



Nivel 1 - Capa física

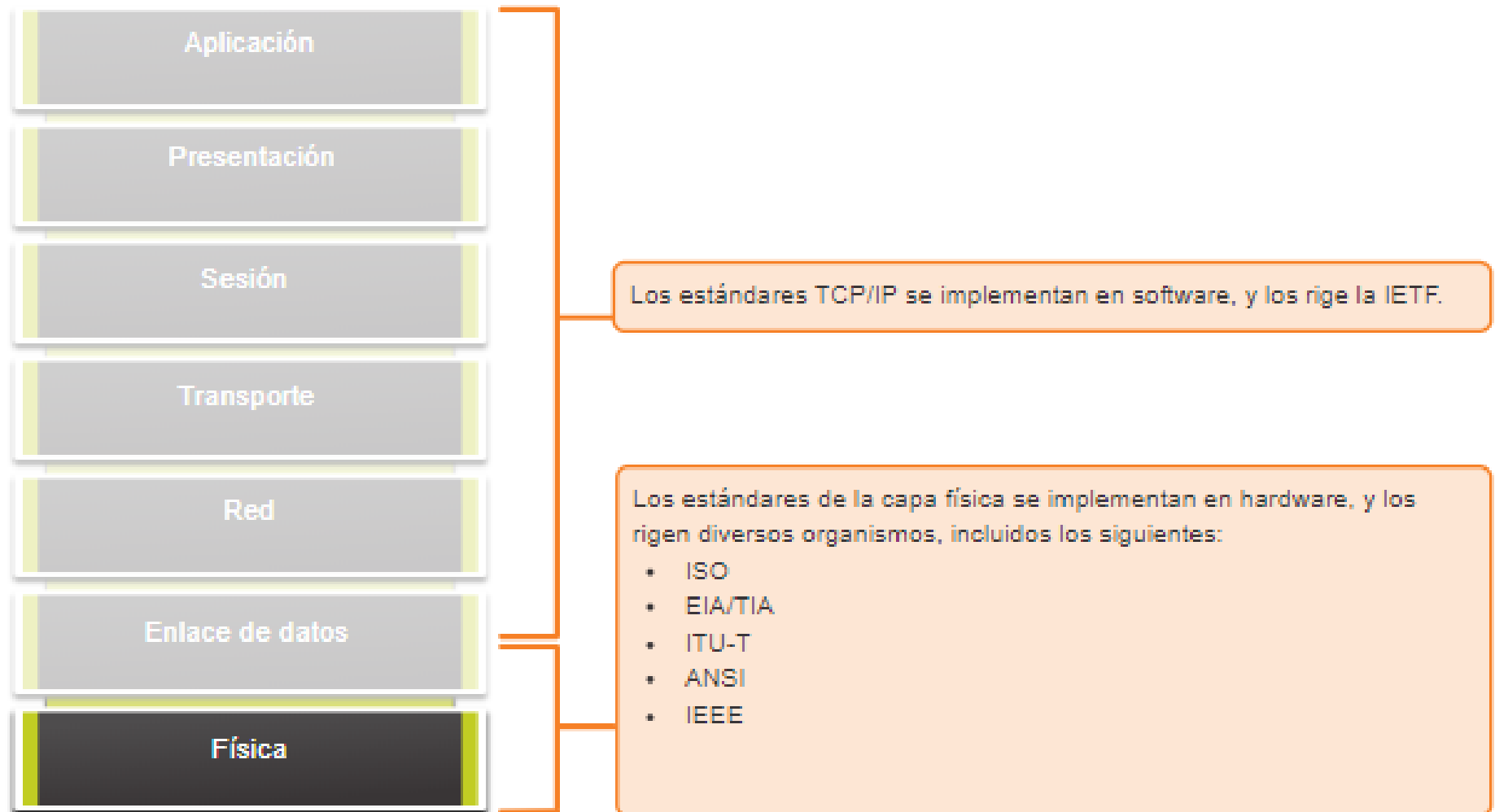
Juan Manuel Hurtado Angulo
Programa de Ingeniería de Sistemas

La capa física

La capa física de OSI proporciona los medios de transporte de los bits que conforman una trama de la capa de enlace de datos a través de los medios de red.

Esta capa acepta una trama completa desde la capa de enlace de datos y la codifica como una secuencia de señales que se transmiten en los medios locales. Un dispositivo final o un dispositivo intermediario recibe los bits codificados que componen una trama.

Estándares de la capa física



Fuente: Introduction to Networks [Cisco NetAcad]

Estándares de la capa física

Los estándares de hardware, medios, codificación y señalización de la capa física están definidos y regidos por estas organizaciones de estándares:

- Organización Internacional para la Estandarización (ISO)
- Asociación de las Industrias de las Telecomunicaciones (TIA) y Asociación de Industrias Electrónicas (EIA)
- Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU)
- Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI)
- Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE)
- Autoridades nacionales reguladoras de las telecomunicaciones, incluida la Federal Communication Commission (FCC) de los Estados Unidos y el Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones (ETSI)

Además de estos, a menudo hay grupos de normas de cableado regionales como CSA (Asociación de Normas Canadienses), CENELEC (Comité Europeo de Normalización Electrotécnica) y JSA / JIS (Asociación de Normas Japonesas), que desarrollan especificaciones locales.

Fuente: Introduction to Networks [Cisco NetAcad]

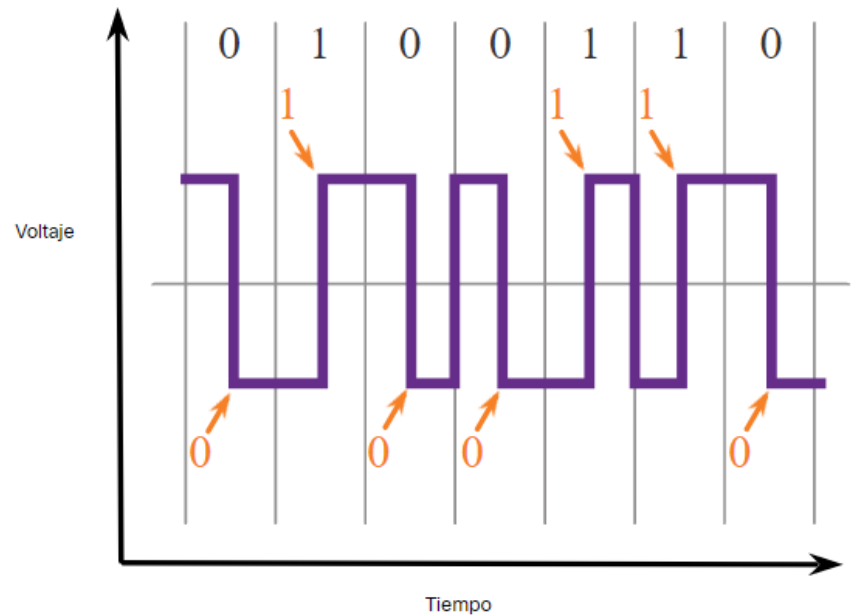
Componente Funcional 1 - Componentes físicos

Los componentes físicos son los dispositivos de hardware electrónico, medios y otros conectores que transmiten las señales que representan los bits. Todos los componentes de hardware, como NIC, interfaces y conectores, materiales y diseño de los cables, se especifican en los estándares asociados con la capa física.

Componente Funcional 2 - Codificación

La codificación, o codificación de línea, es un método que se utiliza para convertir una transmisión de bits de datos en un “código” predefinido.

Los códigos son grupos de bits utilizados para ofrecer un patrón predecible que pueda reconocer tanto el emisor como el receptor. En otras palabras, la codificación es el método o patrón utilizado para representar la información digital.



La codificación Manchester los 0 se representan mediante una transición de voltaje de alto a bajo y los 1 se representan como una transición de voltaje de bajo a alto.

Componente Funcional 3 - Señalización

La capa física debe generar las señales inalámbricas, ópticas o eléctricas que representan los “1” y los “0” en los medios.

La forma en que se representan los bits se denomina **método de señalización**. Los estándares de la capa física deben definir qué tipo de señal representa un “1” y qué tipo de señal representa un “0”.

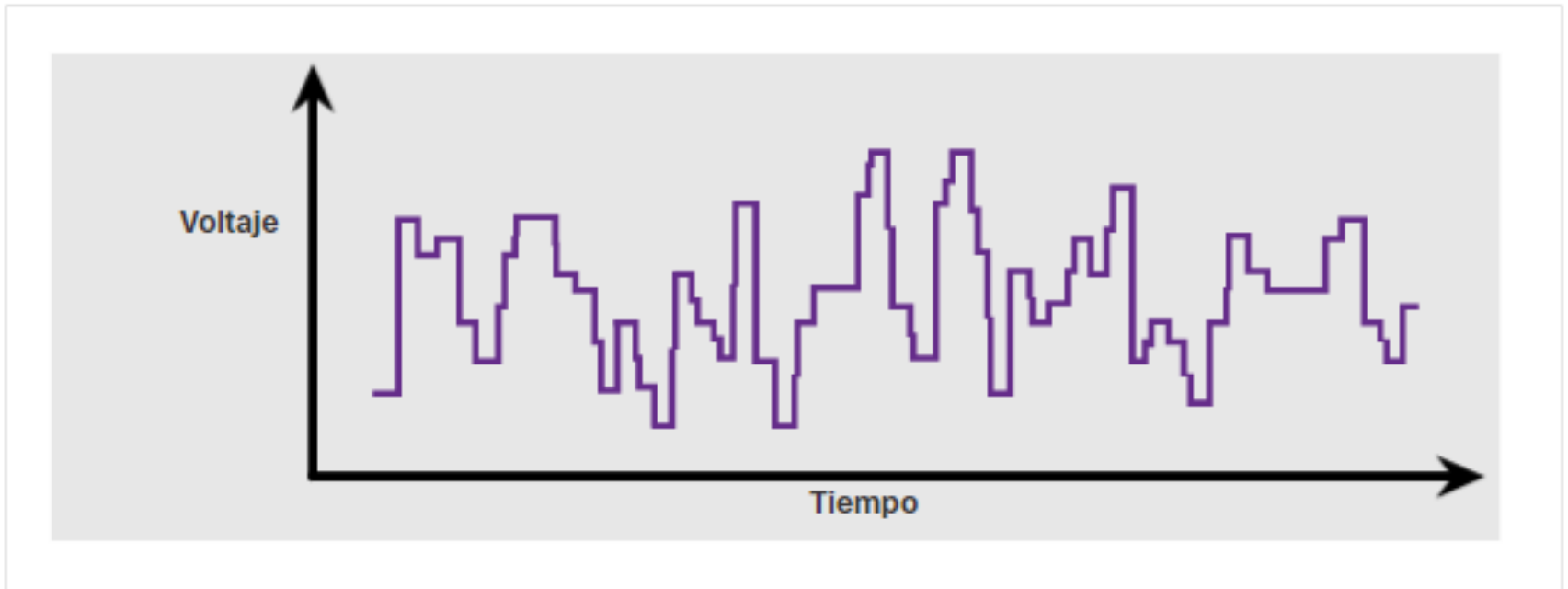
Esto es similar al método de señalización que se utiliza en el código Morse, para enviar texto a través de cables telefónicos o entre barcos en el mar.

A • —	J • — — —	S • • • •
B — • • •	K — • —	T —
C — • — •	L • — • •	U • • —
D — • •	M — —	V • • • —
E •	N — •	W • — —
F • • — •	O — — —	X — • • —
G — — •	P — — •	Y — • — —
H • • • •	Q — — • •	Z — — • •
I • •	R • — •	

convenciones: — : raya (señal larga) · : punto (señal corta)

Señales eléctricas sobre cable

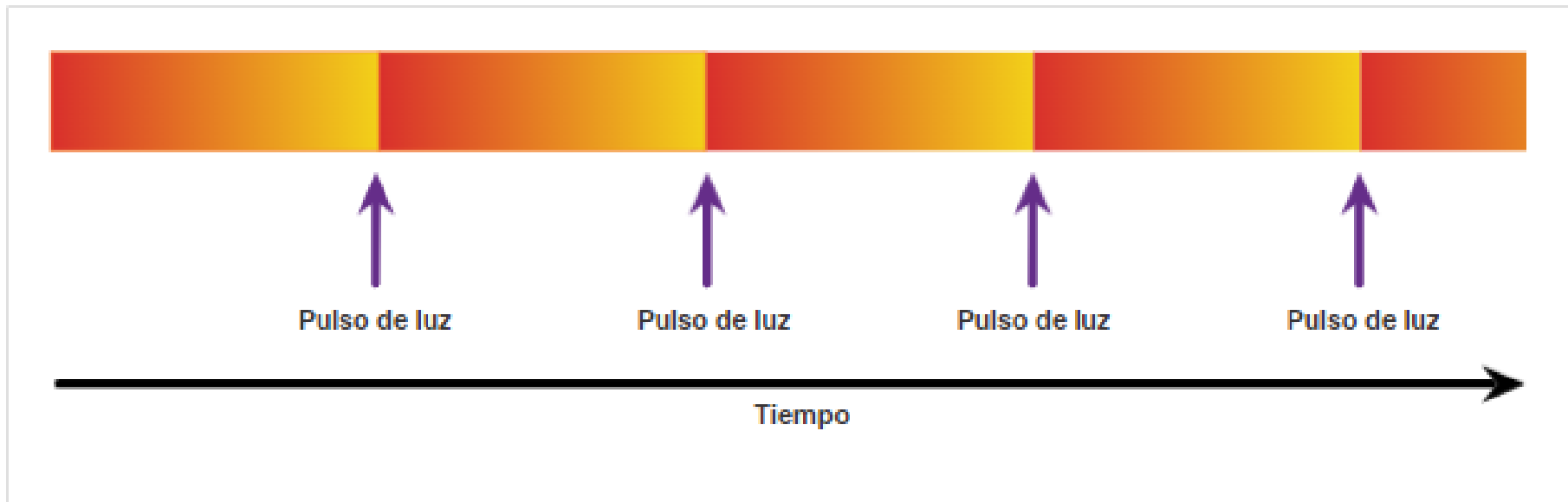
Señales eléctricas sobre cable



Fuente: Introduction to Networks [Cisco NetAcad]

Pulsos de luz sobre cable de fibra óptica

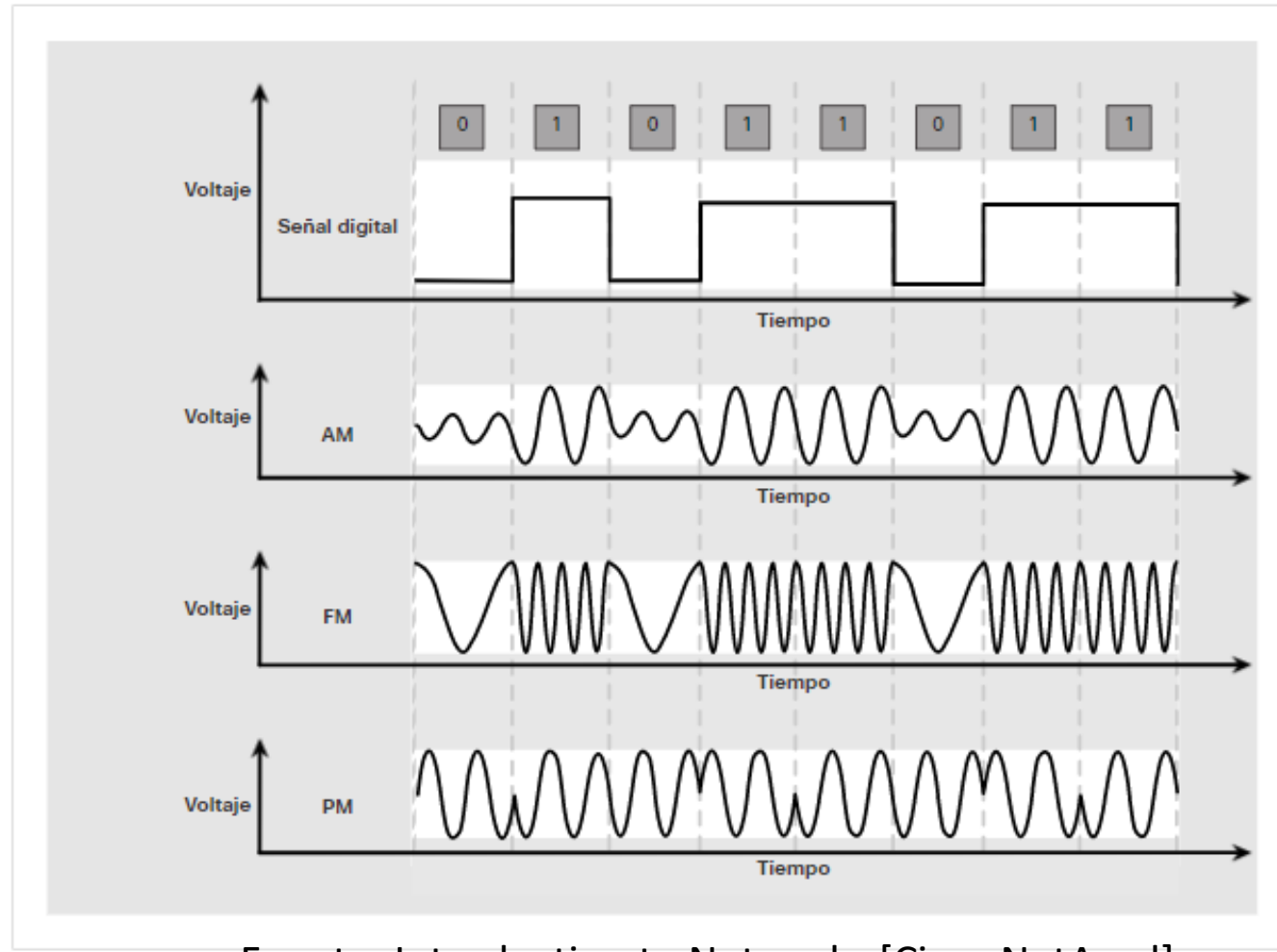
Pulsos de luz sobre cable de fibra óptica



Fuente: Introduction to Networks [Cisco NetAcad]

Señales de microondas sobre medios inalámbricos

Señales de microondas sobre medios inalámbricos



Fuente: Introduction to Networks [Cisco NetAcad]

Ancho de banda

Es la **capacidad a la que un medio puede transportar datos**. El ancho de banda digital mide la cantidad de datos que pueden fluir desde un lugar hacia otro en un período de tiempo determinado.

El ancho de banda generalmente se mide en kilobits por segundo (kbps), megabits por segundo (Mbps) o gigabits por segundo (Gbps). En ocasiones, el ancho de banda se piensa como la velocidad a la que viajan los bits, sin embargo, esto no es adecuado.

Ancho de banda

Unidades de medida comúnmente utilizadas para el ancho de banda

Unidad de ancho de banda	Abreviatura	Equivalencia
Bits por segundo	bps	unidad fundamental de ancho de banda
Kilobits por segundo	Kbps	1 Kbps = 1,000 bps = 10^3 bps
Megabits por segundo	Mbps	1 Mbps = 1,000,000 bps = 10^6 bps
Gigabits por segundo	Gbps	1 Gbps = 1,000,000,000 bps = 10^9 bps
Terabits por segundo	Tbps	1 Tbps = 1,000,000,000,000 bps = 10^{12} bps

Una combinación de factores determina el ancho de banda práctico de una red:

- Las propiedades de los medios físicos
- Las tecnologías seleccionadas para la señalización y la detección de señales de red

Las propiedades de los medios físicos, las tecnologías actuales y las leyes de la física desempeñan una función al momento de determinar el ancho de banda disponible.

Terminología de ancho de banda

Latencia

El concepto de latencia se refiere a la cantidad de tiempo, incluidas las demoras, que les toma a los datos transferirse desde un punto determinado hasta otro.

En una internetwork o una red con múltiples segmentos, **el rendimiento no puede ser más rápido que el enlace más lento de la ruta de origen a destino**



Terminología de ancho de banda

Rendimiento

El rendimiento es la medida de transferencia de bits a través de los medios durante un período de tiempo determinado.

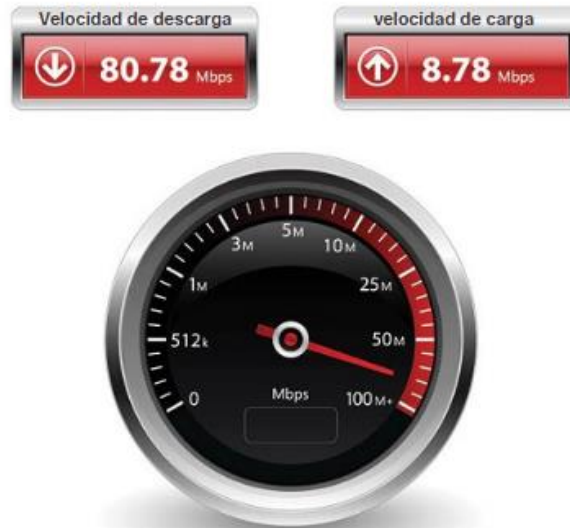
Debido a diferentes factores, el rendimiento generalmente no coincide con el ancho de banda especificado en las implementaciones de la capa física. El rendimiento suele ser menor que el ancho de banda. Hay muchos factores que influyen en el rendimiento:

- La cantidad de tráfico
- El tipo de tráfico
- La latencia creada por la cantidad de dispositivos de red encontrados entre origen y destino

Terminología de ancho de banda

Capacidad de transferencia útil (Goodput)

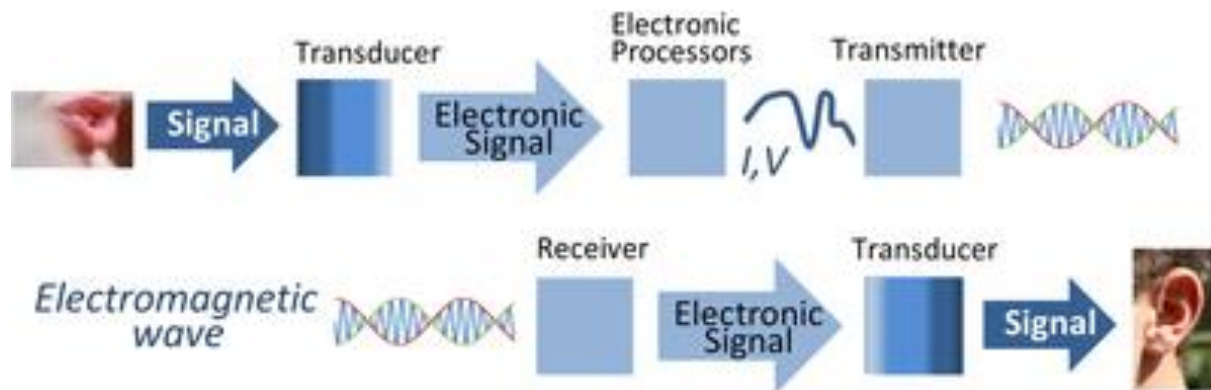
La capacidad de transferencia útil **es la medida de datos utilizables transferidos durante un período determinado**. La capacidad de transferencia útil es el rendimiento menos la sobrecarga de tráfico para establecer sesiones, acuses de recibo, encapsulación y bits retransmitidos. La capacidad de transferencia útil siempre es menor que el rendimiento, que generalmente es menor que el ancho de banda.



Señales

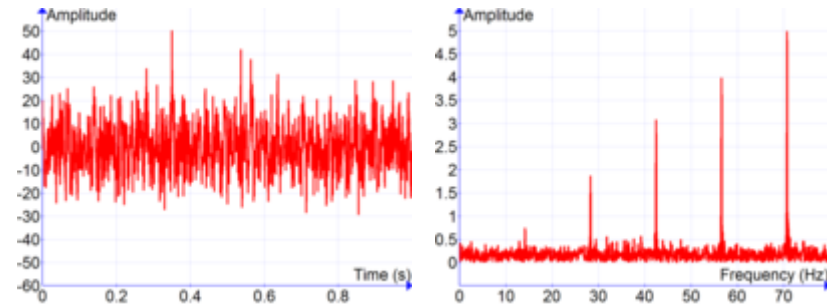
Una señal es un flujo de información proveniente de una fuente, la cual puede tener una naturaleza diversa: mecánica, óptica, magnética, eléctrica, acústica,... Por lo general, para poder ser procesadas, las señales se transforman en señales eléctricas mediante transductores. Las señales pueden proceder de diversas fuentes, dependiendo de su naturaleza:

- audio - para señales electrónicas que representan sonidos
- voz - para analizar señales de voz humana
- vídeo - para interpretar movimientos en escenas



Tipos de procesamiento de las señales

- **Procesamiento de señales digitales** - para señales digitalizadas. El procesado se hace mediante circuitos digitales, microprocesadores y ordenadores.
- **Procesamiento analógico de señales** - para señales analógicas, todas aquellas que son continuas en el tiempo
- **Procesamiento de señales de audio** - para señales electrónicas que representan sonidos
- **Procesamiento de señales de voz** - para analizar señales de voz humana
- **Procesamiento de señales de vídeo** - para interpretar movimientos en escenas
- **Procesamiento de matrices**



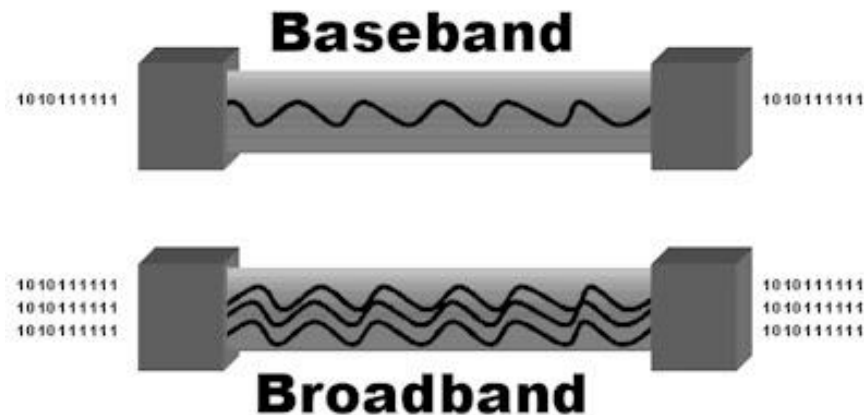
La señal a la izquierda parece ruido, pero si se aplica la técnica de procesado “Transformada de Fourier” (derecha) nos muestra que contiene cinco componentes de frecuencias definidas.

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} F(\omega) e^{j\omega t} d\omega \rightarrow \text{Antitransformada de Fourier}$$

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt \rightarrow \text{Transformada de Fourier}$$

Transmisión en banda base/banda ancha

Banda base es la señal de una sola transmisión en un canal. Banda ancha significa que lleva más de una señal y cada una de ellas se transmite en diferentes canales, hasta su número máximo de canal.



Banda base se refiere a la banda de frecuencias producida por un transductor, tal como un micrófono, un manipulador telegráfico u otro dispositivo generador de señales que no es necesario adaptarlo al medio por el que se va a transmitir

Señalización analógica

Es aquella que representa una magnitud de manera continua. Pueden provenir de captadores (o captadores + transductores) como, por ejemplo, un micrófono (para captar sonidos y trasladarlos a señales eléctricas), un termómetro (temperaturas), una sonda barométrica (capta presiones), un velocímetro...

Señalización digital

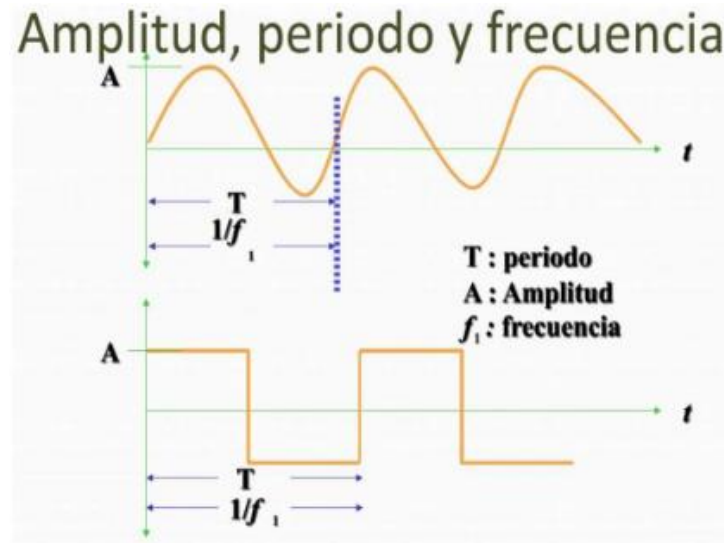
Es aquella que toma valores solo para una cantidad discreta de puntos, y además sus valores son únicamente discretos. Se pueden considerar ejemplos de señales digitales a un programa de ordenador, el contenido de un CD, aunque también podría ser la información recibida de un semáforo, el código Morse, etc.

Es el formato mas adecuado para la transmisión de datos de una computadora, y la mayoría de las redes emplean sus métodos por dicha razón, debido a que usa una tecnología mas sencilla.

Características de una señal

Las dos (2) características mas importantes del seno de una onda son:

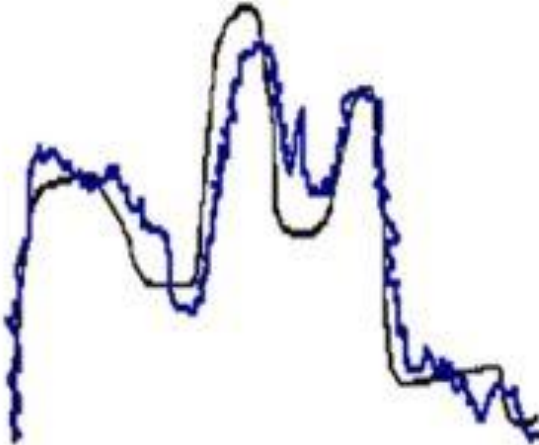
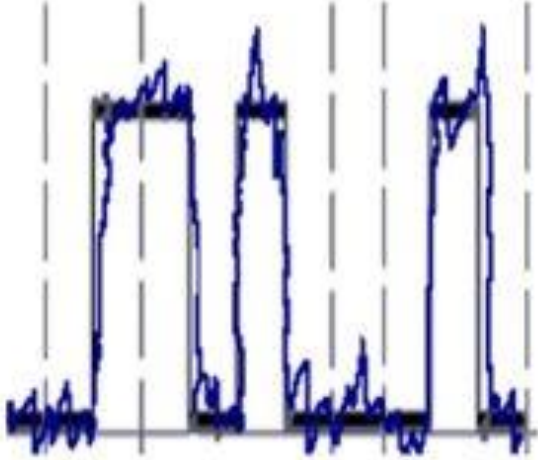
- Amplitud (A), que es su altura y profundidad,
- Periodo (T) , que es el tiempo que tarda en completar un ciclo.



Se puede calcular la frecuencia (f), u ondulación, de una onda con la formula $f=1/T$

<https://www.decu.com.mx/senal-digital-y-analoga-que-es/>

Señalización digital vs analógica

Señal Analógica	Señal Digital
Valores de Amplitud: Infinitos	Numero finito de amplitudes
Variación continua de amplitud en el tiempo	Lógica binaria (0,1)
Obtenida por transductores	La amplitud cambia cada T (Tiempo: Segundos)
	

Señal portadora

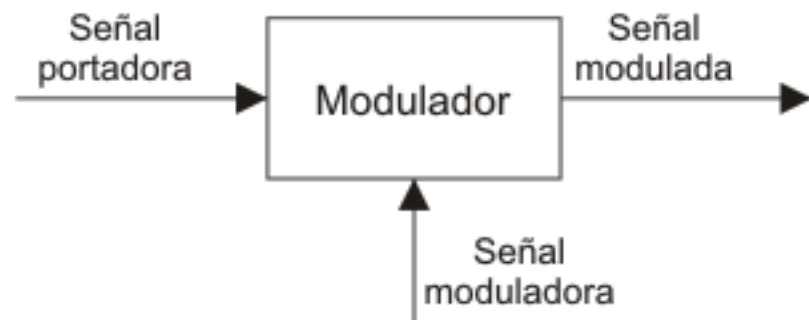
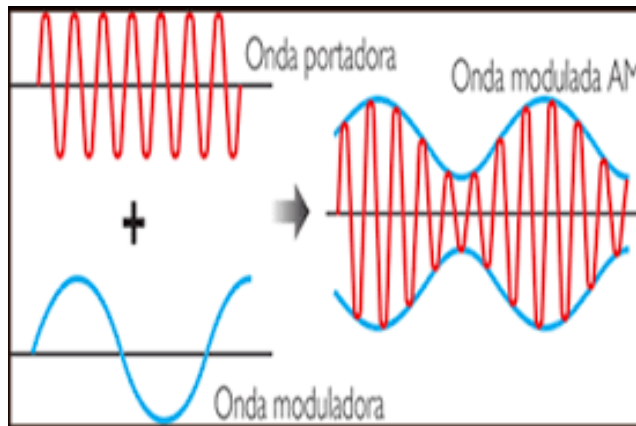
Es una onda eléctrica modificada en alguno de sus parámetros por la señal de información/señal moduladora (sonido, imagen o datos) y que se transporta por el canal de comunicaciones.

La modulación

Es el proceso de colocar la información contenida en una señal, generalmente de baja frecuencia, sobre una señal de alta frecuencia.

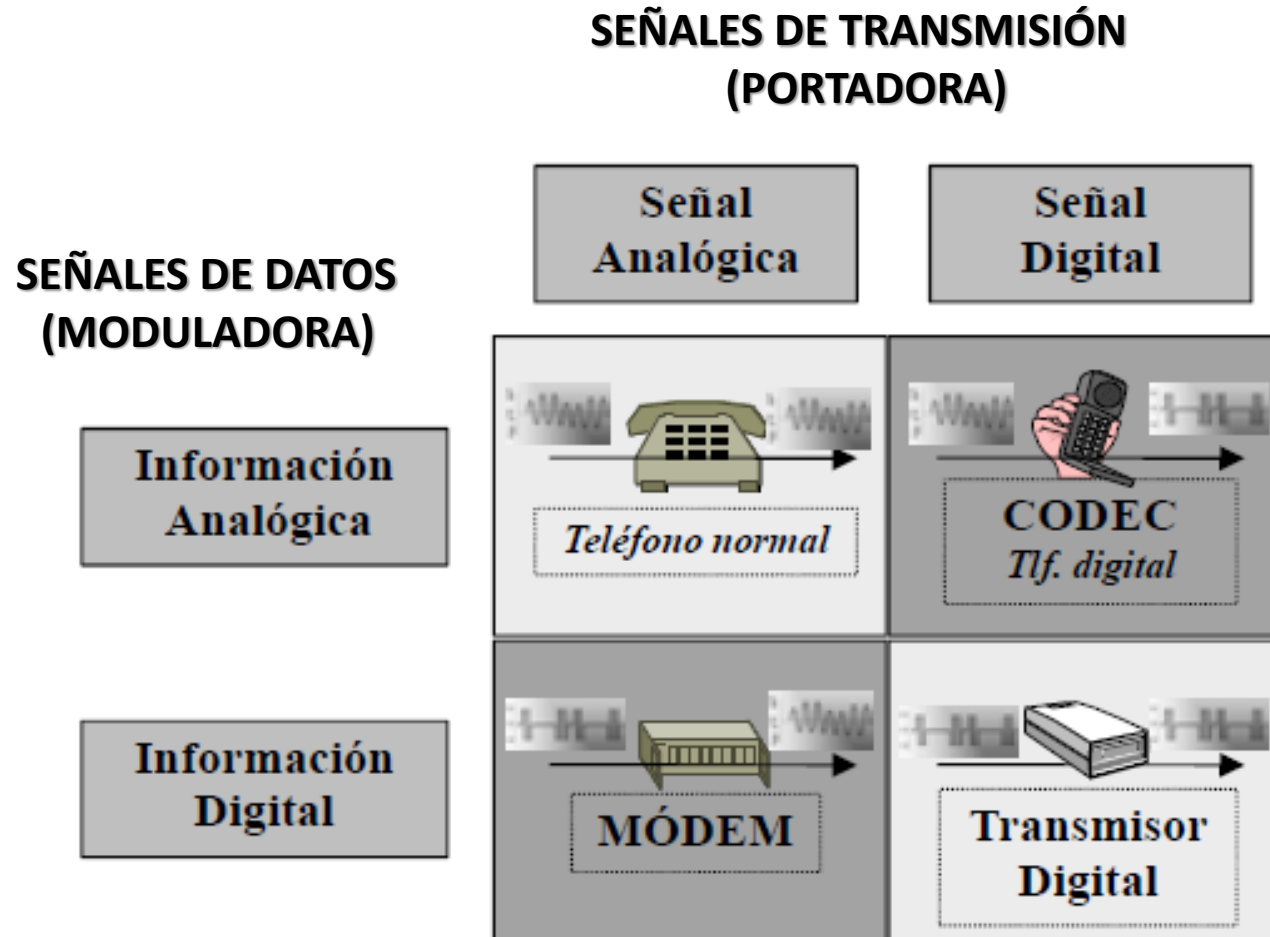
Debido a este proceso la señal de alta frecuencia denominada portadora, sufrirá la modificación de alguna de sus parámetros, siendo dicha modificación proporcional a la amplitud de la señal de baja frecuencia denominada moduladora.

A la señal resultante de este proceso se la denomina señal modulada y la misma es la señal que se transmite.



Señales de transmisión y señales de datos

Las señales de transmisión corresponden a la portadora, mientras que las señales de datos corresponden a la moduladora.



Señales de datos digitales y Señales de transmisión digitales:

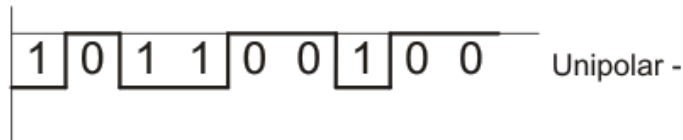
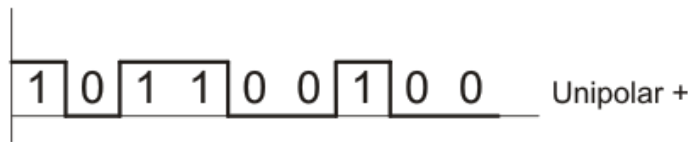
En este caso tanto la señal de datos como la señal de transmisión son digitales y se utilizan las mismas codificaciones que en la transmisión en banda base.

- No retorno a nivel cero (NRZ)
- Retorno a cero (RZ)
- Diferencial
- Manchester
- Manchester diferencial
- HDB3

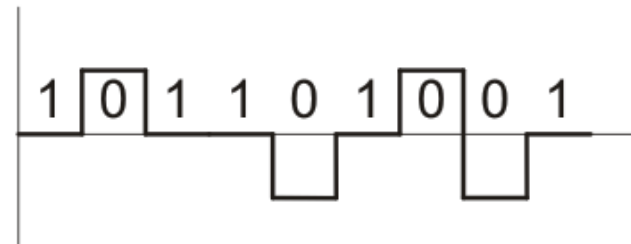
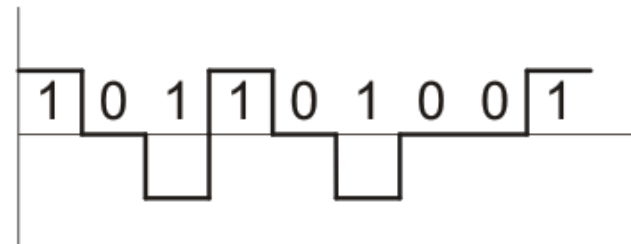
La forma más sencilla de codificar digitalmente datos digitales **es asignar un nivel de tensión al uno binario y otro nivel distinto para el cero.**

No retorno a nivel cero (NRZ)

Se pueden utilizar los códigos NonReturn to Zero Level (NRZ-L), de los cuales los más empleados son el unipolar y el bipolar.



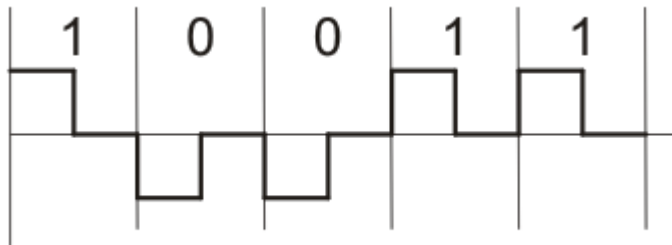
NRZ Unipolar



NRZ bipolar

Retorno a cero (RZ)

Se emplea el RZ (Retourn to Zero) polar. En este caso se tiene tensión positiva en una parte de la duración de un 1 lógico, y cero tensión durante el resto del tiempo. Para un 0 lógico se tiene tensión negativa parte del tiempo y el resto del tiempo del pulso la tensión es cero.



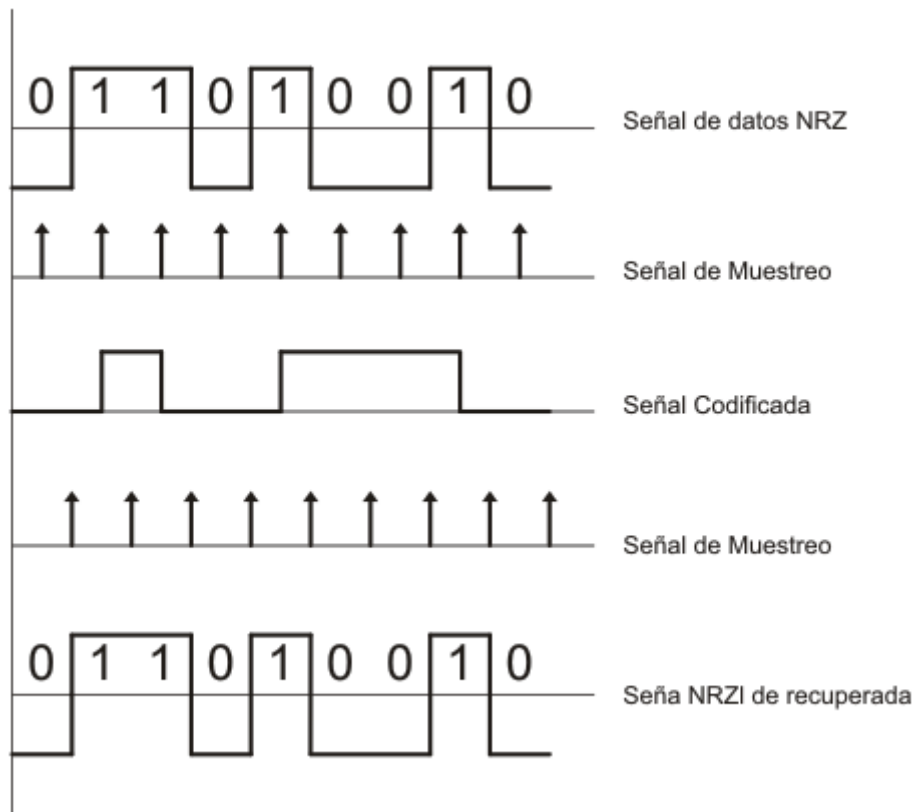
RZ Polar



RZ Bipolar

Diferencial

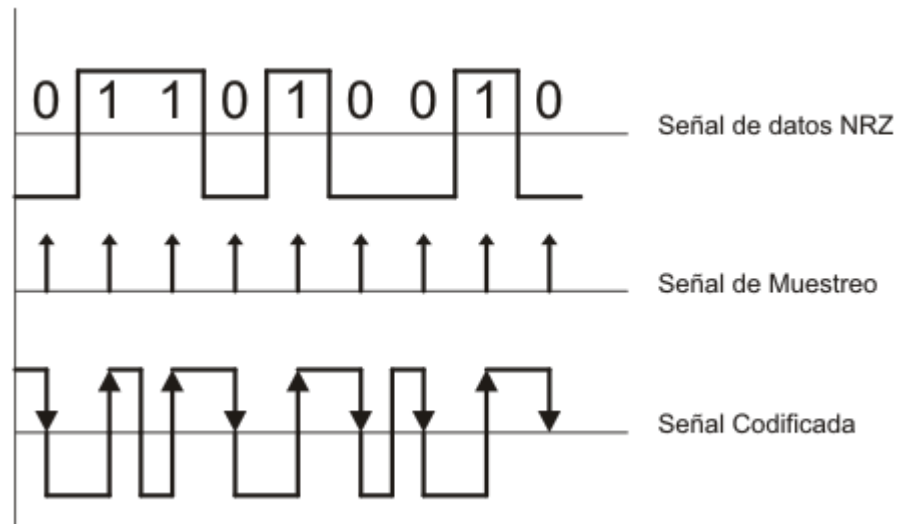
En el transmisor se debe muestrear una señal NRZ. En el instante del muestreo en que se detecta un 1 se produce una transición mientras que si es detectado un 0 no se produce ninguna transición.



Manchester

En este código siempre hay una transición en la mitad del intervalo de duración de los bits. Cada transición positiva representa un 1 y cada transición negativa representa un 0.

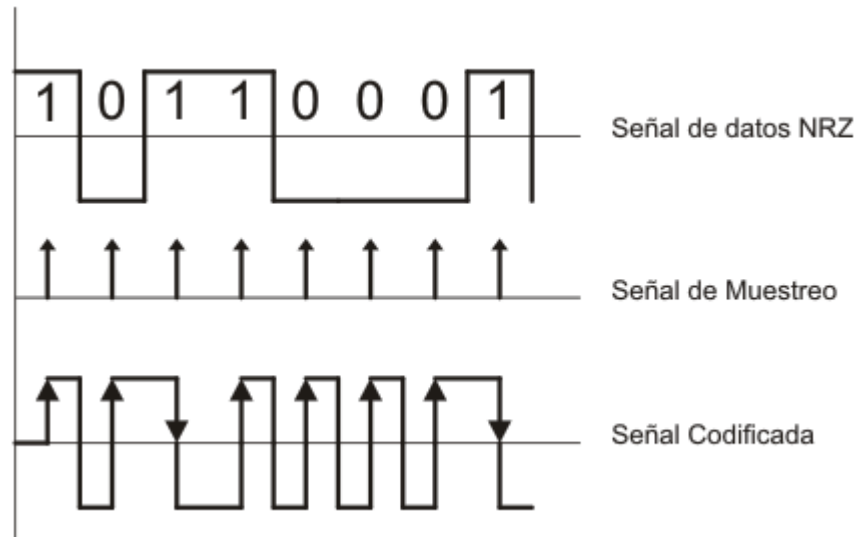
Cuando se tienen bits iguales y consecutivos se produce una transición en el inicio del segundo bit la cual no es tomada en cuenta en el receptor al momento de decodificar, solo las transiciones separadas uniformemente en el tiempo son las que son consideradas por el receptor.



Manchester diferencial

Durante la codificación todos los bits tienen una transición en la mitad del intervalo de duración de los mismos, pero solo los ceros tienen además una transición en el inicio del intervalo.

En la decodificación se detecta el estado de cada intervalo y se lo compara con el estado del intervalo anterior. Si ocurrió un cambio de la señal se decodifica un 1 en caso contrario se decodifica un 0.



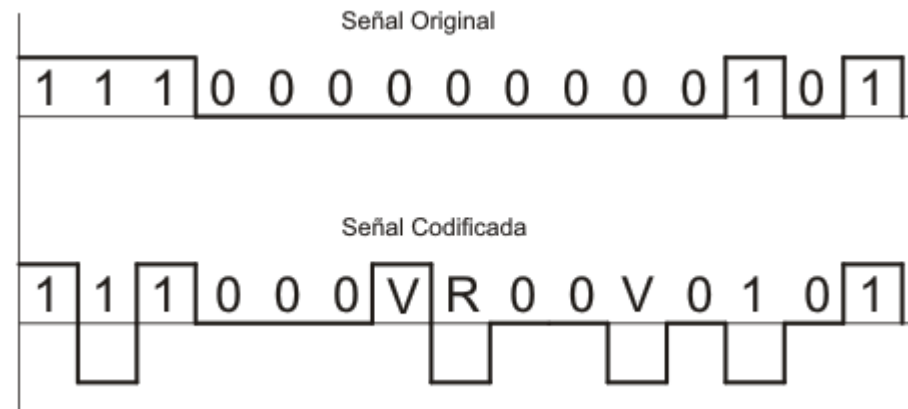
HDB3 -High Density Bipolar-3 Zeros

Este código establece que en las cadenas de 4 bits se reemplaza el cuarto 0 por un bit denominado bit de violación el cual tiene el valor de un 1 lógico.

En las siguientes violaciones, cadenas de cuatro ceros, se reemplaza por una nueva secuencia en la cual hay dos posibilidades

- 000V
- R00V

Donde V es el bit de violación y R es un bit denominado bit de relleno.



Señales de datos digitales y Señales de transmisión analógicas:

Los siguientes casos de técnicas de modulación o codificación dependen del parámetro de la señal portadora que es afectado.

- Modulación por desplazamiento de amplitud – ASK
- Modulación por desplazamiento de frecuencia – FSK
- Modulación por desplazamiento de fase – PSK



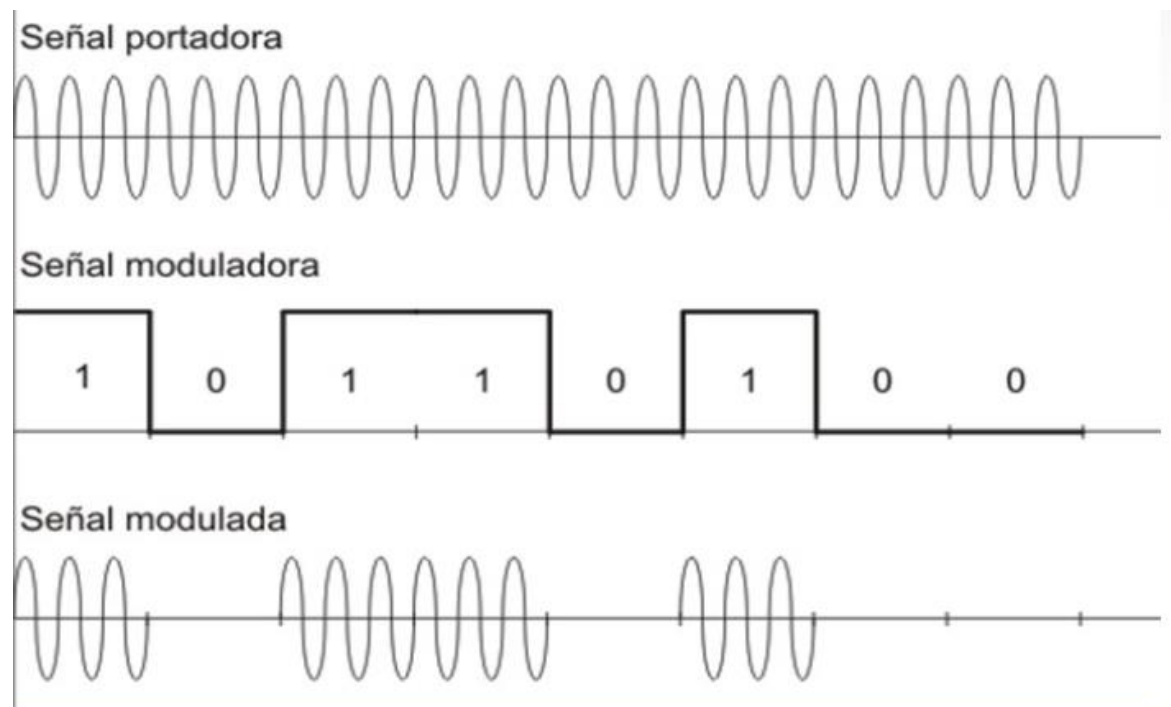
<https://www.textoscientificos.com/redes/modulacion/analogica-digital>

La situación más habitual para este tipo de comunicaciones es la transmisión de datos digitales a través de la red de telefonía pública.

Modulación por desplazamiento de amplitud – ASK (Amplitudes-shift keying)

Es una modulación de amplitud donde la señal moduladora (datos) es digital. Los dos valores binarios se representan con dos amplitudes diferentes y es usual que una de las dos amplitudes sea cero; es decir uno de los dígitos binarios se representa mediante la presencia de la portadora a amplitud constante, y el otro dígito se representa mediante la ausencia de la señal portadora.

$$v_m(t) = v_m(t) = \begin{cases} 1 & \text{para un "1" binario} \\ 0 & \text{para un "0" binario} \end{cases}$$

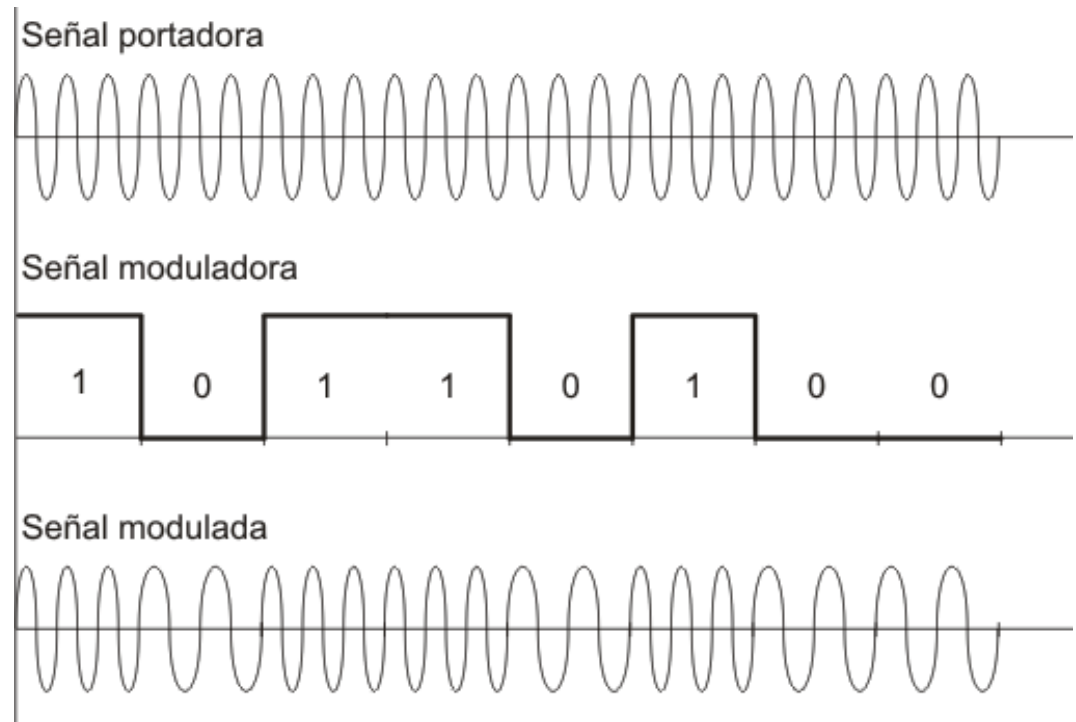


Modulación por desplazamiento de frecuencia – FSK (Frequency-shift keying)

Es una modulación de frecuencia donde la señal moduladora (datos) es digital. Los dos valores binarios se representan con dos frecuencias diferentes (f_1 y f_2) próximas a la frecuencia de la señal portadora.

Generalmente f_1 y f_2 corresponden a desplazamientos de igual magnitud pero en sentidos opuestos de la frecuencia de la señal portadora.

$$v(t) = \begin{cases} V_p \sin(2\pi f_1 t) & \text{para un "1" binario} \\ V_p \sin(2\pi f_2 t) & \text{para un "0" binario} \end{cases}$$



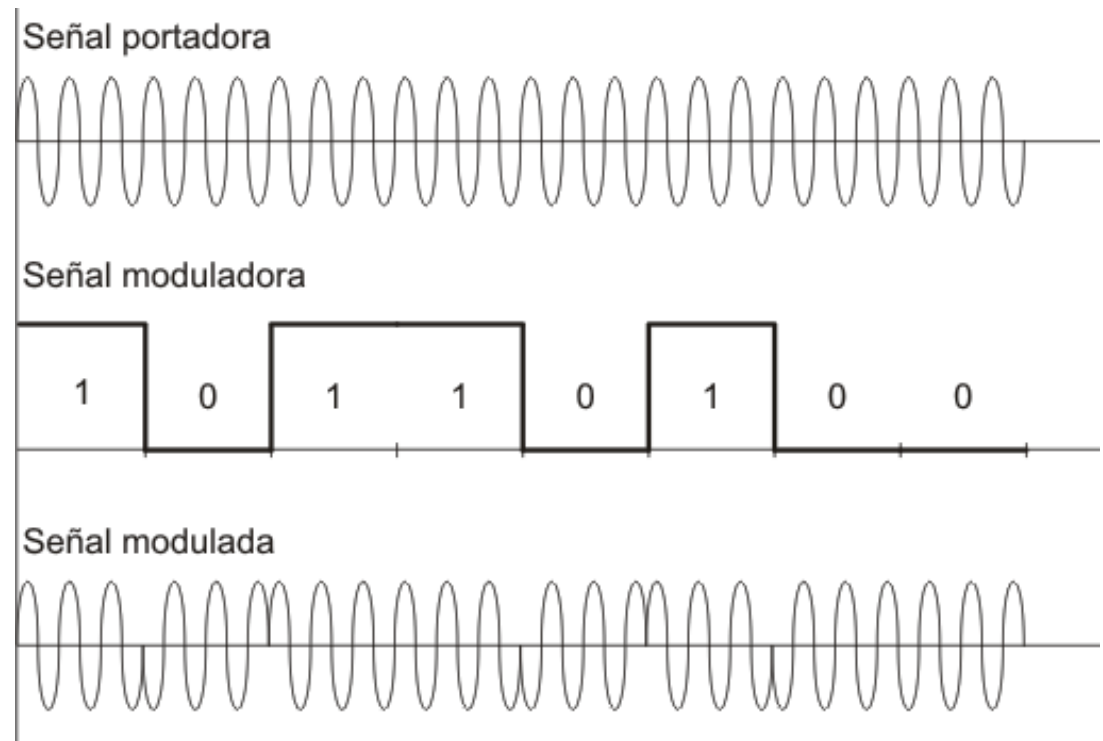
Modulación por desplazamiento de fase – PSK (Phase-shift keying)

Es una modulación de fase donde la señal moduladora (datos) es digital.

Existen dos alternativas de modulación PSK: PSK convencional, donde se tienen en cuenta los desplazamientos de fase y PSK diferencial, en la cual se consideran las transiciones.

En PSK el valor de la señal moduladora está dado por

$$v_m(t) = v_m(t) = \begin{cases} 1 & \text{para un "1" binario} \\ -1 & \text{para un "0" binario} \end{cases}$$



Señales de datos analógicos y Señales de transmisión digitales

Proceso denominado como la digitalización.

El dispositivo que se utiliza para la conversión de los datos analógicos en digitales y que, posteriormente, recupera los datos analógicos iniciales a partir de los digitales se denomina **codec (codificador- decodificador)**

- Modulación de pulsos codificados – PCM
- Modulación delta – DM

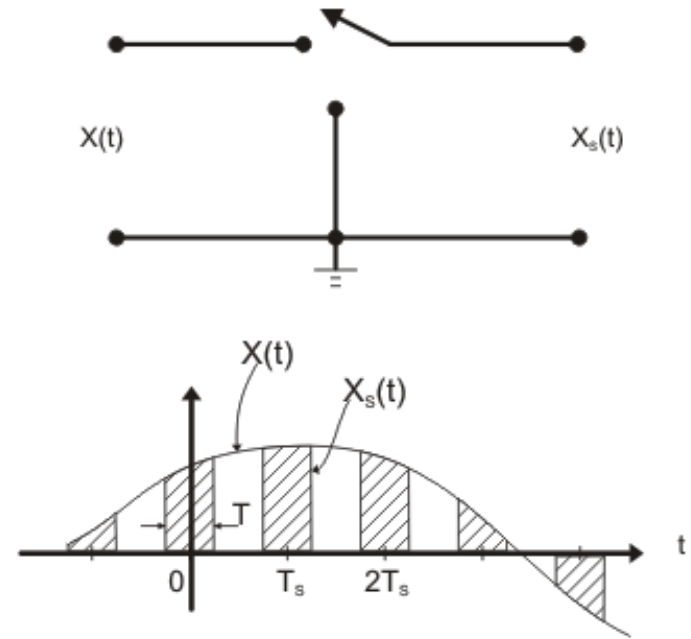
Señales de datos analógicos y Señales de transmisión digitales:

Modulaciones de pulsos

Consiste en tomar muestras de la señal moduladora de datos a intervalos regulares, de modo que el receptor, a través de dichas muestras pueda reconstruir la señal de datos original.

Muestreo

Una aproximación simple del muestreo, se consigue por medio de la operación de conmutación.



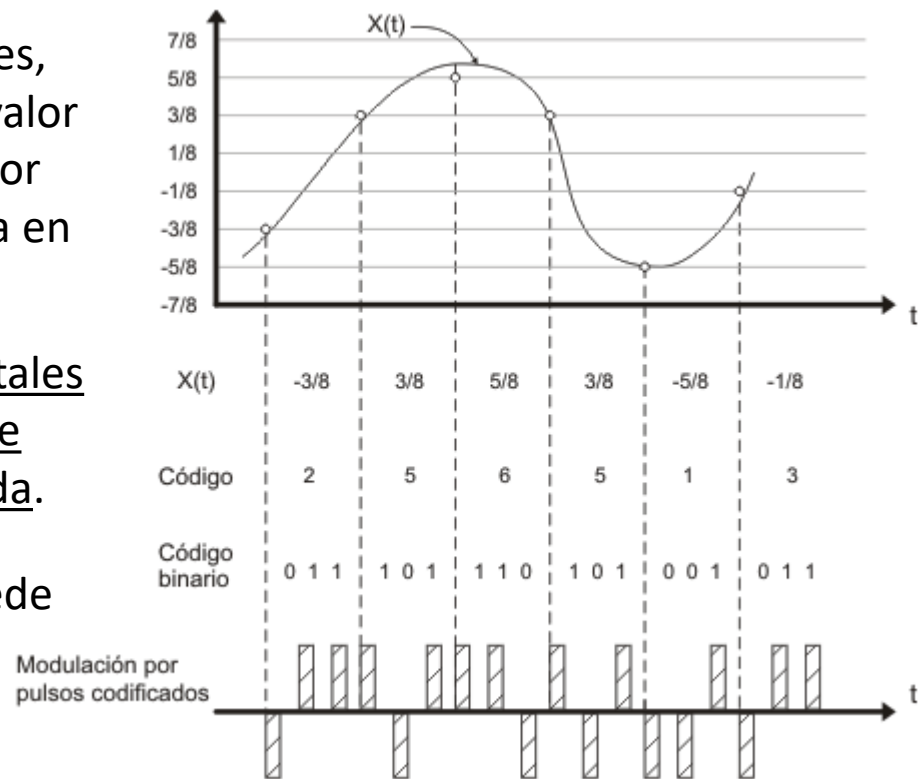
Modulación de pulsos codificados - PCM

Esta modulación es un esquema para transmitir una señal de datos analógica en una señal digital. Se debe realizar un muestreo de la señal, cuantificar la misma y codificarla.

La señal se muestrea a intervalos regulares, luego dichos valores se cuantifican a un valor discreto predeterminado más próximo; por último la señal muestreada y cuantificada en amplitud, es codificada.

El codificador convierte las muestras digitales en un código adecuado y de esta forma se genera la correspondiente señal modulada.

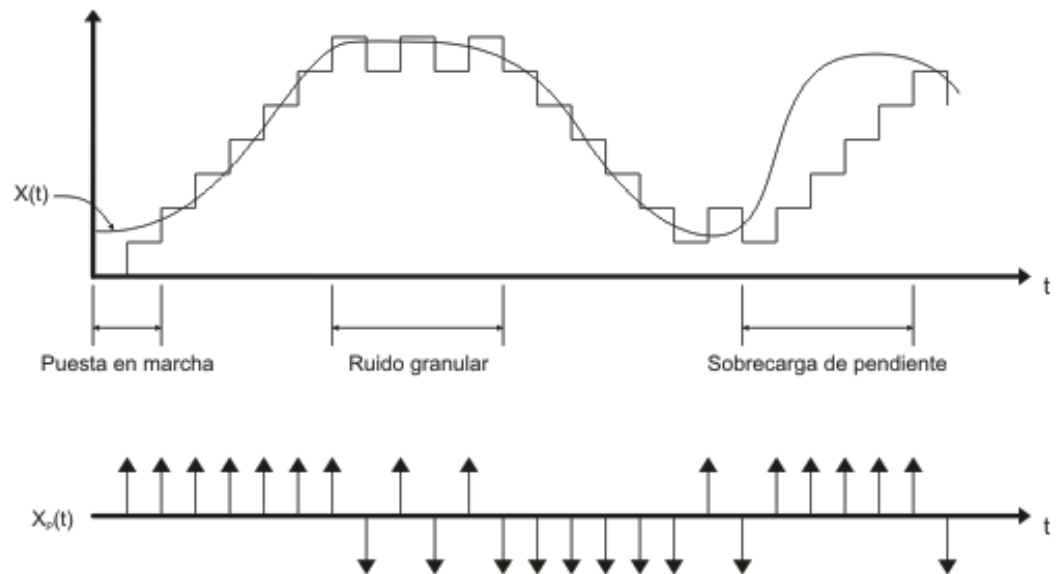
Posteriormente, la señal obtenida se puede transmitir en ASK, FSK, o PSK.



Modulación Delta

Es una modulación donde se convierte una señal analógica en una señal digital.

La modulación delta consiste en comparar la señal dada con una sucesión de pulsos de amplitud los cuales son crecientes mientras la amplitud de esta sucesión se encuentra por debajo de la amplitud de la señal dada y es decreciente cuando la amplitud de los pulsos de muestreo supera la amplitud de la señal.



<https://www.textoscientificos.com/redes/modulacion/delta>

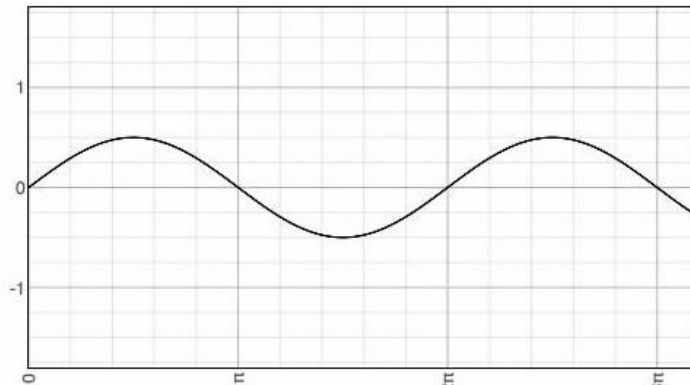
Señales de datos analógicos y Señales de transmisión analógicos

Las técnicas básicas son:

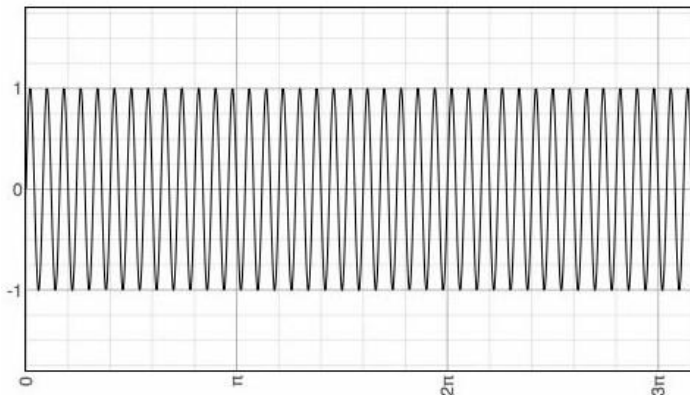
- Modulación de amplitud (AM)
- Modulación de frecuencia (FM)
- Modulación de fase (PM).

Modulación de amplitud (AM)

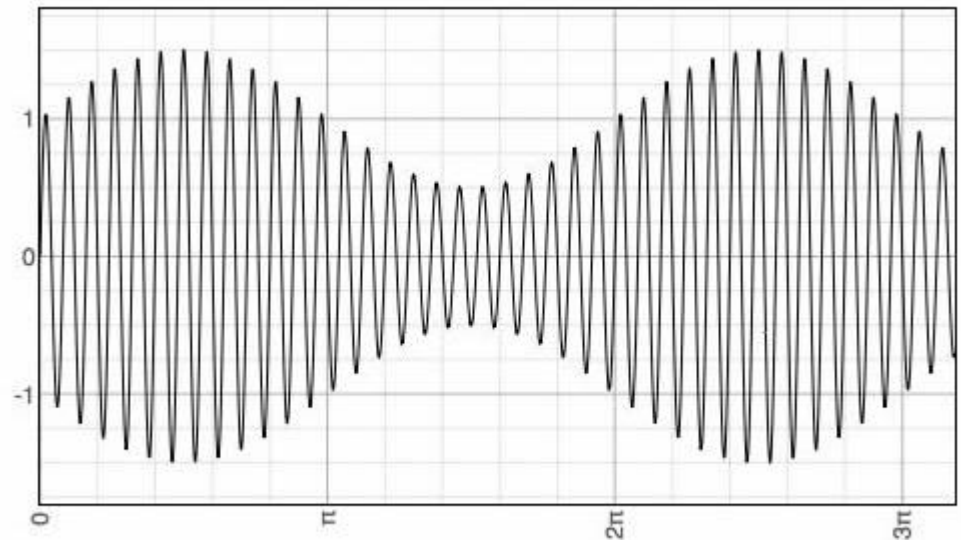
Un modulador AM es un dispositivo con dos señales de entrada, una señal portadora de amplitud y frecuencia constante, y la señal de información o moduladora. El parámetro de la señal portadora que es modificado por la señal moduladora es la amplitud.



Señal Moduladora (Datos)



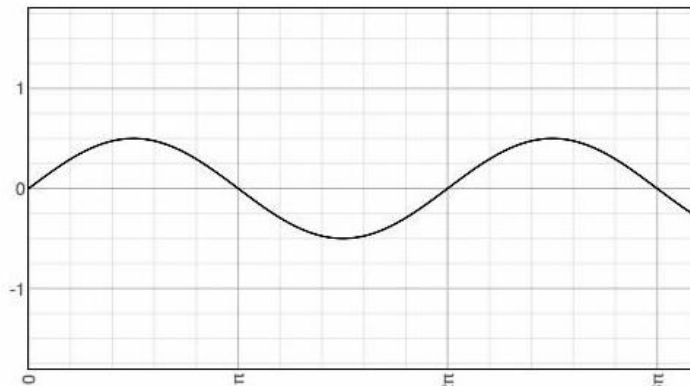
Señal Portadora



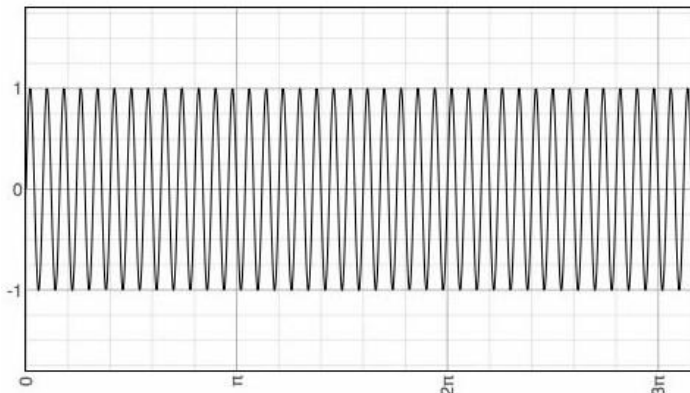
Señal Modulada

Modulación de frecuencia (FM)

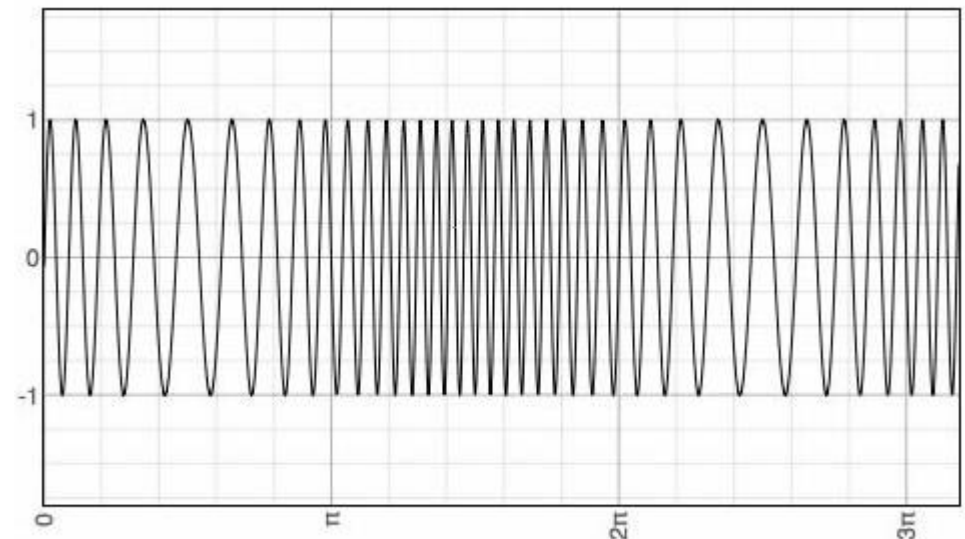
En este caso la señal modulada mantendrá fija su amplitud y el parámetro de la señal portadora que variará es la frecuencia, y lo hace de acuerdo a como varíe la amplitud de la señal moduladora.



Señal Moduladora (Datos)



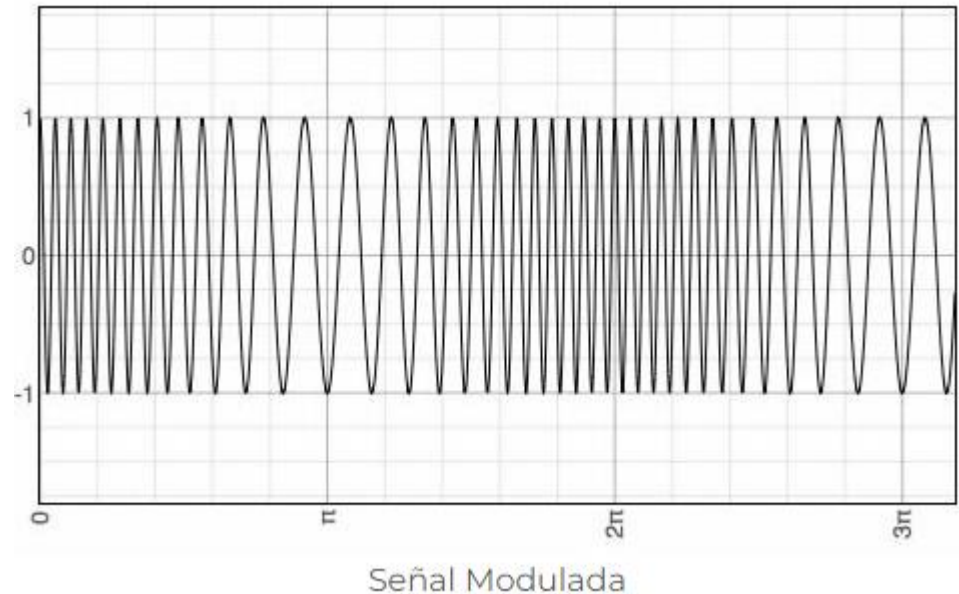
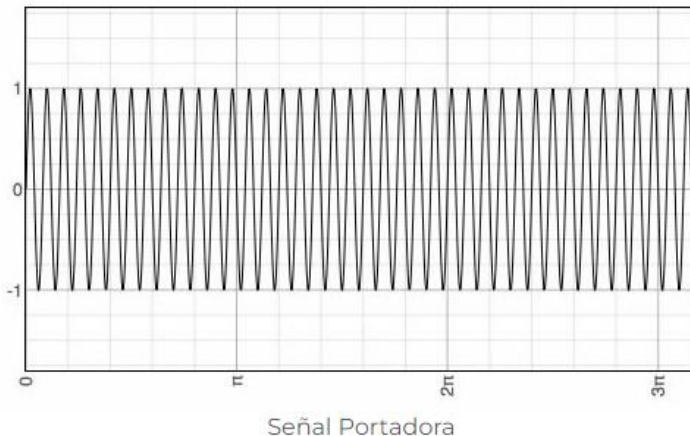
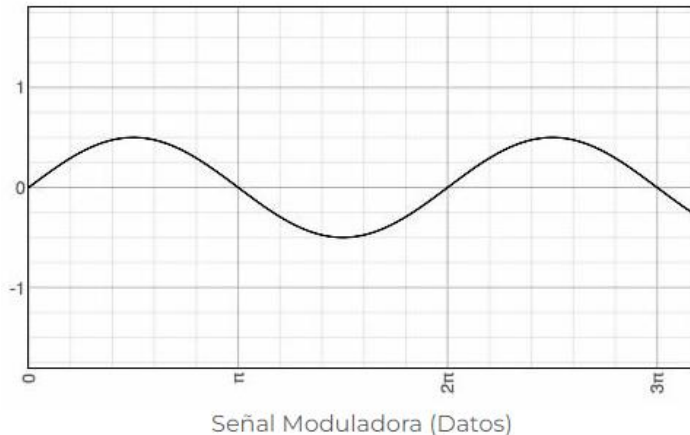
Señal Portadora



Señal Modulada

Modulación de fase (PM)

En este caso el parámetro de la señal portadora que variará de acuerdo a señal moduladora es la fase. La modulación de fase (PM) no es muy utilizada principalmente por que se requiere de equipos de recepción más complejos que en FM y puede presentar problemas de ambigüedad para determinar por ejemplo si una señal tiene una fase de 0° o 180° .



<https://www.textoscientificos.com/redes/modulacion/fase>