

# Señales y espectro

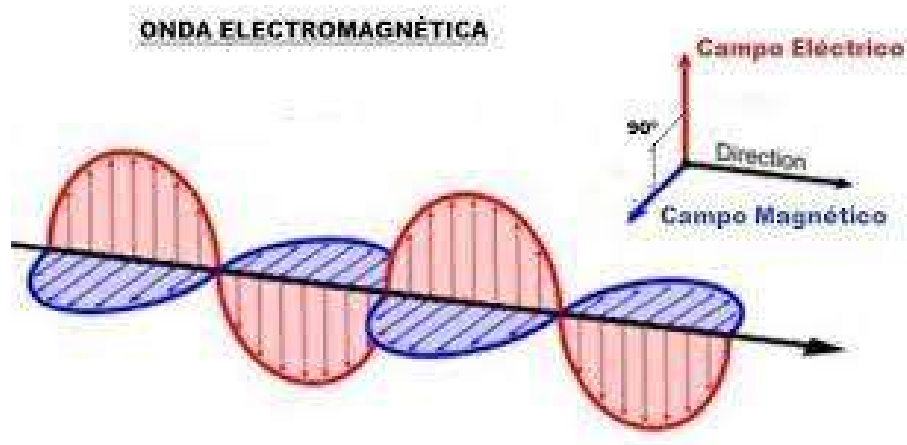
## Contenido

1. Concepto de señal y espectro .....	2
Diagrama del espectro electromagnético .....	3
Espectro electromagnético para las telecomunicaciones .....	4
Cuadro de Atribución de Bandas de Frecuencias de la República Argentina.....	4
Características de una señal electromagnética .....	5
Señal analógica .....	5
Señal digital .....	6
Señal periódica .....	6
Señal senoidal.....	6
Análisis de Fourier .....	7
Dominio de la frecuencia.....	8
Espectro y ancho de banda de una señal .....	9
Características de un canal .....	9
Capacidad de un canal .....	9
Características de un canal: .....	10
ANCHO DE BANDA DE NYQUIST .....	11

## 1. Concepto de señal y espectro

Se denomina **espectro electromagnético** a la distribución energética del conjunto de las ondas electromagnéticas.

Las **ondas electromagnéticas** que componen la **radiación electromagnética** pueden ser representadas como campos eléctricos y magnéticos autopropagados en forma de onda transversal. El diagrama muestra una onda plana linealmente polarizada que se propaga de izquierda a derecha. El campo eléctrico (rojo) está sobre el plano vertical y el campo magnético (azul) sobre el plano horizontal. Los campos eléctrico y magnético en este tipo de ondas siempre están en fase a  $90^\circ$  una respecto a la otra.

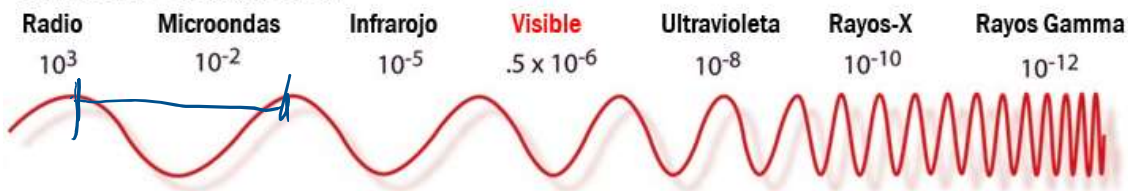


# El Espectro Electromagnético

¿Penetra la atmósfera terrestre?

SI		NO		SI		NO
----	--	----	--	----	--	----

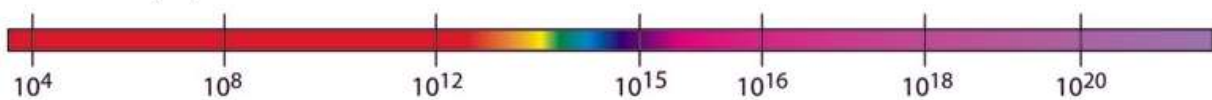
Longitud de onda (metros)



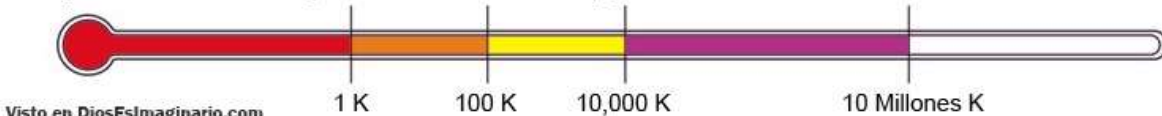
Del tamaño de...



Frecuencia (Hz)



Temperatura de los cuerpos emitiendo la onda (K)



Visto en DiosEslmaginario.com

Video resumen de espectro electromagnético.

Introducción a espectro electromagnético: <https://youtu.be/lwfJPc-rSXw>

Bandas y usos del espectro: <https://youtu.be/1JpwDaOHppA>

Radiación electromagnética: [https://youtu.be/FWCN\\_ul5yqY](https://youtu.be/FWCN_ul5yqY)

No todo el espectro electromagnético es de utilidad en un sistema de comunicaciones.

Solo es de interés aquellas bandas que pueden utilizarse para propagar información a través del medio.

# Espectro electromagnético para las telecomunicaciones

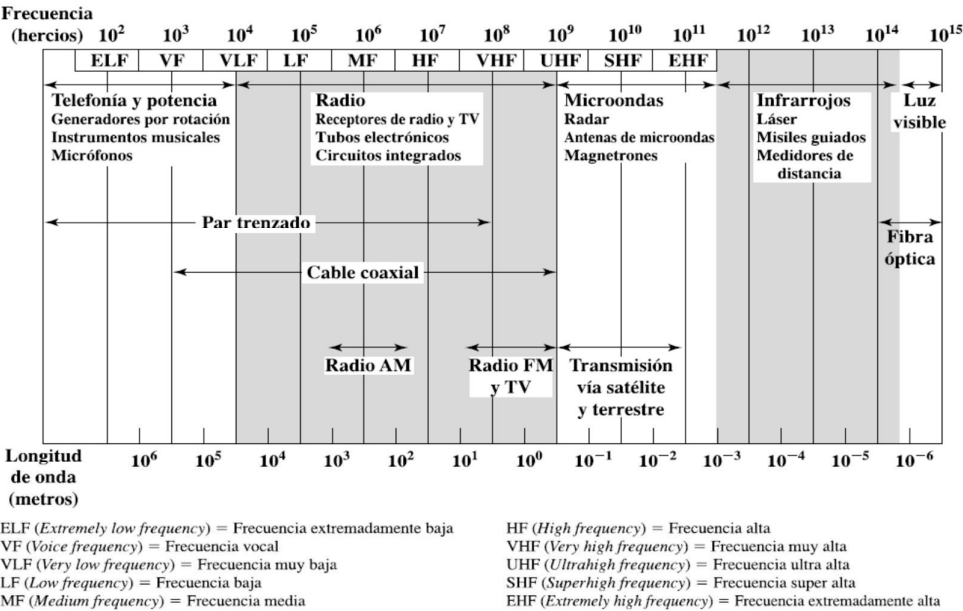


Figura 4.1. Espectro electromagnético para las telecomunicaciones.

Nota1: Las Frecuencias altas permiten transmitir mayor cantidad de información, sin embargo, tienen mayor atenuación

Nota2: Las Frecuencias bajas, al tener menor atenuación, logran mayor alcance de propagación.

Nota3: <https://www.enacom.gob.ar/-que-es-el-espectro-radioelectrico- p117>

## Cuadro de Atribución de Bandas de Frecuencias de la República Argentina

SERVICIO	FRECUENCIAS DE OPERACIÓN	POTENCIA IRRADIADA
<b>Radiodifusión de AM</b>	535 - 1705 kHz	Mín 100 W Máx 100 kW
<b>Radiodifusión de FM</b>	88 - 108 MHz	Mín 30 W Max 100 kW
<b>Radiodifusión de TV</b>	TV abierta <b>VHF bajo:</b> 54 - 72 MHz (canales 2-4) 76 - 88 MHz (c. 5-6) <b>VHF alto:</b> 174 - 216 MHz (c. 7-13) <b>UHF</b> (en gral. TV codificada, o sea no abierta)512 - 806 MHz (21-69)	<b>VHF:</b> Mín 5 kw en estación autónoma, 50 W en repetidora. Máx 30 kW en transmisor irradiado hasta 150 kW <b>UHF</b> (codificado, área reducida):aprox. 25 W

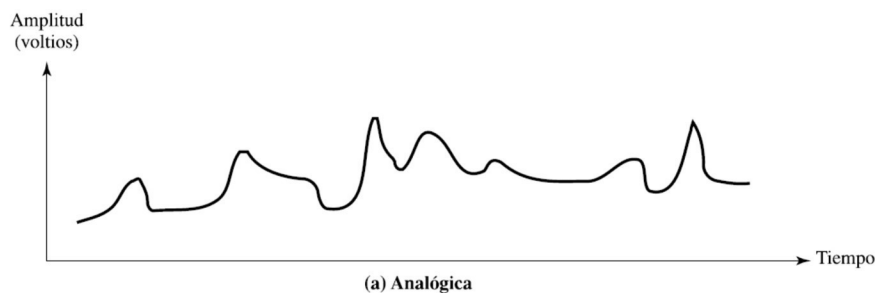
SERVICIO	FRECUENCIAS DE OPERACIÓN	POTENCIA IRRADIADA
<b>Telefonía celular</b>	<b>SRMC/STM:</b> 869 - 894 MHz (base) 824 - 849 MHz (móvil) <b>PCS:</b> 1850 - 1910 MHz (móvil) 1930 - 1990 MHz (base)	Celdas en zona muy urbanizada: Aprox. 20 W Zona rural: máx. 100 W
<b>HF</b>	Servicio fijo y móvil (en gral uso comercial): 2 - 30 MHz Radioaficionados: bandas en los rangos de 1,8 - 3,6 - 3,8 - 7 - 10 - 14 - 18 - 21 - 25 y 29 MHz	Se especifica potencia pico de envolvente (la potencia media está unos 10 dB por debajo) Uso comercial: máx 160 W Radioafición: máximo 1,5 kW
<b>VHF y UHF</b>	[MHz] 30 - 50 138 - 174 242 - 280 340 - 399 421 - 426 443 - 490	Handies 6 W Móvil 40 W Base 60 W Estos son valores típicos
<b>Móvil Marítimo</b>	<b>Rangos HF:</b> 4, 6, 8, 12, 16, 18, 22, 25 MHz <b>Rangos VHF:</b> 156, 0 - 157,5 / 160,5 - 162 MHz	<b>HF:</b> aprox. 150 W pico de envolvente <b>VHF:</b> 25 W
<b>Móvil Aeronáutico</b>	<b>HF (AM):</b> entre 2 y 30 MHz <b>VHF:</b> 108 - 118 MHz radionavegación (ILS, VOR) 118 - 136 MHz comunicaciones móvil - tierra	<b>HF:</b> hasta 400 W PEP (media 100 W) <b>VHF:</b> 20 W

### Características de una señal electromagnética.

Toda señal electromagnética, considerada como función del tiempo, puede ser tanto analógica como digital.

#### Señal analógica

Una **señal analógica** es aquella en la que la intensidad de la señal varía suavemente en el tiempo. Es decir, no presenta saltos o discontinuidades



## Señal digital

Una **señal digital** es aquella en la que la intensidad se mantiene constante durante un determinado intervalo de tiempo, tras el cual la señal cambia a otro valor constante.

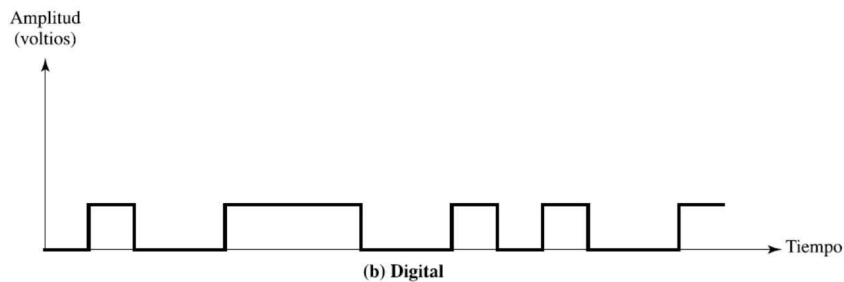


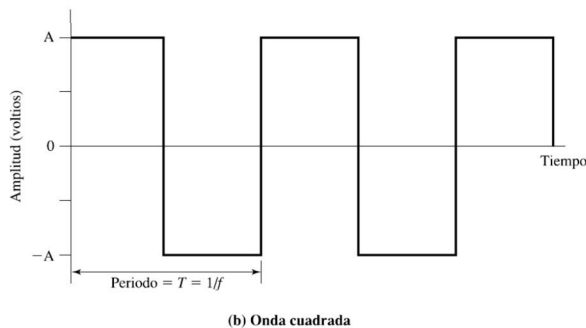
Figura 3.1. Señal analógica y señal digital.

## Señal periódica

Las **señales periódicas** se caracterizan por contener un patrón que se repite a lo largo del tiempo, mientras que las señales no periódicas no presentan un patrón que se repita en el tiempo.

Puede definirse, entonces que toda señal es periódica si se comprueba que el valor de la señal en un instante  $t$  es igual a otro instante  $t+T$ , donde  $T$  es el período en el cual se repite el valor de la señal.

$$s(t + T) = s(t) \quad -\infty < t < +\infty$$



## Señal senoidal

La señal senoidal, es una señal analógica periódica que se caracteriza por tres factores:

**Periodo:** es el tiempo transcurrido entre dos repeticiones consecutivas de la señal ( $T$ ). La unidad de medida es el segundo. [seg]

**Frecuencia:** Cantidad de ciclos que se repiten en un segundo o también Inversa del período  $1/T$  donde  $T$  es el período. La unidad de medida es el [Hz]

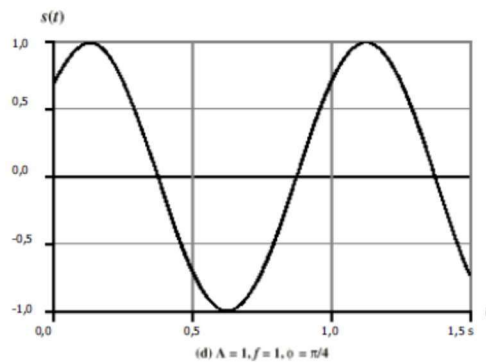
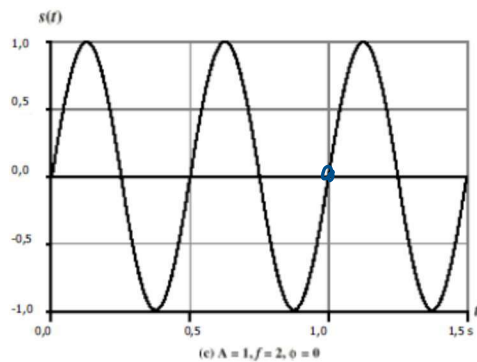
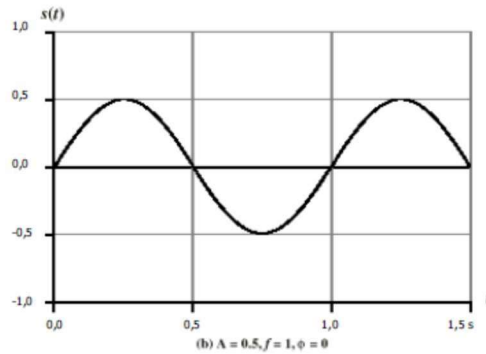
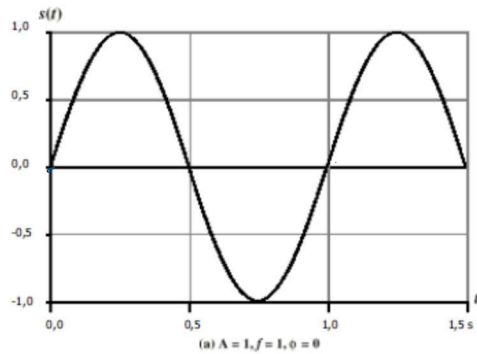
**Amplitud:** Valor máximo de la señal Generalmente medido en [volts]

**Fase** = es la fracción de la onda que avanza respecto a un origen determinado.

**Longitud de onda:** distancia entre dos puntos de igual fase en dos ciclos consecutivos. [ $\lambda$ ]

## Definición de una señal senoidal

$$s(t) = A \sin(2\pi f t + \phi)$$



La longitud de onda  $[\lambda]$  se relaciona con el periodo  $[T]$  por la siguiente expresión:  $\lambda = v \cdot T$

Donde  $v$ =Velocidad de propagación  $v=3 \times 10^8$  m/s (velocidad de la luz) y  $T$  es el periodo.

Intercambiando  $T$  por  $f$ ,  $\lambda = v/f$

Características de una señal: <https://youtube.com/watch?v=WOTeFceleM8>

## Análisis de Fourier

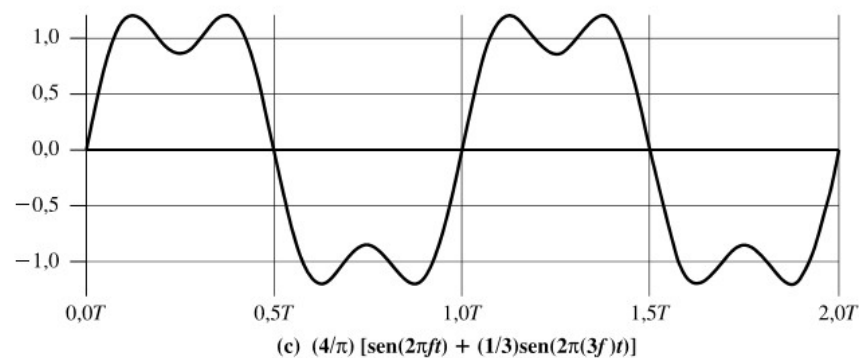
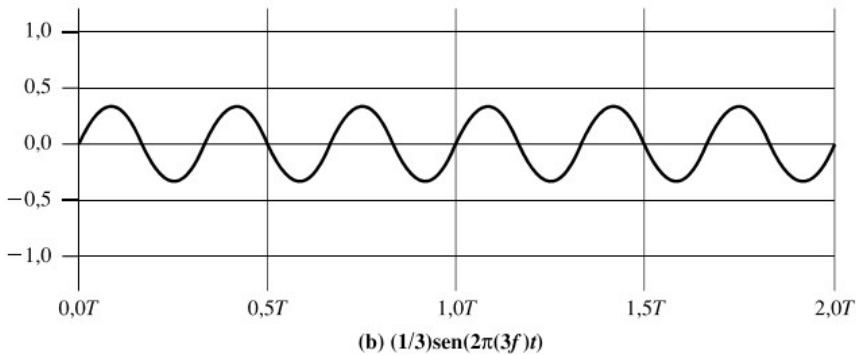
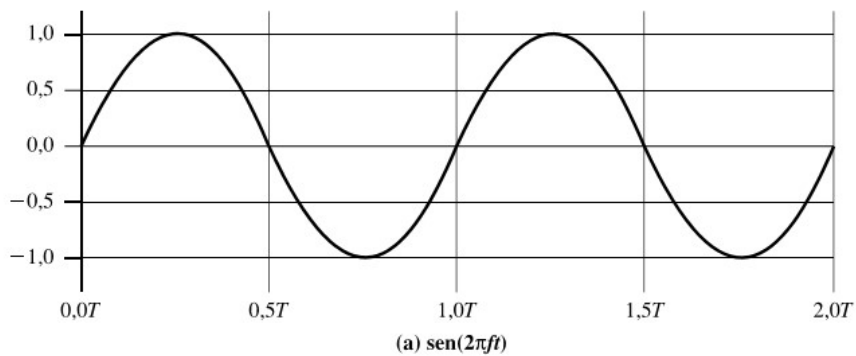
Sumando un número suficiente de señales sinusoidales, cada una con su correspondiente amplitud, frecuencia y fase, se puede construir cualquier señal electromagnética.

$$x(t) = \frac{A_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cos(2\pi n f_0 t) + B_n \sin(2\pi n f_0 t)$$

$f_0$  es la **frecuencia fundamental**

$n f_0$  (múltiplos de  $f_0$ ) se les denomina **armónicas**

Si  $A_0 > 0$  la señal tiene una componente de **continua** o dc



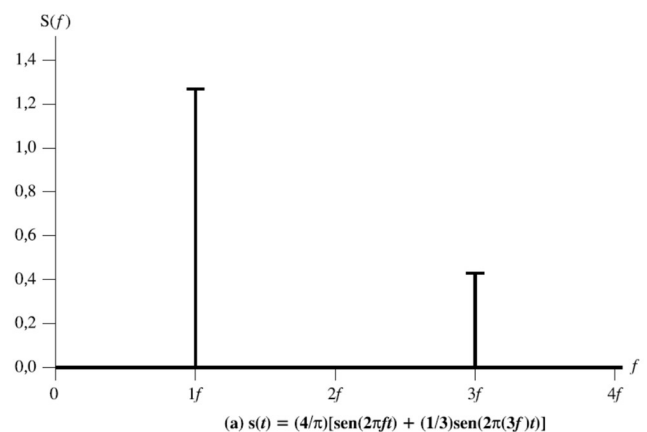
### Dominio de la frecuencia.

En base al análisis de Fourier, una señal generalmente esta compuesta por componentes sinusoidales

Esta señal se puede representar en el dominio de la frecuencia considerando la amplitud y la frecuencia de las componentes.

Frecuencia Fundamental, es la frecuencia base de la que todas las frecuencias de las componentes son múltiplo.

Armónica, son las frecuencias múltiplo de la fundamental





## Espectro y ancho de banda de una señal

- Se define el **espectro** de una señal como el conjunto de frecuencias que la constituyen.
- Se define el **ancho de banda absoluto** de una señal como la anchura del espectro. Es decir, la frecuencia mayor menos la frecuencia menor de la señal. Muchas señales tienen un ancho de banda infinito.
- Se define **ancho de banda efectivo**, a la porción del espectro que concentra la mayor parte de la energía de la señal.
- Se define componente de **continua** a la señal de frecuencia cero

## Características de un canal

Se define como canal al medio que permita transmitir datos/señal entre dos puntos.

La transmisión de datos entre un emisor y un receptor siempre se realiza a través de un medio de transmisión.

Los medios de transmisión se pueden clasificar como **guiados** (por ejemplo, en pares trenzados, en cables coaxiales y en fibras ópticas) en los caules las ondas se transmiten confinándolas a lo largo de un camino físico y como **no guiados** (también denominados inalámbricos) que proporcionan un medio para transmitir las ondas electromagnéticas sin confinarlas, como por ejemplo en la propagación a través del aire, el mar o el vacío)

En ambos casos, la comunicación se realiza mediante la propagación de ondas electromagnéticas.

El canal puede permitir comunicaciones:

- Simplex: cuando la señal solo se propaga en una sola dirección. Ej Radio, TV
- Half-duplex: Ambas estaciones pueden transmitir, pero no simultáneamente. Ej, Trunking, Handies, Radio policial.
- Full.duplex: Ambas estaciones pueden transmitir simultáneamente: Ej Telefonía.

## Capacidad de un canal

Se **denomina capacidad del canal** a la velocidad máxima a la que se pueden transmitir los datos en un canal, o ruta de comunicación de datos, bajo unas condiciones dadas.

Cuanto mayor es el ancho de banda de un sistema de transmisión, mayor es la velocidad con la que se pueden transmitir los datos en el sistema.

Ej: Si consideramos que el ancho de banda de una señal está centrado sobre una frecuencia dada, denominada **frecuencia central**, cuanto mayor sea dicha frecuencia central, mayor es el ancho de banda potencial y, por tanto, mayor puede ser la velocidad de transmisión. Por ejemplo, para una señal centrada en torno a 2 MHz, su ancho de banda máximo es de 4 MHz.

## Características de un canal:

- **Velocidad de transmisión de los datos:** Velocidad a la que se pueden transmitir los datos. Se expresa en bits por segundo (bps),
- **El ancho de banda:** Ancho de banda de la señal transmitida; éste estará limitado por el transmisor y por la naturaleza del medio de transmisión; se mide en hercios.
- **Perturbaciones en la transmisión:** Es cuando la señal recibida difiere de la señal enviada. En señales analógicas se percibe como degradación en la calidad de la señal, en señales digitales se perciben bits erróneos. Las perturbaciones ocurren en cualquier circuito, componente o sistema electrónico causado por una fuente de radiación electromagnética externa o interna.
  - **La tasa de errores:** tasa a la que ocurren los errores. Se considera que ha habido un error cuando se recibe un 1 habiendo transmitido un 0, o se recibe un 0 habiendo transmitido un 1.
- Clasificación de perturbaciones:
  - **Atenuación:** La señal pierde intensidad al propagarse, es directamente proporcional a la distancia y a la frecuencia. Se expresa generalmente como un número constante en decibelios por unidad de longitud.
    - En medios **guiados**, esta reducción de la energía es **exponencial**.
    - En medios **no guiados**, la atenuación es una función más compleja de la distancia y es dependiente de las condiciones atmosféricas. Se simplifica asumiendo que la señal atenúa con el **cuadrado** de la distancia.
  - **Ruido:** Señales no deseadas que se suman entre el Transmisor y el Receptor. El ruido es el factor de mayor importancia de entre los que limitan las prestaciones de un sistema de comunicación.
    - **Ruido Térmico:** Generado por la agitación de los electrones, también llamado como ruido blanco.
    - **Intermodulación:** Señales generadas por suma o diferencia de las señales originales que comparten un canal.
    - **Diafonía:** Acoplamiento de las señales por cercanía de las líneas que las transportan.
    - **Impulsivo:** Perturbaciones electromagnéticas externas, se caracterizan por ser de gran amplitud y corta duración.

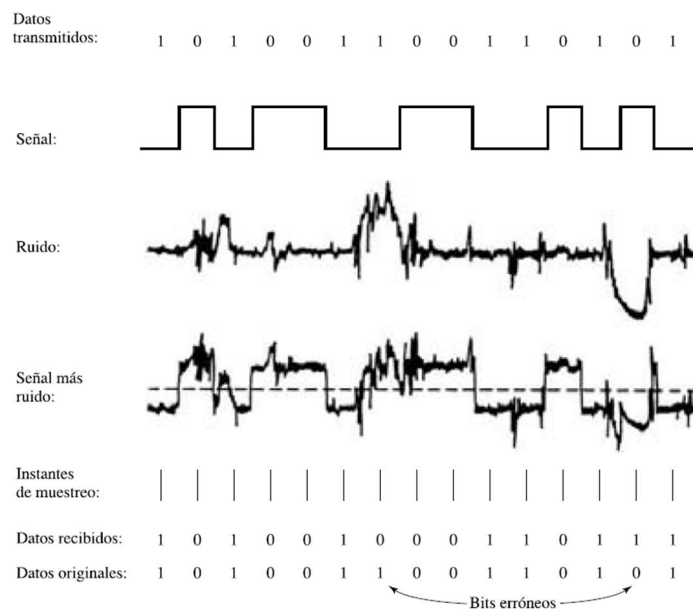


Figura 3.16. Efecto del ruido en una señal digital.

#### ANCHO DE BANDA DE NYQUIST

En condiciones ideales, sin ruido, dado un ancho de banda  $B$ , la mayor velocidad de transmisión de la señal que se puede lograr es  $2B$ .

Supóngase un ancho de banda de 3100 Hz. Entonces, la capacidad  $C$  del canal es  $2B = 6.200$  bps.

Para modulación multinivel la ecuación de Nyquist es  $C=2B \log_2 M$