los conectores más utilizados en LAN son de tipo BNC y de 50Ω . En CATV el cable más usado es el de 75Ω .



- Ventajas e inconvenientes (En comparación con el par trenzado)
 - Mayor inmunidad a ruidos e interferencias externas
 - Mayores distancias y mayor ancho de banda que el par trenzado
 - Mayor coste
 - Más difícil de instalar

Aplicaciones actuales:

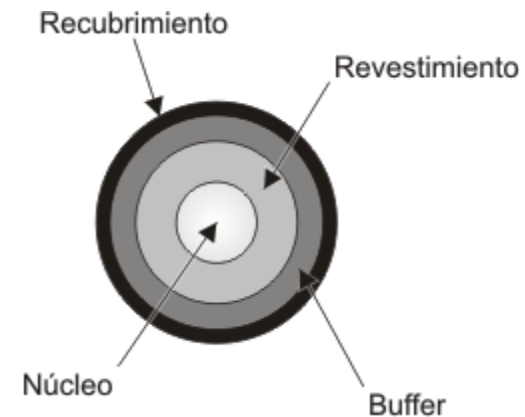
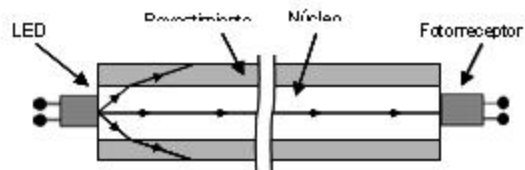
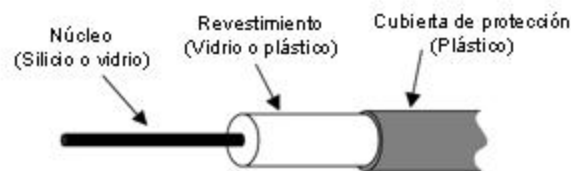
- Distribución de señales de televisión
 - Antena para televisión.
 - Televisión por cable (CATV).
- Distribución de datos local
 - Cablemodems (TV+Teléfono+Internet).
 - Conexión fibra – equipos de datos.

Aplicaciones antiguas:

- Telefonía a larga distancia
 - Puede transportar más de 10.000 canales de voz a la vez.
- Redes de área local
 - Redes Ethernet en bus (10Base2 y 10Base5)

Fibra óptica

- El LED (diodo emisor de luz) o LÁSER transforma la señal eléctrica en pulsos de luz
 - 1 presencia de pulso de luz
 - 0 ausencia de pulso luz
- La fibra transmite la luz a través del núcleo
 - Núcleo y revestimiento de distinto material (distinto índice de refracción)
 - La luz que incide sobre la interfaz núcleo-revestimiento con un ángulo inferior al ángulo crítico se refleja en el núcleo
 - El resto de la luz se refracta (pérdidas)
- El fotodiodo receptor (PIN) transforma la señal luminosa en una señal eléctrica



Ventajas de la fibra óptica

- **Ancho de banda** muy superior a los medios de cobre
- Velocidad teórica de transmisión alcanzable muy elevada (entorno a **50.000 Gbps**).
En la práctica, la velocidad real de transmisión es mucho menor, limitada por la frecuencia de trabajo de los de los fotoemisores y fotorreceptores:
 - 100 Gbps en distancias cortas.
 - 4 Gbps en distancias largas (300 km).
- **Menor atenuación** y mayores distancias sin necesidad de repetidores.
- Totalmente **inmune a las interferencias electromagnéticas** externas
- Los cables de fibra son **muy delgados y ligeros**. Por tanto la instalación de una red de fibra óptica requiere conductos mucho más reducidos. Se pueden agrupar decenas de fibras en mangueras de reducido diámetro.

Desventajas de la fibra óptica

- La transmisión de luz es intrínsecamente **unidireccional**.
- La manipulación de la fibra óptica **es muy compleja**, por lo que se precisa de mayor especialización y equipos caros (OTDR).
- Los **empalmes** aumentan la atenuación de forma irreversible.

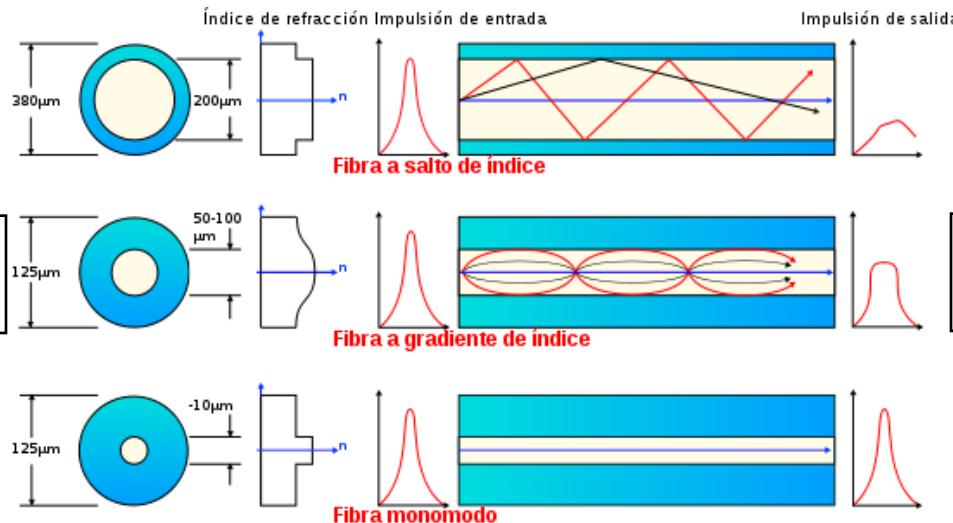
Tipos de fibra:

• Multimodo

- La luz se difunde en múltiples direcciones
- Mayores pérdidas y menores prestaciones
- Más económica y fácil de manipular
- Las hay de índice discreto y de índice gradual.

• Monomodo

- La luz se difunde prácticamente en línea recta a través del núcleo
- Diámetro del núcleo muy reducido (del orden de la longitud de onda de la luz)
- Menos pérdidas y mayores prestaciones
- Más cara y difícil de manipular



LED: 850 nm o 1310 nm. LAN

LASER: 1310 nm o 1550 nm. WAN

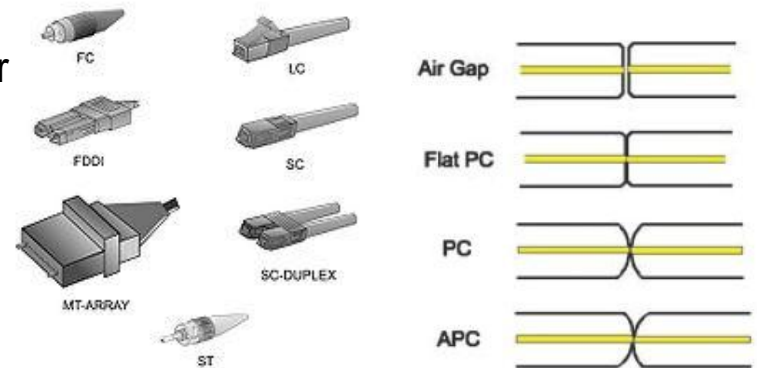
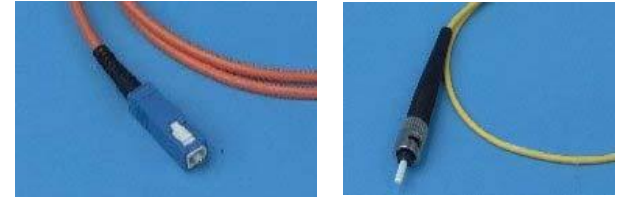
Fotodiodo PIN (P-Intrínseco-N)

Fotodiodo APD (Avalancha)

Conectores de fibra óptica:

El conector se define con dos siglas: tipo de conector-tipo de pulido. Por ejemplo: SC-APC

- Conector ST (Straight Through)
 - Presentado a comienzos del 85 por AT&T
 - FO multimodo
- Conector SC (Single-fiber Coupling)
 - Tiene menos pérdida que otros conectores
 - FO monomodo
- Pulidos: Han ido evolucionando, en primer lugar para disminuir las pérdidas, en segundo para atenuar el retorno.



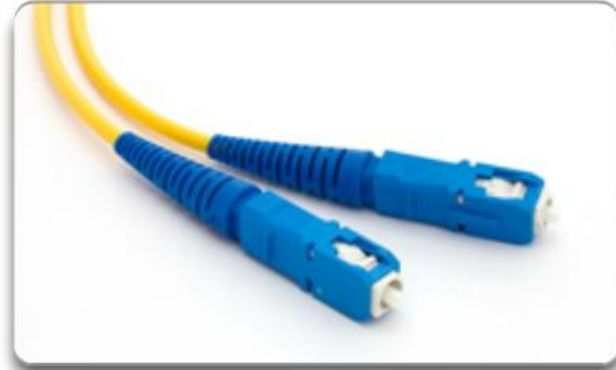
Agrupamiento de fibras ópticas

- Las fibras ópticas de datos son extremadamente delgadas
 - *Diámetro típico de una fibra: ~125 microm*
 - *Diámetro de un cabello humano: ~100 microm*
- Normalmente se agrupan en mangueras de varias decenas o incluso cientos de fibras





Conectores ST



Conectores SC



Conector LC



Conectores LC multimodo dúplex

Aplicaciones de la fibra óptica:

Enlaces telefónicos de larga distancia

Hasta 1.500 km

Entre 20.000 y 60.000 canales de voz simultáneos

Enlaces telefónicos metropolitanos

Longitud media de 12 Km

Hasta 100.000 canales de voz simultáneos

Bucles de abonado (FTTH, Fiber to the home):

Try Play: Televisión, voz y datos usando fibra

Splitters pasivos (PON)

Iniciativa pública.

Redes de área local y metropolitana

Usado tradicionalmente en redes MAN (FDDI, DQDB, etc.)

Actualmente se utiliza también en redes LAN Ethernet de alta velocidad

Fast Ethernet - 100 Mbps (100Base-FX)

Gigabit Ethernet - 1Gbps (1000BASE-SX y 1000BASE-LX)

10Gigabit Ethernet - 10 Gbps

Implementaciones futuras: 100 Gigabit, 1 Terabit y 10 Terabit Ethernet

Medios inalámbricos

Ondas de radio

Desde 30MHz hasta 1GHz:

Aplicaciones omnidireccionales.

Microondas

Desde 2GHz hasta 40GHz:

Enlaces punto a punto terrestres de larga distancia

Redes LAN Inalámbricas

Telefonía móvil

Comunicaciones por satélite

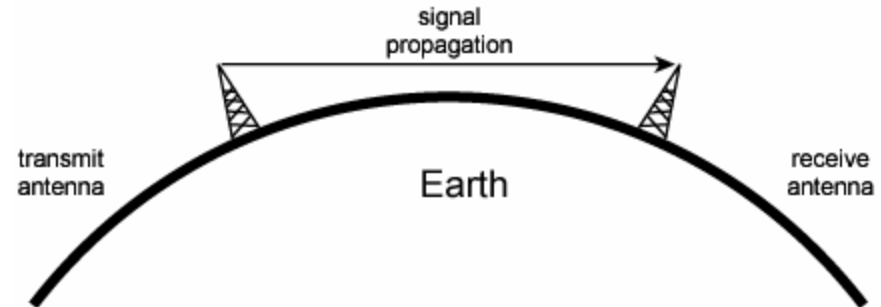
Infrarrojos

Rango de frecuencias comprendido entre 3×10^{11} y 2×10^{14} Hz:

Conexiones locales

Enlaces punto a punto de larga distancia

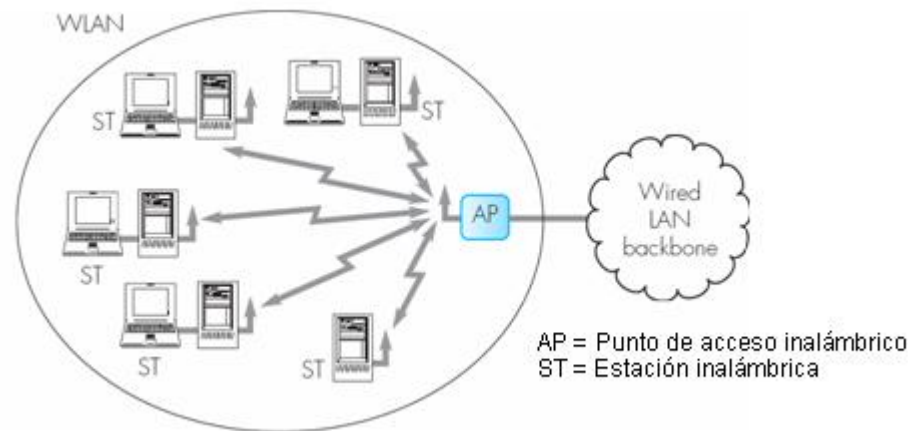
- Antenas parabólicas fijas alineadas.
- Señales muy direccionales.
- Atenuación severa.



Banda (GHz)	Ancho de banda (MHz)	Razón de datos (Mbps)
2	7	12
6	30	90
11	40	90
18	220	274

Redes LAN inalámbricas (WLAN, *Wireless LAN*). IEEE 802.11 y Bluetooth.

- Antenas omnidireccionales con alcances cortos (50m.)
- Utilizan las bandas de 2,4 GHz y de 5 GHz
- Velocidades de transmisión típicas: 11 Mbps (b), 54 Mbps (a, g) y hasta 600 (80-100 en la práctica) Mbps (n). Futuro incluso 1Gb (ac)



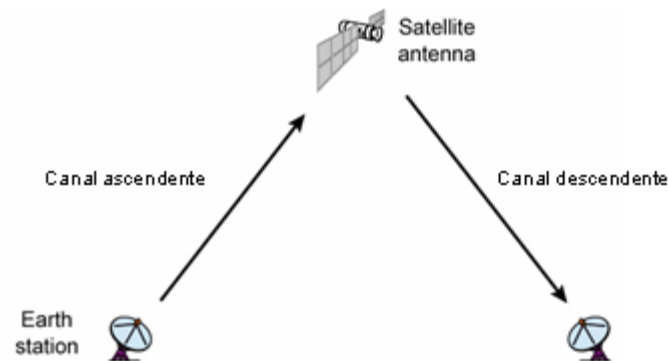
Redes MAN inalámbricas: redes de telefonía móvil.

- GSM (2G): Banda de 900 MHz y 1,6 GHz. Llamadas y SMS.
 - GPRS(2.5G): Datos 9,6 - 40 kbps.
 - EDGE(2.5G?): 236 kbps
- UMTS (3G): 900 MHz y 2.1 GHz. Datos 384 kbps.
 - WIMAX (IEEE 802.16 MAN): 2,5 y 5,8 GHz. 20Mbps.
 - LTE. 326 Mbps.
- (4G) 1Gbps y 100Mbps en movimiento

Los terminales son omnidireccionales y se conectan a puntos de acceso dispuestos regularmente por la ciudad.

Microondas por satélite

- Un satélite es un repetidor de microondas: recibe la señal en una banda de frecuencia (canal ascendente), la amplifica y la retransmite en otra banda de frecuencia (canal descendente).

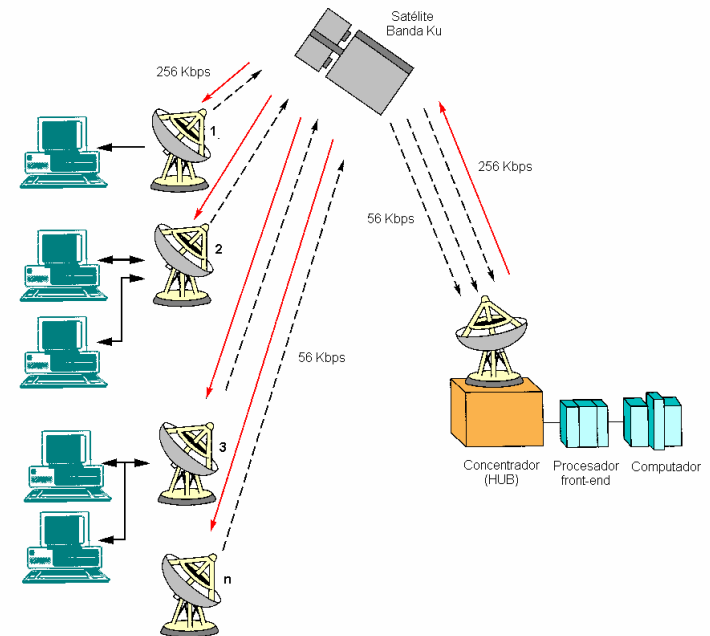


- Se utiliza como enlace entre dos o más estaciones terrestres.
- Permite el acceso desde cualquier lugar del mundo.
- El servicio y el equipo para utilizarlo (antenas) es caro.

- Los satélites deben seguir una **órbita geoestacionaria**, es decir, para que se vean siempre en la misma posición deben girar en una órbita ecuatorial con un periodo de rotación de 24 horas. Esto se traduce en un anillo único a 35.784 km sobre el ecuador.
- Para evitar interferencias entre satélites que trabajan en las mismas frecuencias, debe existir una separación mínima de al menos **2 grados**.
- Esto se denomina una **ranura orbital**
- Debido a la distancia que debe recorrer la señal, la transmisión por satélite presenta un retardo de propagación típico de **0,27 segundos**
- El rango de frecuencias óptimo para la transmisión via satélite es de 1 a 10 GHz. Sin embargo las bandas más usadas son: 4-6 Ghz, 12-14 Ghz y 20-22 Ghz.

Aplicaciones de los satélites

- **Difusión de TV**
- Enlaces telefónicos de larga distancia
 - Comunicaciones telefónicas entre distintos países y/o continentes
 - En comunicaciones nacionales puede resultar más económico que instalar infraestructura de fibra óptica, sobre todo en países con difícil orografía
- Redes privadas mediante VSAT
 - Microestaciones terrestres de bajo coste para comunicación por satélite
 - Cada microestación dispone de una antena parabólica de 1 m de diámetro capaz de recibir y también de transmitir datos al satélite
 - Las distintas sedes de la empresa se pueden comunicar por satélite con el servidor central



Ventajas/desventajas de los infrarrojos con respecto a las microondas

Menor coste de equipos transmisores/receptores de infrarrojos

Menor consumo de potencia

Mayor privacidad

Menor alcance y velocidad de transmisión

Movilidad limitada

Modos de transmisión por infrarrojos:

IrDA (9,6kbps-4Mbps), VFDA (16 Mbps).

DFIR (Diffused Infrared) o infrarrojo de haz difuso

Velocidades de transmisión moderadas (1 Mbps).

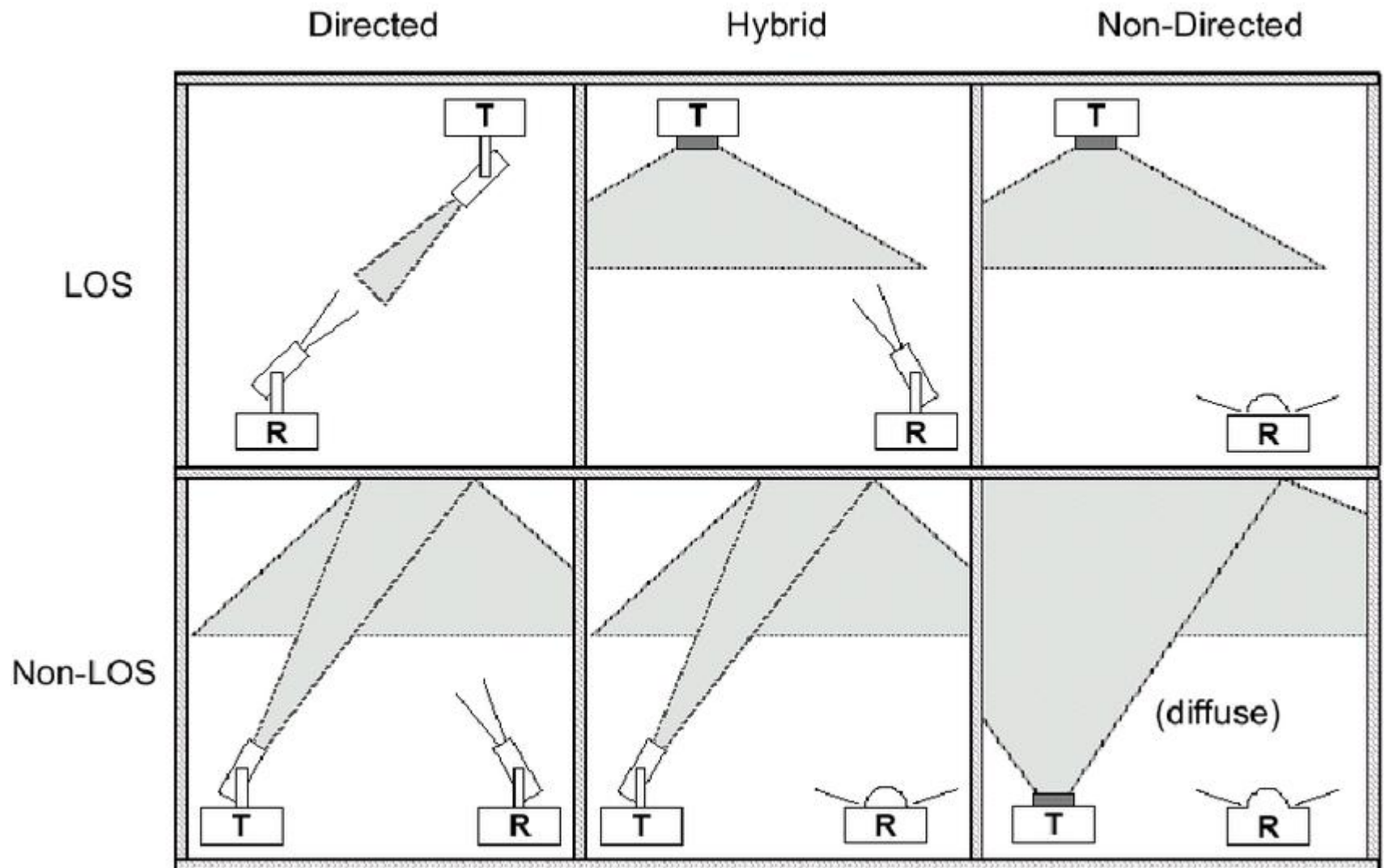
Adecuado en oficinas de tamaño moderado que no presenten grandes obstáculos (paredes, mamparas, librerías, etc.) y entornos con muchas interferencias de radio, 60 m.

Receptor y transmisor deben estar alineados o pueden aprovechar superficies reflectantes como el techo. Ejemplo: altavoces inalámbricos.

DBIR (Directed Beam Infrared) o infrarrojo de haz directo

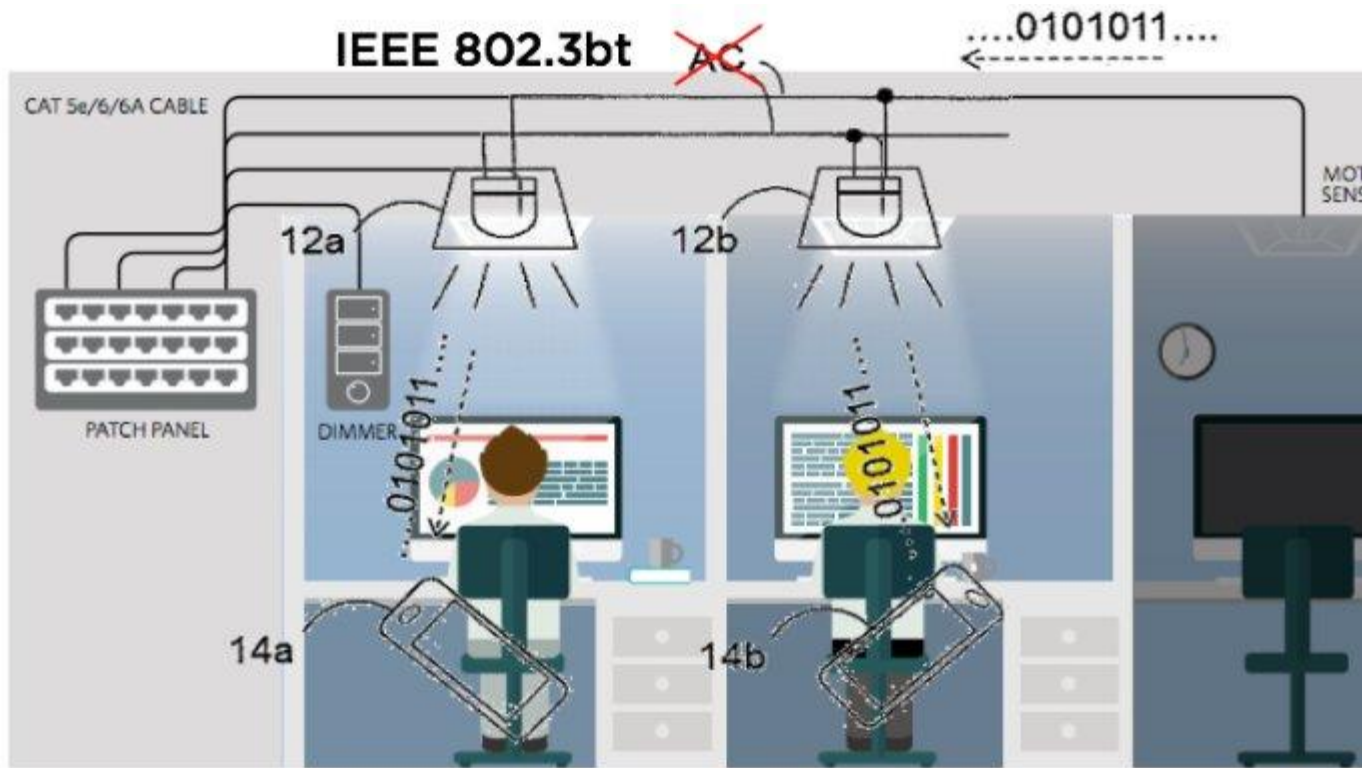
Permiten alcanzar mayores velocidades de transmisión (10 Mbps)

No permiten movilidad de los equipos sólo son útiles en aplicaciones que emplean terminales fijos, 25 m.



Lifi (light fidelity).

- En ensayos se ha llegado hasta **224 gigabits** por segundo.
- Usa luz visible, ultravioleta e infrarroja.
- Se puede implementar sobre los LED de iluminación del hogar, faros de vehículos, comercios...
- Lifi es una especificación en desarrollo que alcanzaría los **10 Gbps**. De momento, en entornos reales sólo se ha llegado a **1Gbps**.



Velocidad de transmisión

Wifi 'b' utiliza $W=88$ MHz. Si la SNR es de 20 dB :

- (1pto) ¿Cuál es la máxima velocidad teórica de transmisión alcanzable?

Relación señal-ruido (dB) = 20 dB:

$$10 \cdot \log(s/N) = 20; \log(s/N)=2;$$

$$(s/N)=100$$

La máxima velocidad teórica de transmisión alcanzable será de:

$$C_{\text{Shannon}} = 88 \cdot 10^6 \cdot \log_2(1 + 100) = 176'4 \text{ Mbps}$$

- (2ptos) Si utiliza QAM con 3 niveles de amplitud ¿Cuál será la velocidad máxima teórica de transmisión?

Aplicando el teorema de Nyquist:

$$C_{\text{nyquist}} = 2W \cdot \log_2(M) = 2 \cdot 88 \cdot 10^6 \cdot \log_2(3 \cdot 4)$$

$$C_{\text{nyquist}} = 176 \cdot 10^6 \cdot \log_2(12) = 176 \cdot 10^6 \cdot (3'58)?$$

$$C_{\text{nyquist}} = 528 \text{ Mbps} \quad \text{o} \quad C_{\text{nyquist}} = 630'95 \text{ Mbps}$$

Ejercicio

- 1) En un canal con un ancho de banda de 4 MHz se señala usando QAM (una fase cada 90°) con dos niveles de amplitud. ¿Cuál es la capacidad del canal?
- 2) Si ahora se transmite por ese mismo canal la señal ...1110111011101110... en pseudoternario a una velocidad de transmisión de valor un dieciseisavo de la capacidad del canal anterior ¿Cuál sería el último armónico detectado?

Ejercicio

1) En un canal con un ancho de banda de 4 MHz se señaliza usando QAM (una fase cada 90°) con dos niveles de amplitud. ¿Cuál es la capacidad del canal?

$$C = 2W \log_2 M = 2W \log_2 (APF) = 2 * 4 * 10^6 * \log_2 (2 * 4 * 1) = 24 * 10^6 = 24 \text{ Mbps}$$

2) Si ahora se transmite por ese mismo canal la señal ...1110111011101110... en pseudoternario a una velocidad de transmisión de valor un dieciseisavo de la capacidad del canal anterior ¿Cuál sería el último armónico detectado?

$$V_t = C/16 = 1.5 \text{ Mbps} \quad t = 1/1.5 = 0.6666 \text{ us}$$

$$T_{\text{pseudoternario}} = 8t = 5.333 \text{ us}$$

$$f_1 = 0.1875 \text{ MHz}$$

$$f_n = n * f_1 = 4 \quad n = 4/0.1875 = 21.333 \quad n = 21$$

LOGARITMOS	NYQUIST-SHANON	Otras	Frecuencia
$x = a^{\log_a x}$	$C = 2W \log_2 M$	Aten. = S-s (en dB)	$W = f_n = n \cdot f_1$
$\log_a x = \frac{\log_b x}{\log_b a}$	$C = W \log_2 \left(1 + \left(\frac{S}{N}\right)\right)$	$S_{dB} = 10 \log_{10} S_W$	$T = m \cdot t = 1/f_1$
$\log_a x \cdot y = \log_a x + \log_a y$	$V_t = \text{Baudios} \cdot \log_2 M$	$M = A \cdot P \cdot F$	$R = 1/t$

Problema

En un radioenlace se emite con una potencia de 100 W usando un ancho de banda de 10 MHz. La atenuación del aire es de 0,6dB/300 m. En el otro extremo, situado a 15 Km, hay un ruido de 10 mW. ¿Cuál es la capacidad del canal?

$$\text{Atenuación total} = A_T = 15.000 * 0,6 / 300 = 30 \text{ dB}$$

$$A_T = S_{dB} - s_{dB} = 10 * \log(100) - s_{dB} ; s_{dB} = -10 \text{ dB}$$

$$s_{dB} = 10 * \log s_W ; -1 = \log s_W ; 10^{-1} = s_W = 0,1 \text{ W.}$$

$$C = W * \log_2(1 + s_W / N_W) = 10 * 10^6 * \log_2(1 + 0,1 / 0,01) = 10 * 10^6 * \log_2(11)$$

$$C = 10 * 10^6 * \log_{10}(11) / \log_{10}(2) = 34'6 * 10^6 \text{ bps} = 34'6 \text{ Mbps}$$

Problema

En un cable coaxial de 35 metros se tiene un ancho de banda efectivo de 850 MHz. En ensayos se ha obtenido que transmitiendo en Manchester diferencial la señal ...100100100... se precisa hasta el 20avo armónico para poder reconocer los bits. ¿Cuál es la velocidad de transmisión?

$$W = f_n = n \cdot f_1 ; 850 \cdot 10^6 = 20 \cdot f_1 ; f_1 = 42,5 \text{ MHz}$$

$$T = 1/f_1 ; T = 0,023529 \text{ us}$$

Realizando el esquema se obtiene que $T = 6t$

$$t = T/6 = 0,003922 \text{ us}$$

$$V_{\text{trans}} = 1/t = 255 \text{ Mbps}$$