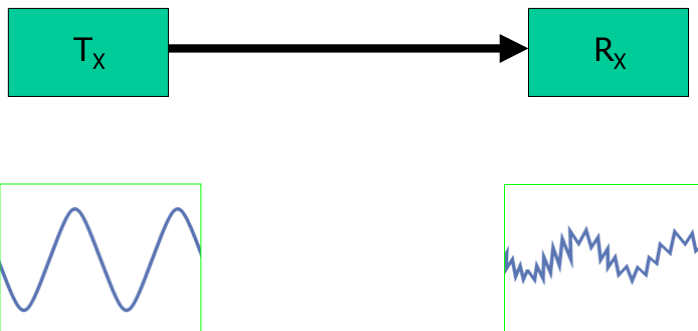
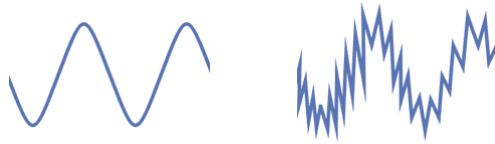


ALTERACIONES EN LAS TRANSMISIONES

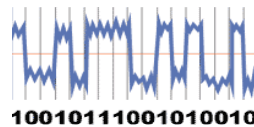
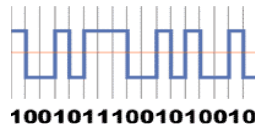
En todo sistema de comunicaciones real
la señal que se recibe en el receptor no
es la misma que emitió el transmisor.





Señal analógica: degradación de la calidad de la señal

Señal digital: se producen bits erróneos



Alteraciones más importantes:

- Atenuación
- Desvanecimiento
- Distorsión armónica
- Ruido
 - Térmico
 - Electromagnético
 - Natural
 - Atmosférico
 - Espacial
 - ✓ Solar
 - ✓ Cósmico
 - Artificial
 - Impulsivo
 - De rebotes en los cables
 - Por diferencia de tensión en las tomas de tierra
 - De intermodulación
 - De cuantización

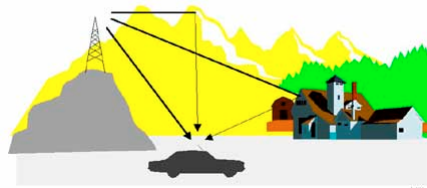
Atenuación



- La energía de la señal disminuye con la distancia
- Medios guiados: disminución logarítmica con la distancia, por ello es una dependencia lineal si se expresa en decibelios (dB/Km)
- Medios no guiados:
$$L(\text{pérdida}) = 10 \log (4\pi d/\lambda)^2 \text{ (dB)}$$
 - Repetidores más separados que en los medios guiados
 - Crece con la frecuencia (menor atenuación en digital)

Desvanecimiento (fading)

PROPAGACION POR TRAYECTOS MULTIPLES



- En las transmisiones de radio, la señal desaparece de forma transitoria
- Generalmente se restablece en el Rx con un control automático de ganancia, a menos que la relación sea tan pequeña que no se pueda restablecer la señal
- Es causada por condiciones atmosféricas

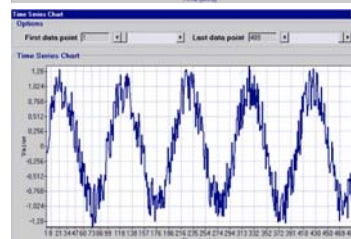
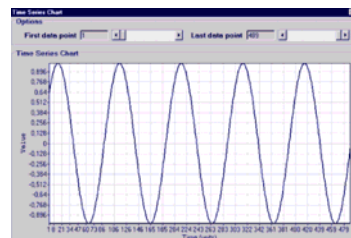
Distorsión armónica debido a diferente retardo

- Se da en los medios guiados
- La velocidad de propagación varía con la frecuencia
- Por ello, cada componente espectral llegará en instantes de tiempo diferentes
- Especialmente crítica en transmisiones digitales
- Esto limita la velocidad de transmisión máxima en un canal de transmisión

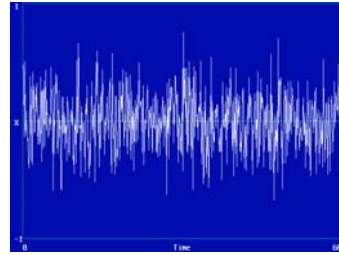
Ruido

Señales no deseadas que se insertarán a la señal transmitida a lo largo de todo el proceso de transmisión

Es el factor de mayor importancia, junto con la atenuación, a la hora de limitar las prestaciones de un sistema de comunicaciones



Ruido térmico



- Se debe al calor, a la agitación térmica de los electrones presentes en la materia
- Aparece en todos los dispositivos electrónicos y medios de transmisión
- Es función de la temperatura: $N_0 = k \cdot T$ (W/Hz)
 $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ J/°K (cte. de Boltzmann)
T = temperatura en °K
Densidad de potencia por hercio

Ruido térmico

- Para un ancho de banda B: $N = k \cdot T \cdot B$
- Cociente E_b / N_0 (Trans. Digital)
 - Energía de la señal por bit $E_b = S T_b$
 - $E_b / N_0 = S T_b / kT = S / (V_{bps} k T)$
 - Si E_b / N_0 aumenta la tasa de error disminuye
- Si V_{bps} se duplicase el ruido afectaría al doble de bits
- Se puede expresar en dB

Ruido electromagnético

- Natural
 - Atmosférico
 - Espacial
 - Solar
 - Cósmico
- Artificial
 - Impulsivo

Ruido atmosférico



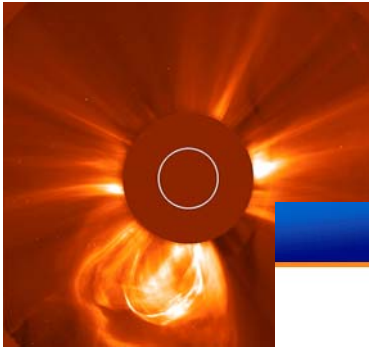
- Está producido por perturbaciones eléctricas en la atmósfera terrestre.
- El rayo es la fuente más visible de este tipo de ruido
- Estas ondas parásitas se propagan igual que las ondas de radio y se pueden producir en cualquier parte de la Tierra
- Este ruido es importante hasta los 20 KHz aprox. Y en las transmisiones de televisión (500 MHz)



Ruido espacial

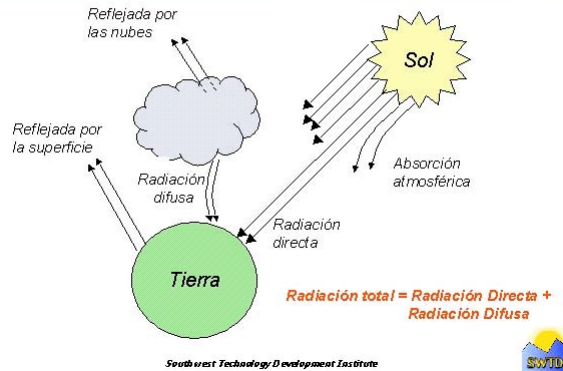
- Está producido por perturbaciones eléctricas
provenientes del espacio

- Ruido Solar
- Ruido Cósmico



Ruido solar: dos componentes, una constante y otra esporádica debida a las manchas solares (periodo de 11 años)

La Radiación Solar



3

Ruido cósmico: rayos cósmicos

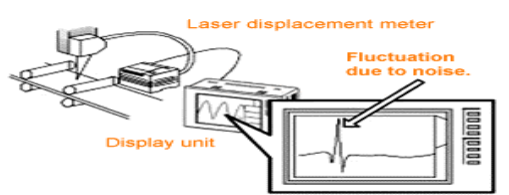
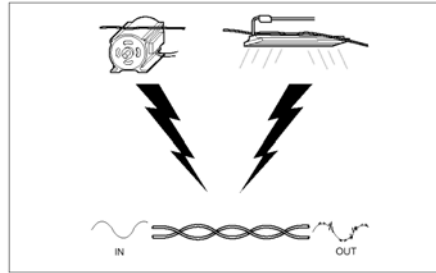


- Nuestro planeta recibe constantemente una lluvia de partículas cargadas. Cada segundo 1000 partículas por metro cuadrado golpean las capas más exteriores de la atmósfera terrestre.
- Este flujo de partículas (llamado rayos cósmicos), proveniente en su mayoría de nuestra Galaxia, consisten en un 90% de protones, 9% partículas alfa y el resto son núcleos más pesados que el hidrógeno.

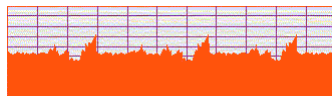
- Los rayos cósmicos primarios que golpean las capas más externas de la atmósfera, sufren colisiones con los núcleos que allí se encuentran.
- De estas colisiones resultan lluvias de nuevas partículas elementales de todo tipo (como electrones, positrones, mesones pi, muones, etc) que eventualmente llegan a la superficie.
- Estos chubascos de rayos cósmicos secundarios pueden alcanzar una extensión de varios kilómetros cuadrados.

Ruido artificial

- Está producido por perturbaciones eléctricas debidas al hombre



Ruido artificial

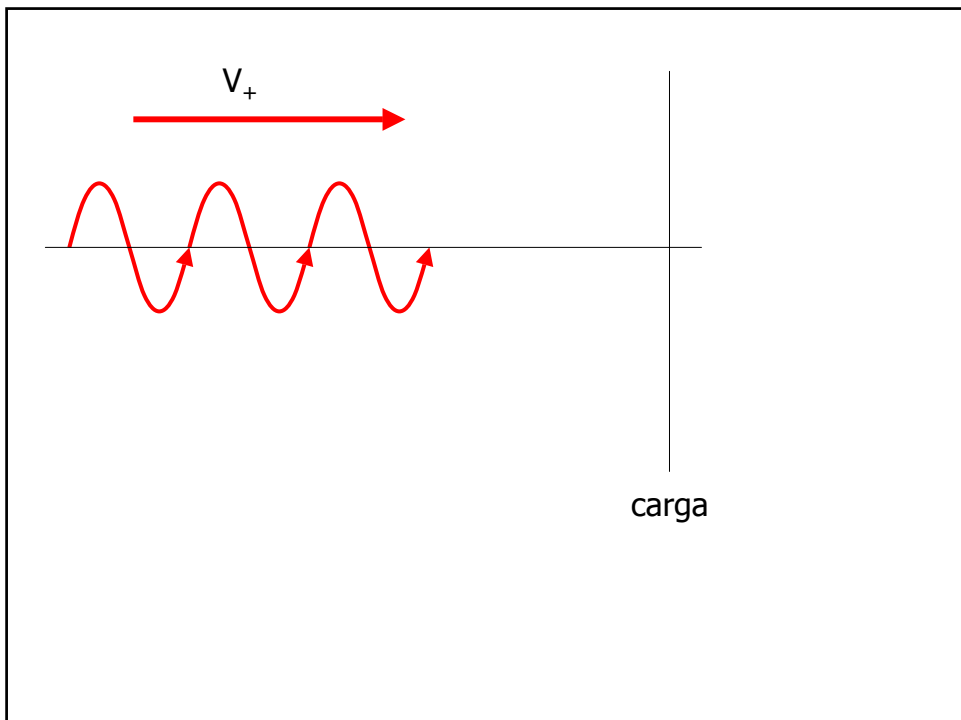
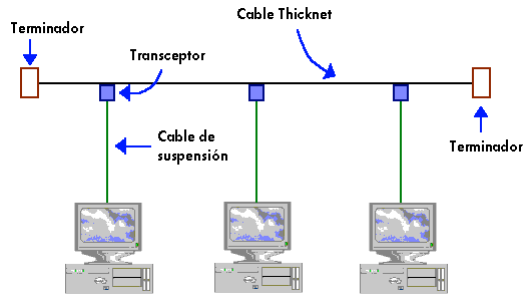


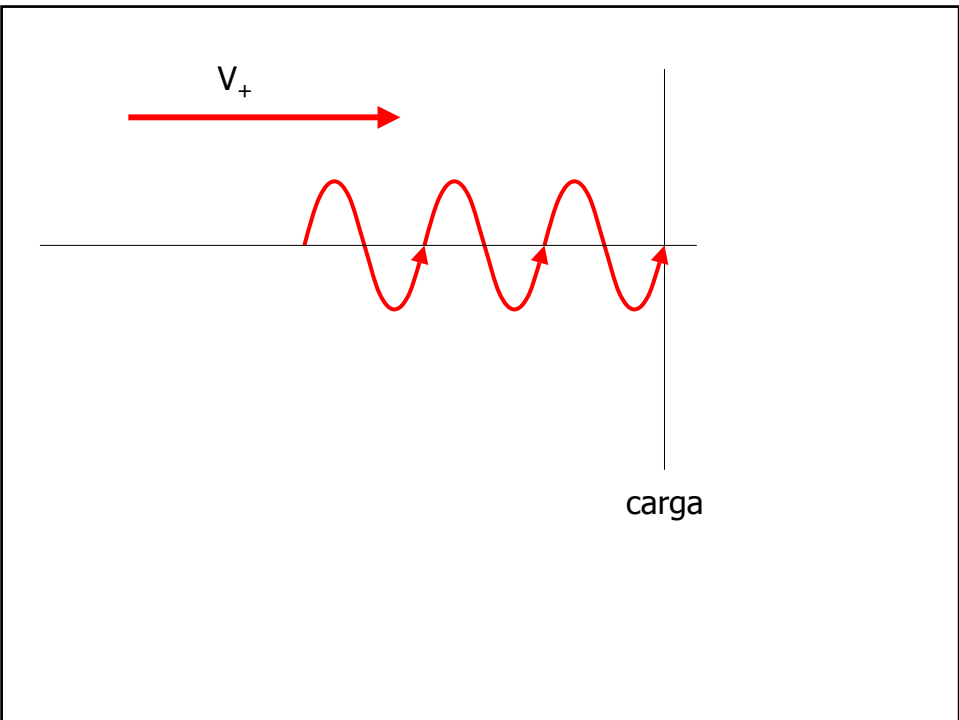
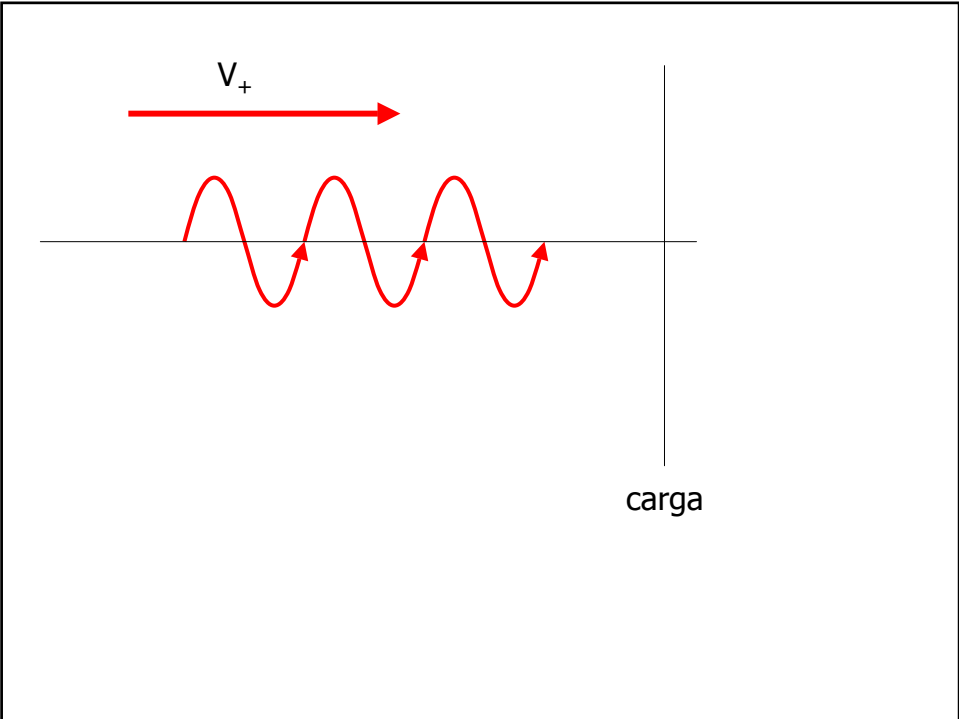
- arranque y parada de motores eléctricos
- vibraciones mecánicas --> vibraciones eléctricas
- fluorescentes
- diafonía
- conmutación de circuitos

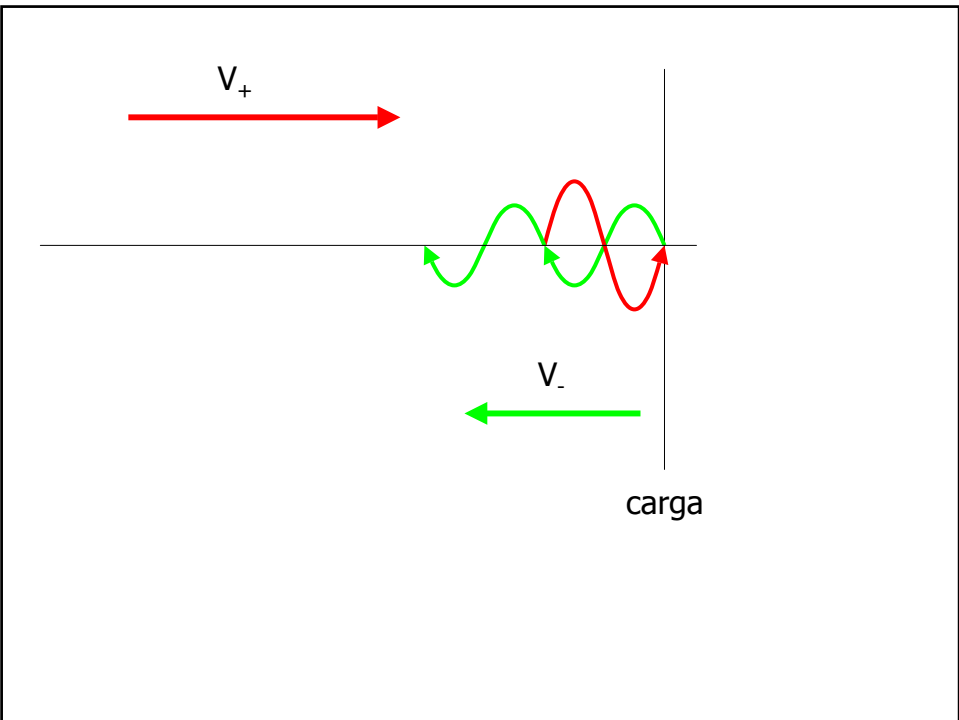
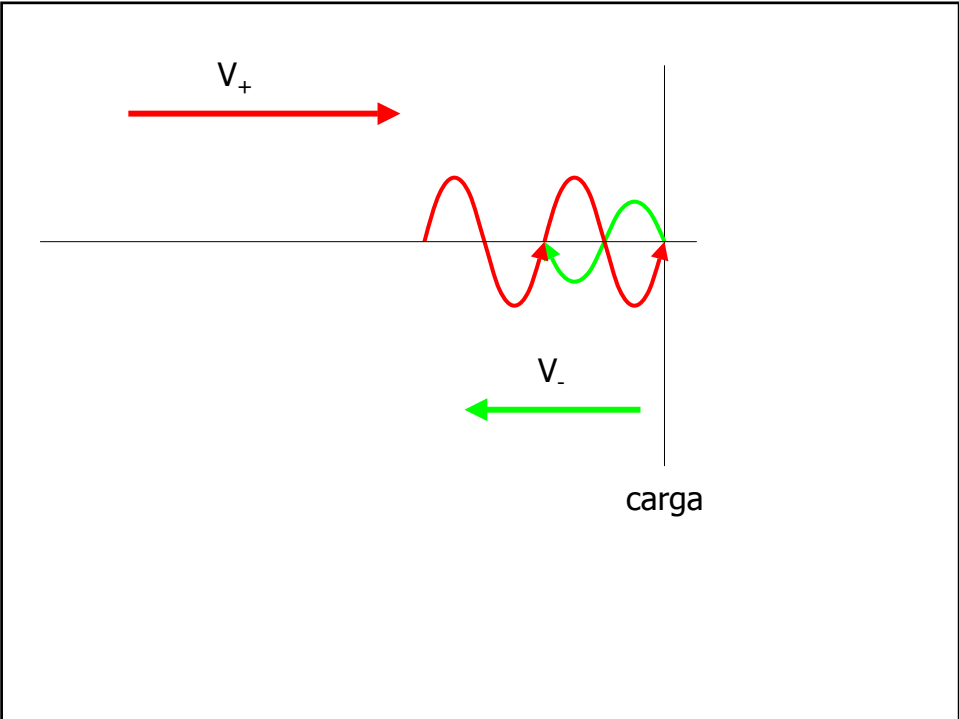


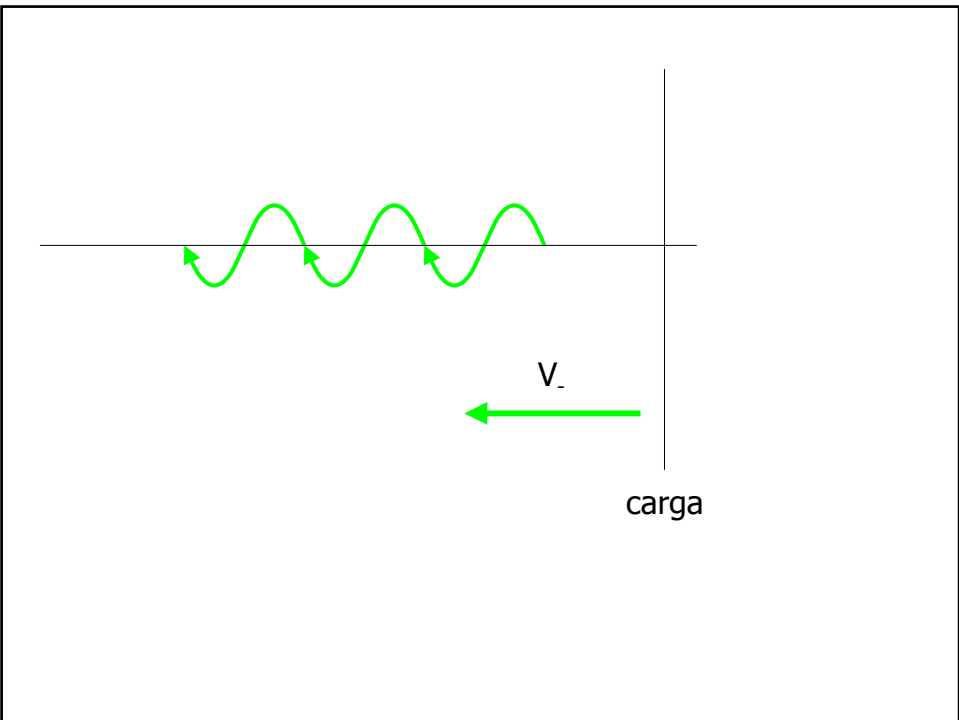
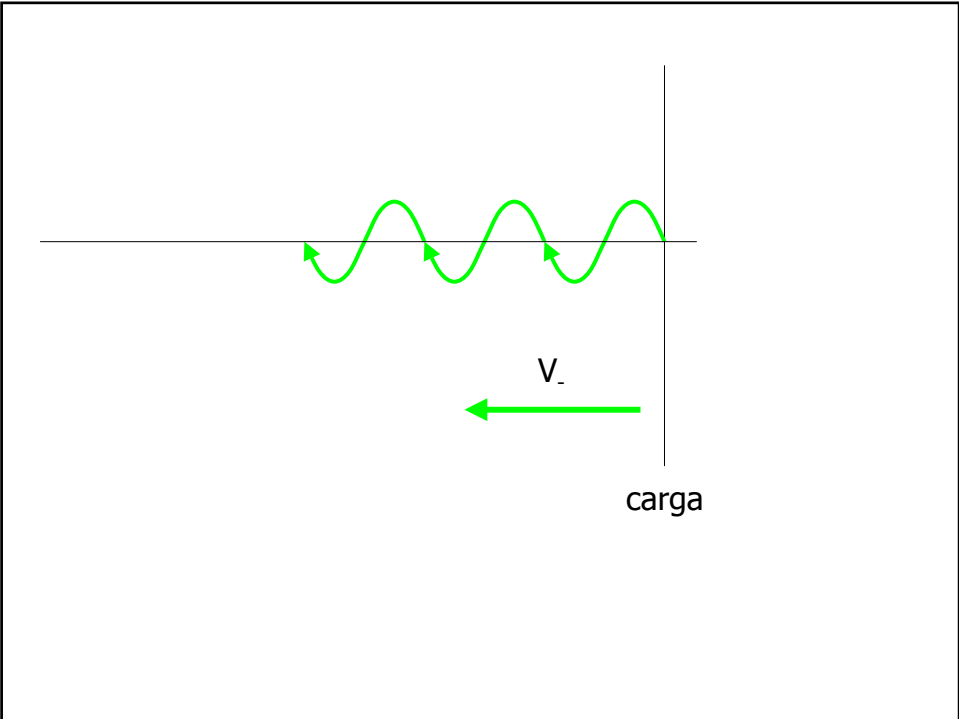
Ruido de rebote en los cables

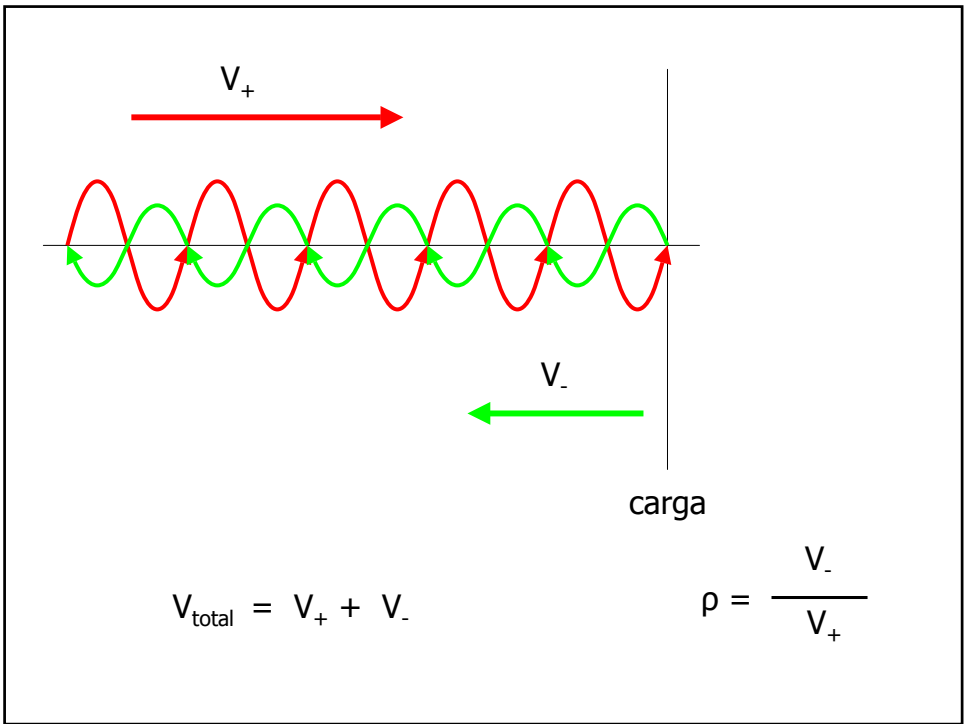
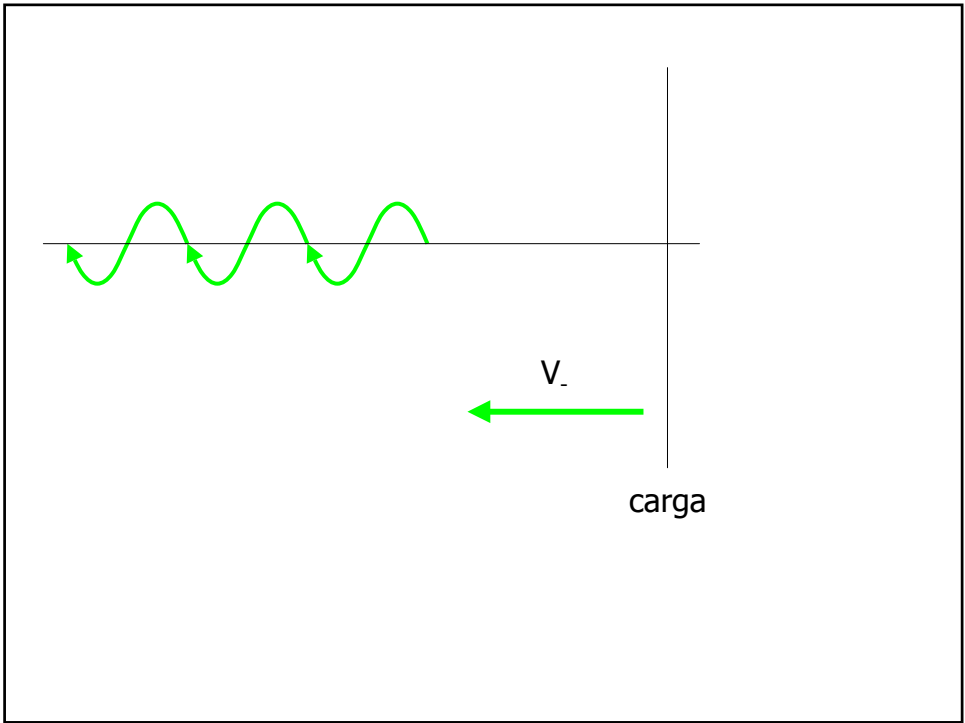
- Está producido por el rebote de la señal que circula por un cable en la carga del receptor





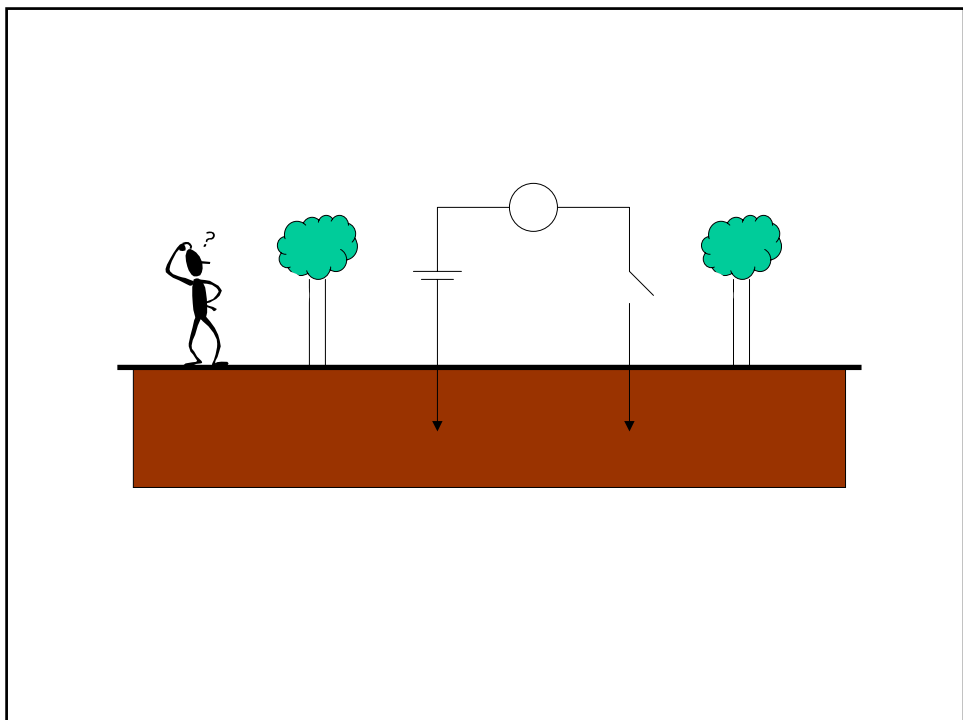


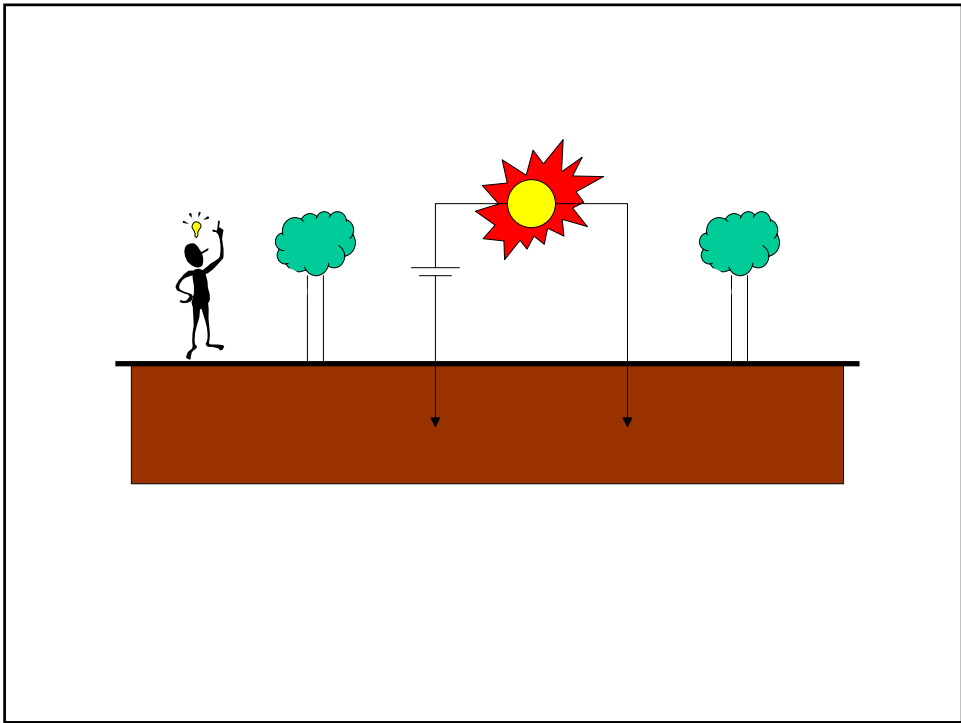




Ruido por diferencias en las tomas de tierra

- Se produce cuando hay diferencias de tensión en las tomas de tierra del transmisor y receptor
- Se trata de un problema importante
- Puede producir problemas graves

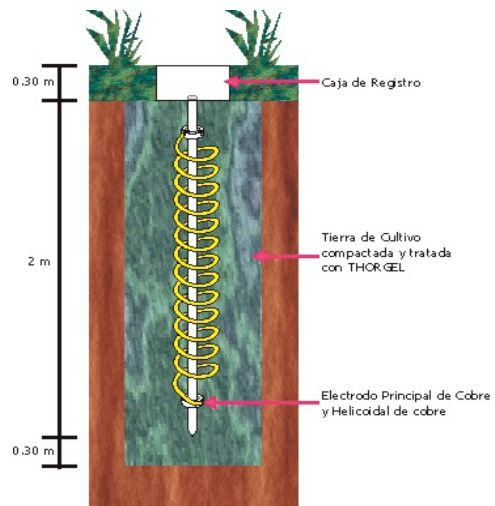


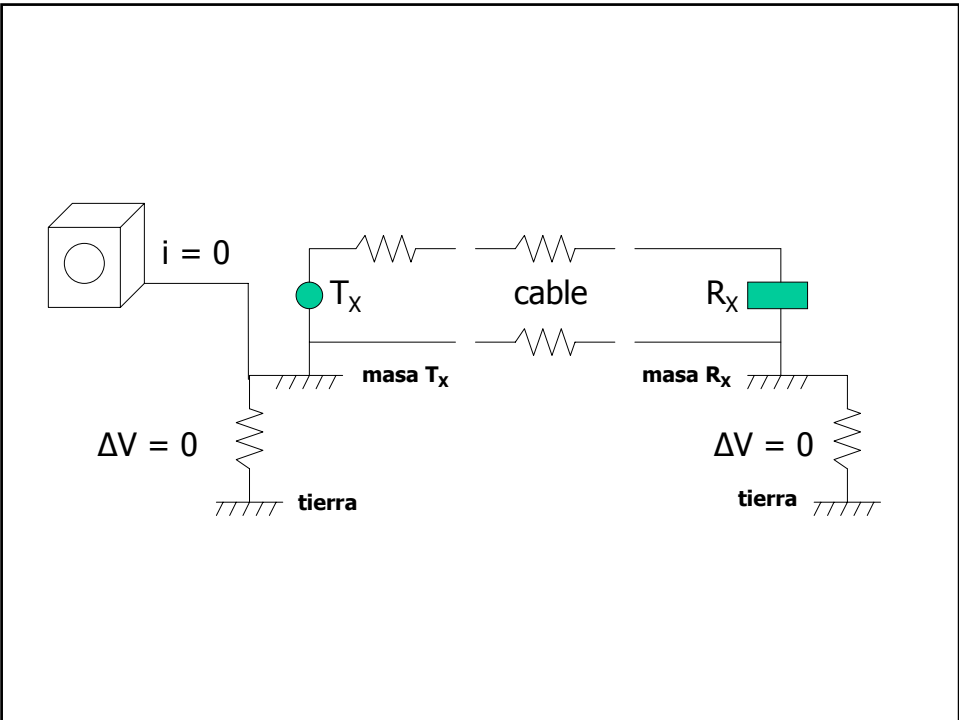
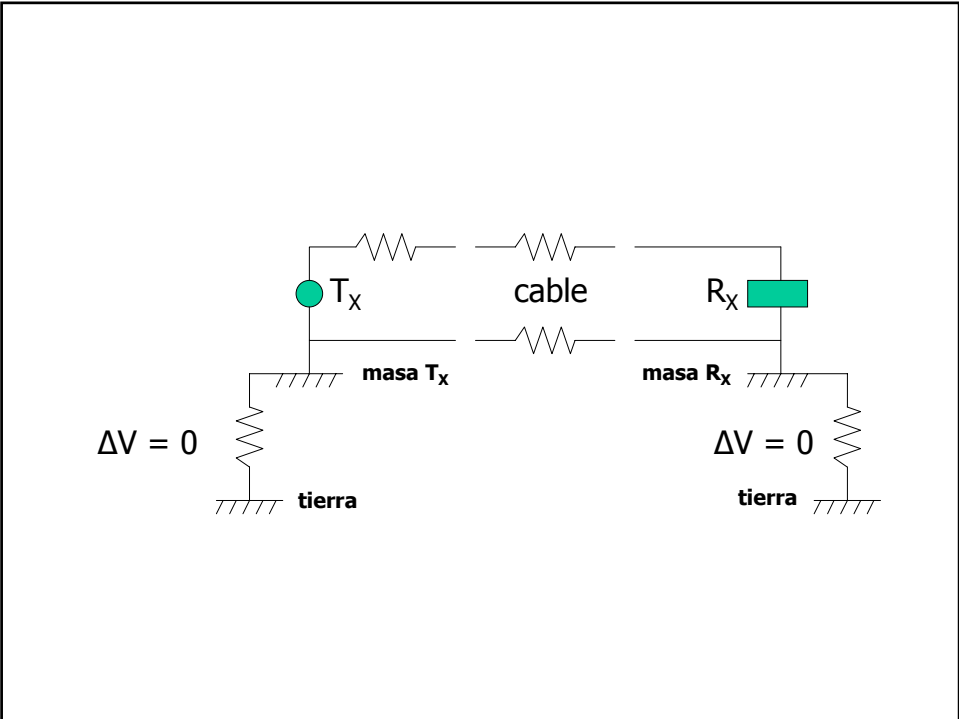


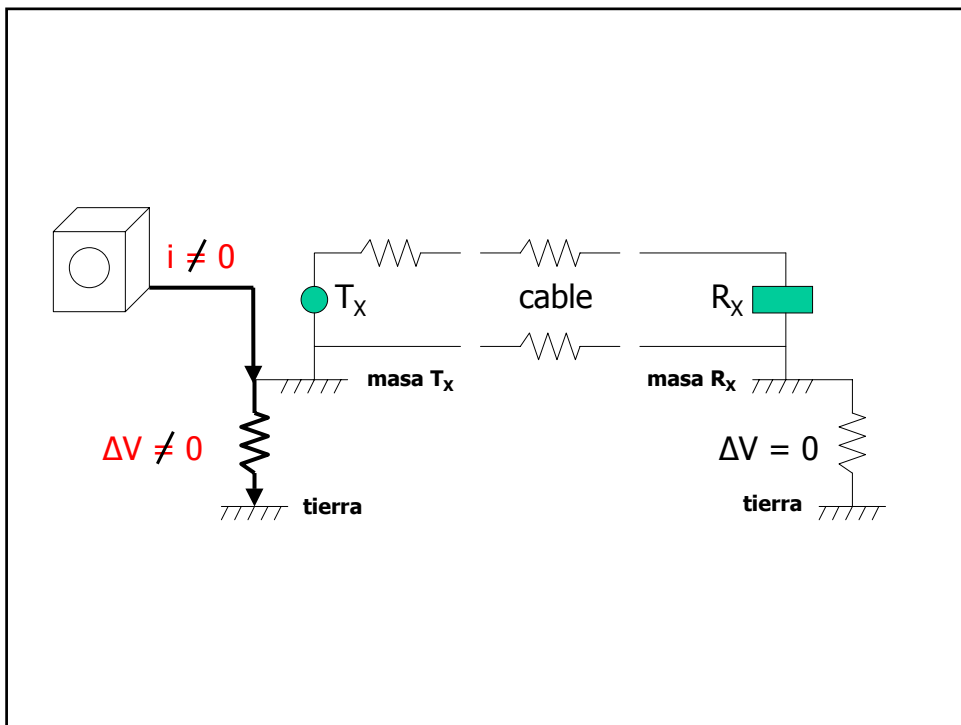
PLICAS:
Cilindros metálicos
grandes clavados en
el suelo

$$R = \rho L/S$$

Tierra: S muy grande



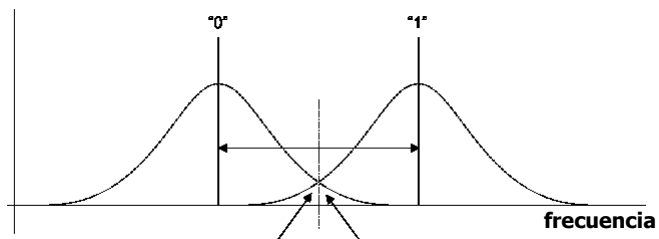




Ruido de intermodulación

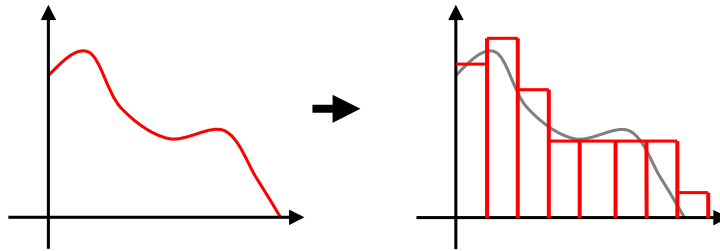
Está producido por la perturbación de un canal de comunicaciones sobre otro

Puede ocurrir al multiplexar varias señales en un mismo canal y superponerse algunos armónicos

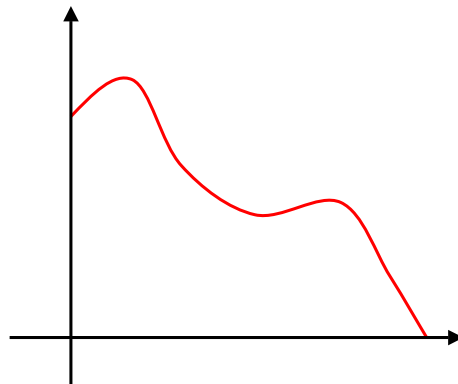


Ruido de cuantización

Este ruido aparece al convertir una señal analógica en digital

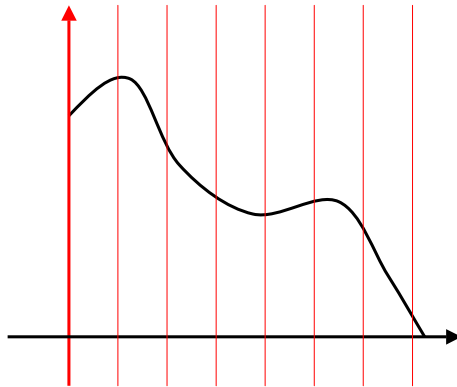


Ruido de cuantización



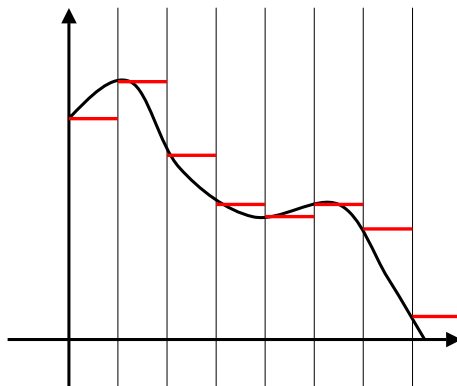
Señal analógica

Ruido de cuantización



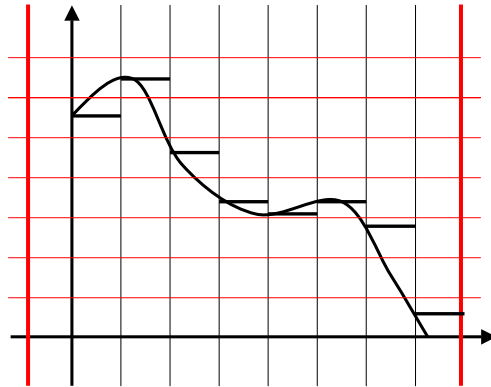
Intervalos de tiempo en que tomamos valores de la señal

Ruido de cuantización



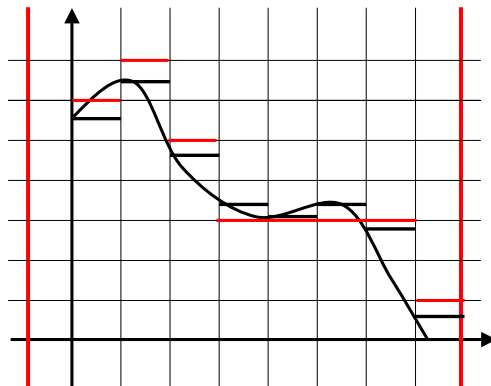
Valores tomados en esos instantes

Ruido de cuantización



Valores permitidos (cuantizados)

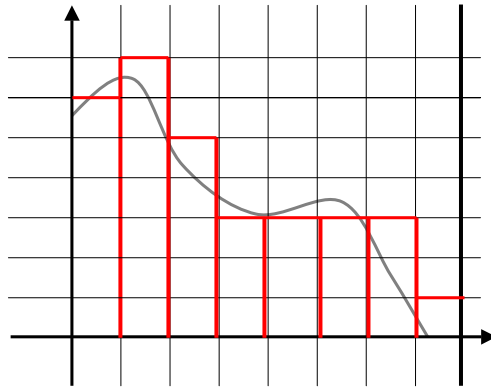
Ruido de cuantización



Diferencia entre valor tomado y valor permitido más cercano:

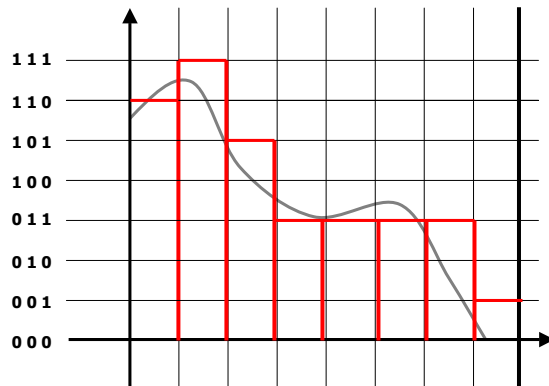
RUIDO DE CUANTIZACIÓN

Ruido de cuantización



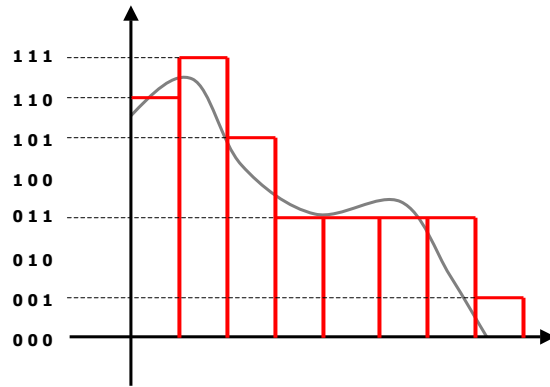
Señal cuantizada

Ruido de cuantización



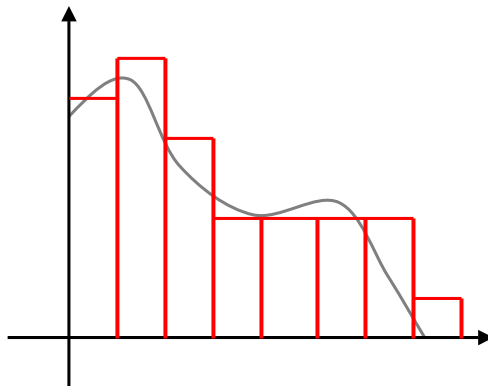
Señal digital

Ruido de cuantización



Señal digital

Ruido de cuantización



Ruido AWGN

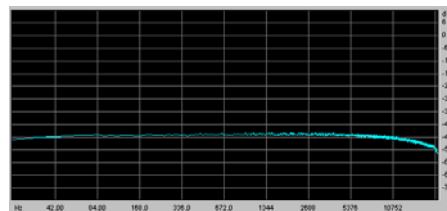
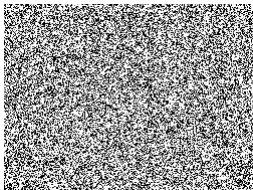
El ruido puede influir sobre la señal de varias maneras:

$$V_{\text{total}} = V_{\text{señal}} + V_{\text{ruido}}$$

$$V_{\text{total}} = K V_{\text{señal}} \cdot V_{\text{ruido}}$$

$$V_{\text{total}} = f(V_{\text{señal}}, V_{\text{ruido}})$$

Ruido AWGN



Espectro de potencia del ruido blanco

Ruido Blanco: tiene componentes espectrales en un rango de frecuencias muy amplio, como la luz blanca, que está compuesta por la suma de todas las ondas del visible

Ruido AWGN

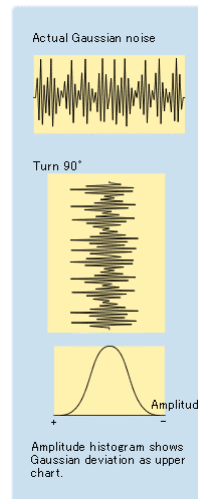
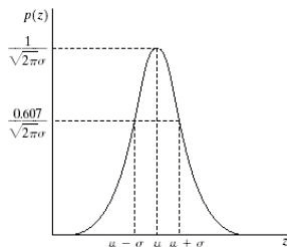
Desde el punto de vista estadístico, se puede considerar al ruido como una variable aleatoria y por tanto se describiría a partir de su función de densidad

Razones para suponer que un ruido es gaussiano:

- Se simplifica mucho los cálculos
- Teorema central del límite

Ruido AWGN

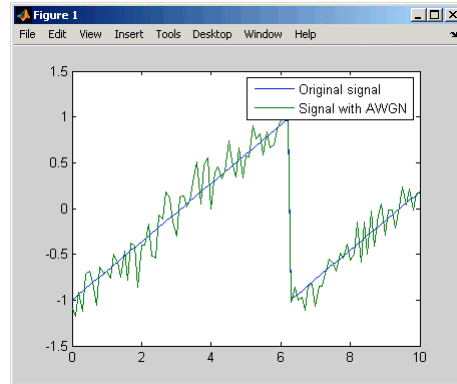
$$p(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-(z-\mu)^2/2\sigma^2}$$



Ruido AWGN

Ruido ADITIVO
+ BLANCO
+ GAUSSIANO

Ruido AWGN



AWGN === Aditive White Gaussian Noise

Cociente SEÑAL/RUIDO (SNR)

El ruido se mide como tensión (v_{ruido}) o como potencia (N)

La potencia absoluta del ruido no es significativa, por ello se define el "cociente señal (S) / ruido (N)"

$$\text{SNR} = S/N = \text{potencia de la señal} / \text{potencia del ruido}$$

También se puede obtener como:

$$\text{SNR} = A^2/\sigma^2 = (\text{amplitud señal})^2 / (\text{desviación típica ruido})^2$$

Cociente SEÑAL/RUIDO (SNR)

Si SNR grande ==> la comunicación es buena

Si SNR es pequeño == > comunicación mala o imposible

Como cociente de potencia que es, se puede expresar en dB:

$$\text{SNR}|_{\text{dB}} = 10 \log_{10} (S/N)$$

Este cociente es muy importante, en comunicaciones digitales limita la velocidad máxima de transmisión en bps

$$C_{\text{bps}} = B \log_2 (1 + \text{SNR}) \quad \text{Teorema de Shannon}$$

Cociente SEÑAL/RUIDO (SNR)

$$\text{SNR} = S/N$$

como $E_b = S T_b$ --> $S = E_b / T_b$ y $N = N_0 B$

$$\text{SNR} = (E_b / T_b) / (N_0 B) = (E_b / N_0)(V_{\text{bps}} / B)$$

Por tanto SNR aumenta si E_b / N_0 aumenta

FACTOR DE RUIDO: Nos dice cómo de ruidoso es un dispositivo

$$F = \text{SNR}_{\text{ent}} / \text{SNR}_{\text{sal}} ; F_{\text{dB}} = 10 \log_{10} (\text{SNR}_{\text{ent}} / \text{SNR}_{\text{sal}})$$

(Figura de ruido)

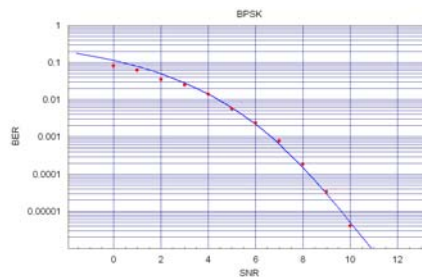
Si $F = 1$ --> Dispositivo ideal, no añade ruido alguno --> $F_{\text{dB}} = 0$

**Medidor de Ruido
8970B
Hewlett Packard**



Instrumento que sirve para medir la figura de ruido de componentes o dispositivos activos. (Amplificadores, mezcladores, receptores, etc.)
Funciona hasta una frecuencia de 1.5 GHz.

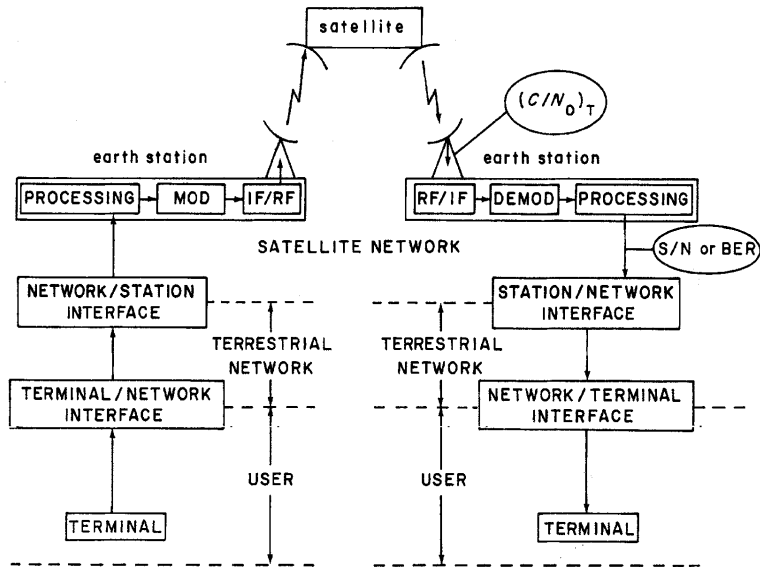
B.E.R. (Bit Error Rate)



BER = n° de bits erróneos / n° de bits totales transmitidos

- Nos da la probabilidad de que se cometa un error al transmitir un bit
- Interesa que tenga valores muy bajos
- A medida que el SNR aumenta, el BER disminuye y viceversa

B.E.R. (Bit Error Rate)



Medidor de BER

