SISMOLOGIA E iNGENIERÍA SÍSMICA

Tema I.Introducción.

I. Objetivo de la asignatura.

II. Introducción histórica.

III. Sismologia e Ingenieria sísmica.

IV. Introducción al tratamiento de señales: Aspectos matemáticos y numéricos del análisis de la señal.

- *Señales, sistemas y procesado de la señal.*
- *Clasificación de las señales.*
- *Conversión Analógico-Digital y Digital-Analógico.*
- *Transformada de Fourier. Discreta (FDT) y*

SISMOLOGÍA E INGENIERÍA SÍSMICA

- **TEMA 1**: INTRODUCCIÓN
- **TEMA 2**: PROPAGACIÓN DE ONDAS SÍSMICAS: ONDAS INTERNAS.
- **TEMA 3**: PROPAGACIÓN DE ONDAS SÍSMICAS: ONDAS SUPERFICIALES, ANELASTICIDAD Y ANISOTROPIA
- **TEMA 4**: PARÁMETROS FOCALES DE LOS TERREMOTOS
- **TEMA 5**: EL MECANISMO DE LOS TERREMOTOS

SISMOLOGÍA E INGENIERÍA SÍSMICA

- **TEMA 6**: MODELOS SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE FALLAS ACTIVAS.
- **TEMA 7**: PALEOSISMICIDAD.
- **TEMA 8**: MOVIMIENTO SÍSMICOS DEL SUELO: DOMINIO TEMPORAL Y FRECUENCIAL.
- **TEMA 9**: PELIGROSIDAD SÍSMICA Y EFECTOS LOCALES.
- **TEMA 10**: VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO.
- **TEMA 11**: SISMOMETRÍA

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.2 INTRODUCCIÓN HISTÓRICA

- *Seismos* ➔ Agitación.

- *Logos* ➔ Ciencia o Tratado.

- *Seismos tes ges* ➔ Agitación de la Tierra o terremoto

- *Terrae Motus* ➔ Terremoto

SISMOLOGÍA: Ciencia de los terremotos o de la agitación de la Tierra.

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.2 INTRODUCCIÓN HISTÓRICA

- *Leyendas:*
  Japón: Namazu

- Aristóteles: "*Meteorologicorum libri IV*" sobre los meteoros

"*Los lugares cuyo subsuelo es poroso reciben más sacudidas debido a la gran cantidad de viento que absorbe*"

- Séneca, Plinio, Alejandro Magno, Tomás de Aquino

- 1678: A. Kircher relaciona terremoto y volcanes a un sistema de conductos de fuego dentro de la Tierra

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.2 INTRODUCCIÓN HISTÓRICA

- S. XVIII: M. Lister y N. Lesmery: Explosiones de material inflamable.

- Terremoto de Lisboa (1 Nov 1755): Pto. de partida de la moderna sismología.

- 1760 John Mitchell: Agitación del terreno y ondas sísmicas.

- T. Young, R. Mallet y J. Milne desarrollaron esta idea.

- Catálogos de terremotos: J. Zahn (1696), Moreira de Mendoça (1758); A. Perrey y R. Mallet (1850) primer catálogo moderno.

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.2 INTRODUCCIÓN HISTÓRICA

- Mallet estudia el terremoto de Naple de 1857
  Teoría del foco sísmico

- C. Lyell y E. Suess: Terremotos ➔ Mov. Tectónicos y volcanes

- S. XIX: Montessus de Ballore y A. Sieberg :
  Procesos orogénicos ➔ Terremotos
  Sismología Observacional
- R.D. Oldham, K. Zöppritz y E. Weichert:
  1ºs Estudios sobre propagación de ondas sísmicas

- R.D. Oldham, B. Gutenberg, H. Jeffreys, K. Bullen y J.B. Malcewane
  1ºs Modelos del interior de la Tierra basados en observ. sismol.

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.2 INTRODUCCIÓN HISTÓRICA

- 1830: Primeros instrumentos basados en oscilaciones pendulares.

- Finales s.XIX: 1º sismógrafo de registro continuo

- 1889: E. von Rebeu Paschwitz, 1º sismograma de un telesismo.
  Recepción en Postdam del terremoto de Tokyo de 1889

- S. XIX: J. Milne y F. Omori: Péndulo inclinado.
  E. Wiechert: Péndulo invertido.
  B.B Galitzin: Sismógrafo Electromagnético.
  H. Beniof: Reluctancia magnética variable.

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.2 INTRODUCCIÓN HISTÓRICA

➢ Evolución de la Sismología desde 1945:

- Propagación de Ondas Elásticas en la Tierra

  Medios Homogéneos y Elásticos

  ↓

  Heterogeneidades 3D, anisotropía y anelásticidad.

- Mecanismo de generación de terremotos

  Foco puntual

  ↓

  Complejos procesos de ruptura de material litosférico

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.2 INTRODUCCIÓN HISTÓRICA

➢ Tendencias actuales de la Sismología:

- Generación y propagación de ondas sísmicas

  Aki y Richards (1980): *La sismología es una ciencia basada en unos datos llamados sismogramas*.

  Lay y Wallace (1995): *La sismología estudia la generación, propagación y registro de ondas elásticas en la Tierra (y otros cuerpos celestes) y de las fuentes que los producen.*

  Los sismogramas son datos básicos.

  Lomnitz (1994): *La anterior definición es muy restrictiva*

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.3 SISMOLOGÍA E INGENIERÍA SÍSMICA

- Definición de la Sismología:

En el sentido más amplio la Sismología es la ciencia que estudia los terremotos.

Bolt (1978): Causas, ocurrencia y propiedades

Carácter multidisciplinar, sobre todo en el estudio del riesgo y predicción sísmica.

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.3 SISMOLOGÍA E INGENIERÍA SÍSMICA

- Disciplinas de la Sismología:

Sismología
↓
Ocurrencia de eventos y fenom. relacionados.

Aplicación de la Mecánica y de la teoría de la elasticidad a un medio continuo

Ingeniería Sísmica
↓
Estudia como el mov. producido por un terremoto afecta a las construcciones u otras estructuras creadas por el hombre.

{ Desplaz. / Velocidad / Aceleración }

→ Riesgo Sísmico

Exploración Sísmica
↓
Geofísica Aplicada

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.4 REVISIÓN DE ASPECTOS MATEMÁTICOS Y NUMÉRICOS DE ANÁLISIS DE LA SEÑAL.

1.4.1 Señales, Sistemas y Procesado de la señal.

1.4.2 Clasificación de las señales.

1.4.3 Concepto de frecuencia en señales en tiempo continuo y discreto.

1.4.4 Conversión analógico-digital y digital-analógica.

1.4.5 Transformada de Fourier, Discreta de Fourier y Rápida de Fourier.

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.4.1 SEÑALES, SISTEMAS Y PROCESADO DE LA SEÑAL.

- SEÑAL: Cantidad física que varía con el tiempo, el espacio o cualquier otra variable o variables independientes.

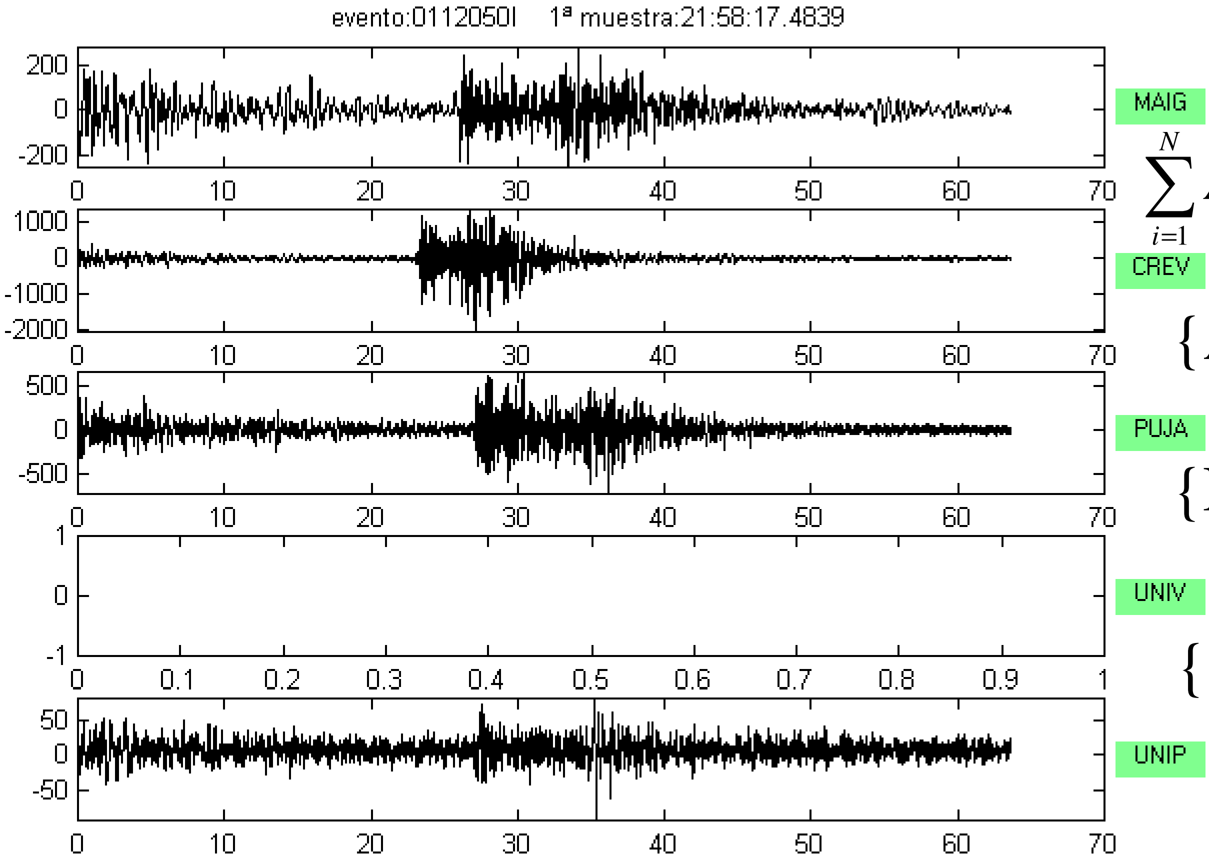
  Relaciones Funcionales conocidas: $s1(t) = 20\,t$

  Relaciones Desconocidas o complicadas:

  Sismograma,
  Voz
  ECG
  EEG

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.4.1 SEÑALES, SISTEMAS Y PROCESADO DE LA SEÑAL.



$$\sum_{i=1}^{N} A_i(t)\,sen[2\pi\, F_i(t)\,t + \theta_i(t)]$$

$\{A_i(t)\}$: Amplitudes

$\{F_i(t)\}$: Frecuencias

$\{\theta_i(t)\}$: Fases

Es una función de una única variable indpte.: El tiempo

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.4.1 SEÑALES, SISTEMAS Y PROCESADO DE LA SEÑAL.

- SISTEMA: *Dispositivo físico que realiza una operación sobre una señal, y que responde a un estimulo o fuerza*.

En la voz el sistema está formado por las cuerdas vocales y el tracto bucal.

Un filtro para reducir el ruido de una señal sísmica también es un sistema.

- FUENTE DE SEÑAL: *Combinación de estimulo y sistema*.

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.4.1 SEÑALES, SISTEMAS Y PROCESADO DE LA SEÑAL.

- PROCESADO DE LA SEÑAL: Cuando la pasamos a través de un sistema, que realiza una operación sobre ella.

  Sistema lineal: Si la operación es lineal
  Sistema No lineal: Si la operación es no lineal.

  .- Sistema de procesado digital de señales realizado en software
  .- Si la señal es analógica habremos de convertirlas a digital.

- ALGORITMO: Método o conjunto de reglas para implementar el sistema mediante un programa que ejecuta las operaciones matemáticas correspondientes

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.4.1 SEÑALES, SISTEMAS Y PROCESADO DE LA SEÑAL.

<u>Elementos básicos de un sistema de procesado digital de la señal</u>

Procesado de señal analógica de forma directa.

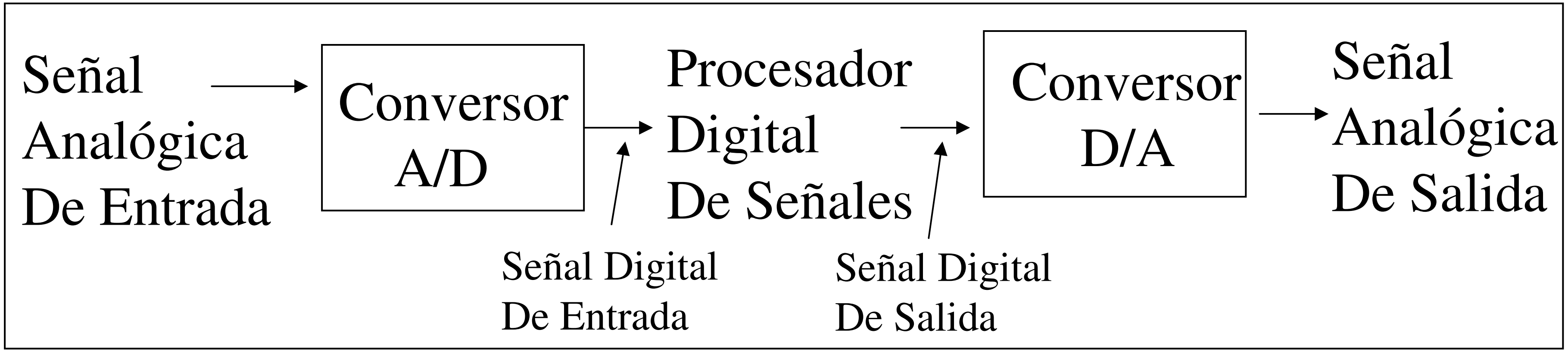


Diagrama de bloques de un sistema digital de procesado de señales

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.4.1 SEÑALES, SISTEMAS Y PROCESADO DE LA SEÑAL.

Ventajas del procesado digital de la señal frente al analógico

- Flexibilidad a la hora de reconfigurar las operaciones de procesado digital: software frente a hardware.
- Precisión: Conversor A/D y procesador digital frente a circuito analógico.
- Almacenamiento y Transporte: Soporte Magnético frente a papel
- Procesamiento en tiempo real y no real y posibilidad de uso de complicados algoritmos matemáticos.

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

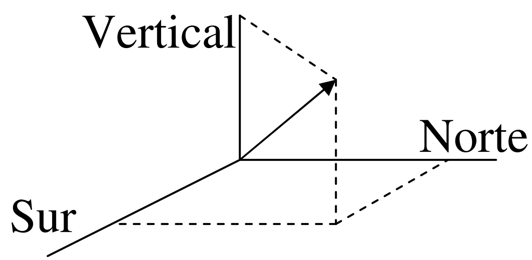
1.4.2 CLASIFICACIÓN DE LAS SEÑALES.

- SEÑALES MULTICANAL Y MULTIDIMENSIONAL

Señal Real: $s1(t) = A \text{ sen } 3\pi t$
Señal Compleja: $s2(t) = A\, e^{j3\pi t} = A \text{ sen } 3\pi t + j\, A \text{ sen } 3\pi t$

En ocasiones (terremotos), las señales son generadas por múltiples fuentes o sensores y se pueden representar en forma vectorial:

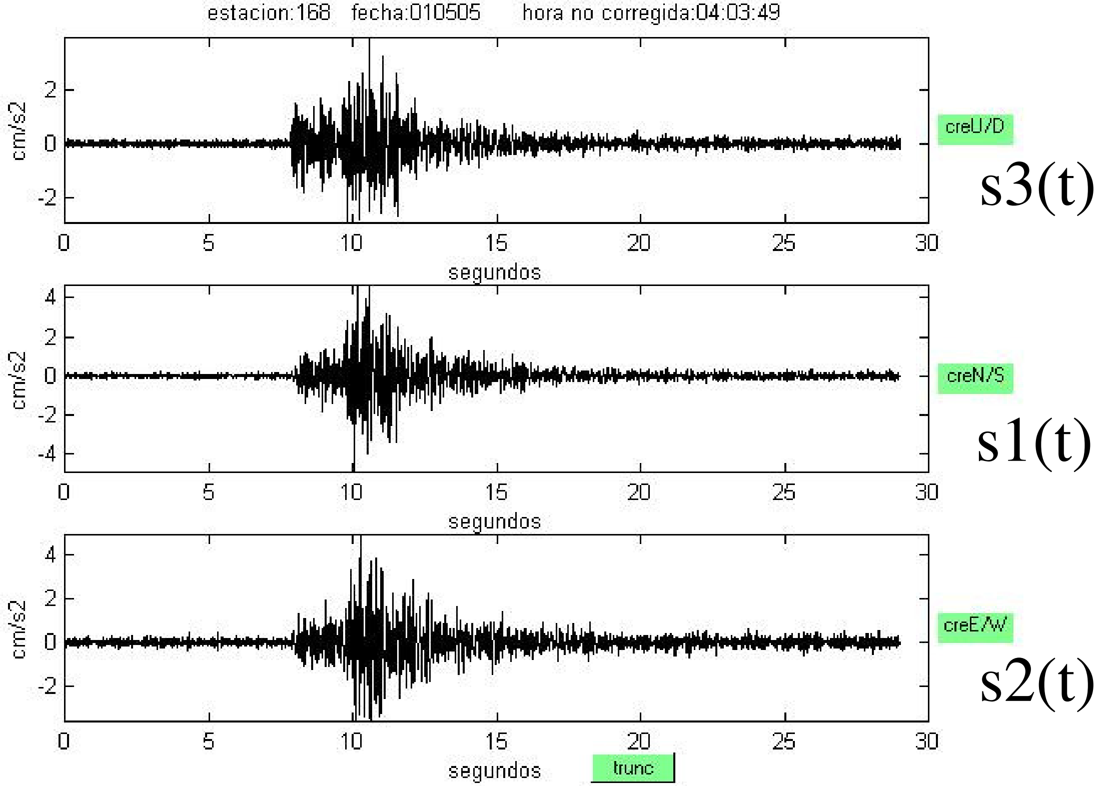
Aceleración en las tres componentes de un terremoto.



TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.4.2 CLASIFICACIÓN DE LAS SEÑALES.

➢ SEÑALES MULTICANAL Y MULTIDIMENSIONAL.



$$S_3(t) = \begin{bmatrix} s_1(t) \\ s_2(t) \\ s_3(t) \end{bmatrix}$$

Señal Multicanal

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.4.2 CLASIFICACIÓN DE LAS SEÑALES.

- SEÑALES MULTICANAL Y MULTIDIMENSIONAL.

Si la señal es función de una única variable indpte ➔ Unidimensional

Si la señal es función de múltiples variables indpte ➔ M-dimensional

La imagen de un Televisión en color:

$$I(x,y,t) = \begin{bmatrix} I_r(x,y,t) \\ I_g(x,y,t) \\ I_b(x,y,t) \end{bmatrix}$$

Señal tridimensional de 3 canales

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.4.2 CLASIFICACIÓN DE LAS SEÑALES.

- SEÑALES EN TIEMPO CONTINUO FRENTE A SEÑALES EN TIEMPO DISCRETO.

  - Señal en tiempo continuo o señal analógica:
    Definida para todo t y toma cualquier valor en $(-\infty, \infty)$
    Un sismograma es una función en tiempo continuo
    Se designa como $x(t)$

  - Señal en tiempo discreto:
    Definida sólo para ciertos valores de t. La señal es una secuencia de nºs reales o complejos.
    Se designa como $x(n)$ para distinguirla de la continua

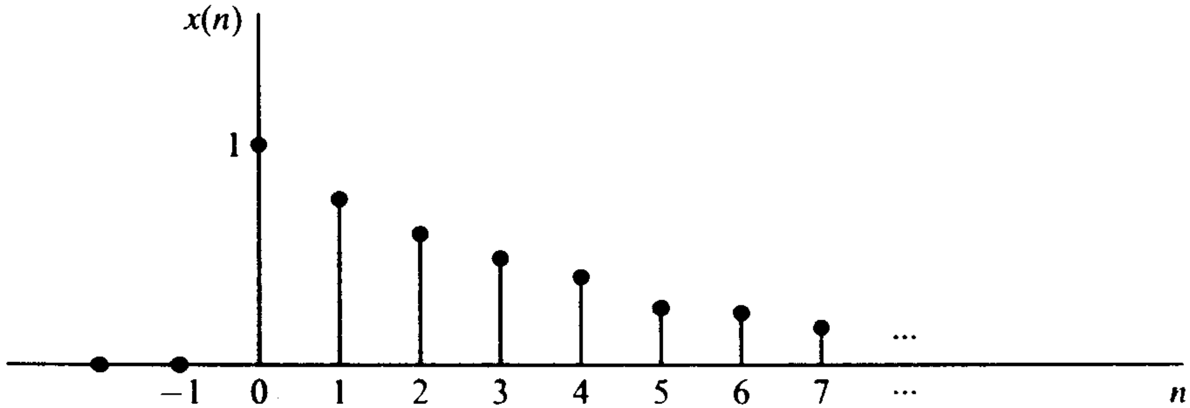
TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.4.2 CLASIFICACIÓN DE LAS SEÑALES.

- SEÑALES EN TIEMPO CONTINUO FRENTE A SEÑALES EN TIEMPO DISCRETO.

<u>Generación de señales en tiempo discreto</u>

1. Muestreo: Elección de valores de señal analógica en varios t



Muestreo de la señal: $x(t) = 0.8^t$, si $t >= 0$ y $x(t) = 0$ si $t<0$ para
Obtener la señal discreta: $x(n)= 0.8^n$, si $n >= 0$ y $x(n) = 0$ si $n<0$

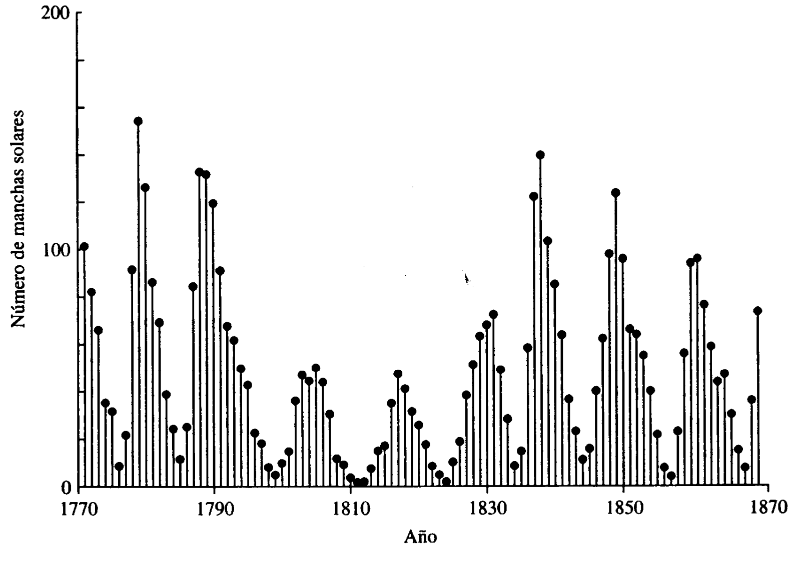
TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.4.2 CLASIFICACIÓN DE LAS SEÑALES.

➤ SEÑALES EN TIEMPO CONTINUO FRENTE A SEÑALES EN TIEMPO DISCRETO.

Generación de señales en tiempo discreto

2. Acumulando variables a lo largo de un determinado periodo de tiempo.



Nº de manchas Solares de Wolfer (1770-1869)

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

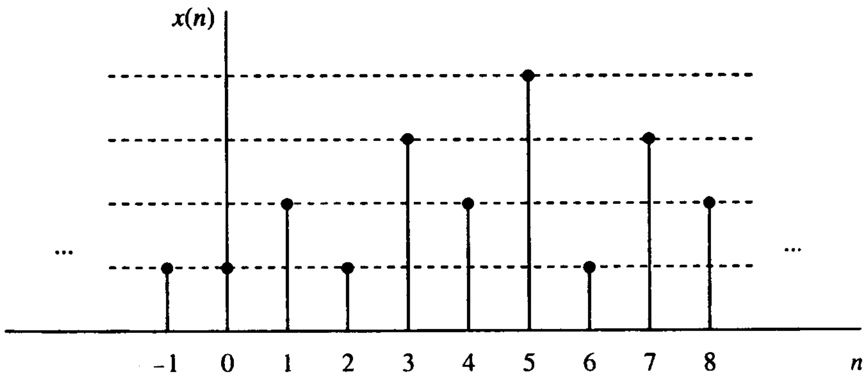
1.4.2 CLASIFICACIÓN DE LAS SEÑALES.

➢ SEÑALES CONTINUAS FRENTE A SEÑALES DISCRETAS.

Una señal en tiempo continuo o discreto puede tomar valores continuos o discretos.

Señal Continua: Toma todos los valores posibles en un intervalo tanto finito como infinito

Señal Discreta: Toma valores de un conjunto finito de valores.



Señal Digital: Señal en tiempo discreto que toma valores en un conjunto discreto. Son las únicas que se pueden procesar digitalmente.

De analógica a digital: Muestreo y Cuantificación

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.4.2 CLASIFICACIÓN DE LAS SEÑALES.

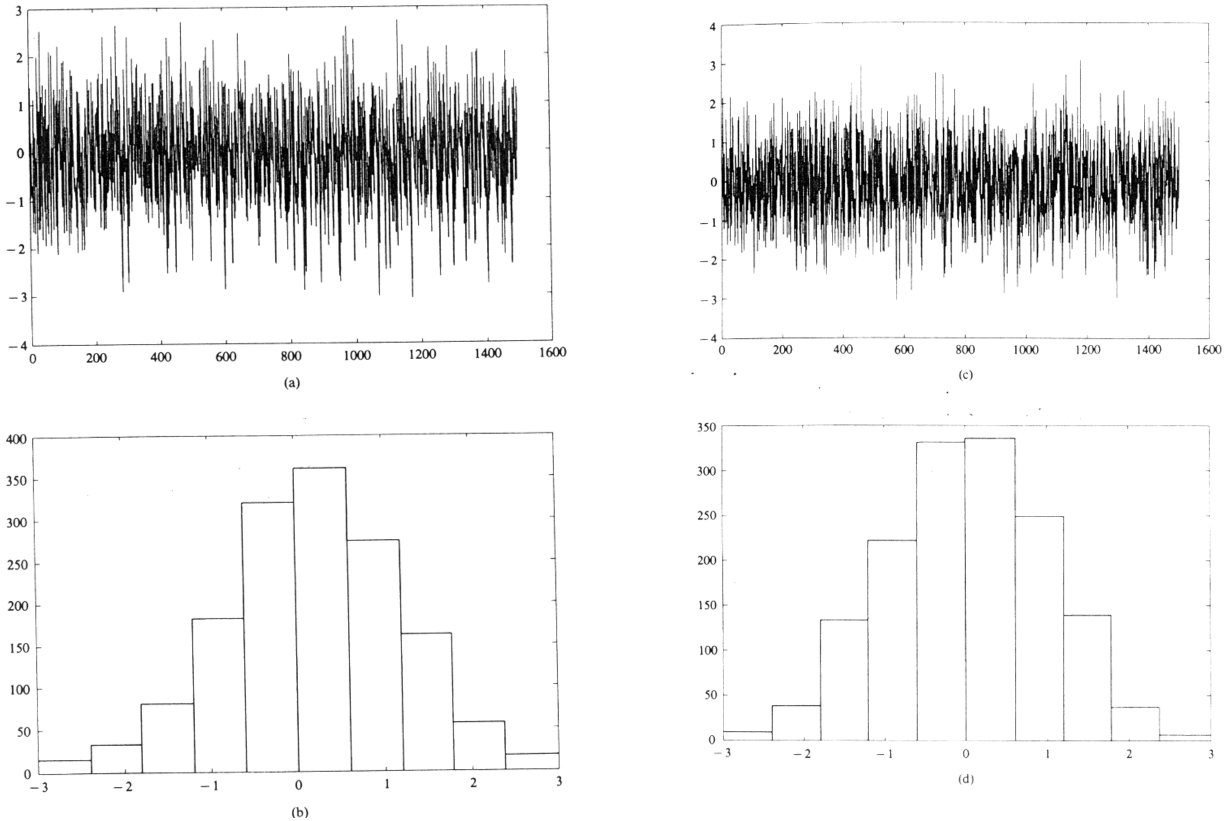
- SEÑALES DETERMINISTAS FRENTE A SEÑALES ALEATORIAS.

  - Señal Determinista: Puede ser definida por una forma matemática explícita, un conjunto de datos o una regla bien definida.
    No tiene Incertidumbre

  - Señal Aleatoria: No se puede definir con precisión y evolucionan de forma aleatoria.
    Ej: Señal Sísmica, Señal de voz

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

➢ SEÑALES DETERMINISTAS FRENTE A SEÑALES ALEATORIAS.

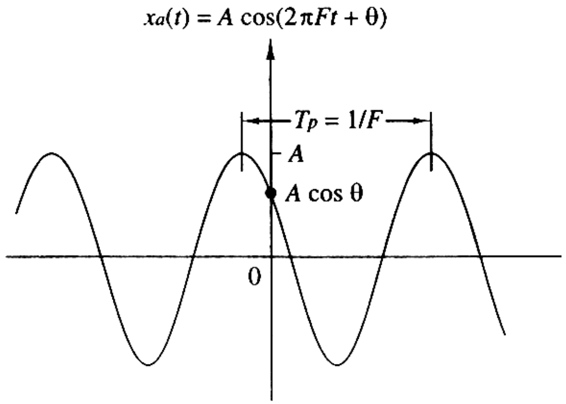


Dos señales aleatorias obtenidas a partir del mismo generador de ruido y sus histogramas asociados.

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.4.3. CONCEPTO DE FRECUENCIA EN SEÑALES EN TIEMPO CONTINUO Y EN TIEMPO DISCRETO

- Frecuencia y Movimiento Periódico
- Frecuencia y Tiempo



<u>Señal Sinusoidal en tiempo continuo</u>

Oscilación Armónica➔ $x_a(t) = A\cos(\Omega t + \theta), \quad -\infty < t < \infty$

S.analógica

A: Amplitud

Ω: Frecuencia (rad/s) = 2πF; F: frecuencia (ciclos/s=Hz)

θ : Fase (rad)

$$x_a(t) = A\cos(2\pi Ft + \theta), \quad -\infty < t < \infty$$

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.4.3. CONCEPTO DE FRECUENCIA EN SEÑALES EN TIEMPO CONTINUO Y EN TIEMPO DISCRETO

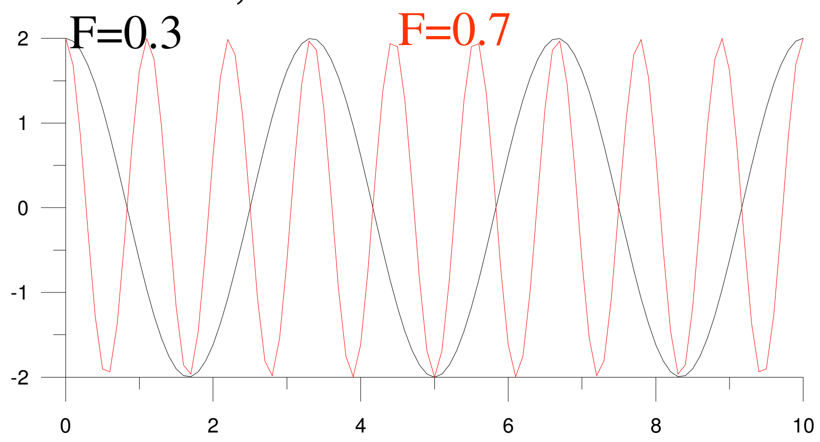
Señal Sinusoidal en tiempo continuo

Propiedades:

- Para todo valor fijo de F, $x_a(t)$ es periódica : $x_a(t+Tp)=x_a(t)$ con $T_p = 1 / F$, periodo fundamental de la señal sinusoidal.

- Señales en tiempo continuo con diferente F, son diferentes

- El aumento de F ➔ Aumenta la tasa de oscilación ➔ Aumenta el nº de periodos en un intervalo de t



TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.4.3. CONCEPTO DE FRECUENCIA EN SEÑALES EN TIEMPO CONTINUO Y EN TIEMPO DISCRETO

Señal Sinusoidal en tiempo discreto

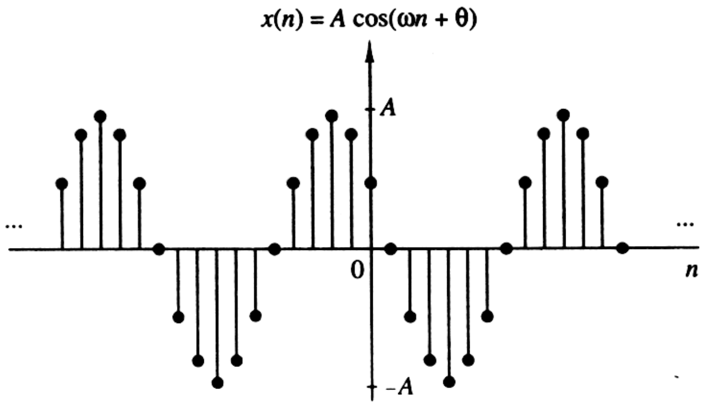
$$x(n) = A\cos(\omega n + \theta), \quad -\infty < n < \infty$$

n: Entero llamado nº de muestra

A: Amplitud

ω: frecuencia (rad/s) = 2πf;

f: frecuencia (ciclos/muestra)



$$x(n) = A\cos(2\pi f\, n + \theta), \quad -\infty < n < \infty$$

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.4.3. CONCEPTO DE FRECUENCIA EN SEÑALES EN TIEMPO CONTINUO Y EN TIEMPO DISCRETO

Señal Sinusoidal en tiempo discreto

Propiedades:

• Una señal en tiempo discreto es periódica sólo si f es un nº racional:
$x(n+N) = x(n)$ para todo $N > 0$;
el mínimo N es el periodo fundamental

$f = k / N$ ➔ Pequeña variación en f ➔ Gran variación en N
$f_1 = 31/60$ ➔ $N_1 = 60$ pero $f_2 = 30/60$ ➔ $N_2 = 2$

• Las señal en tiempo discreto con frecuencias separadas por un múltiplo entero de 2π, son idénticas

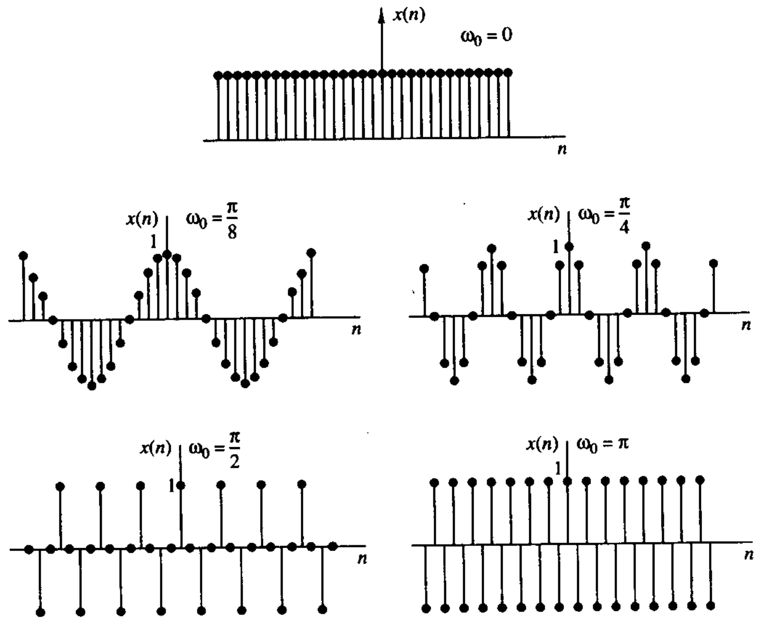
TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.4.3. CONCEPTO DE FRECUENCIA EN SEÑALES EN TIEMPO CONTINUO Y EN TIEMPO DISCRETO

<u>Señal Sinusoidal en tiempo discreto</u>

Propiedades:

• La Mayor tasa de oscilación en una sinusoide en tiempo discreto se da cuando $\omega = \pi$ ($\omega = -\pi$), o equivalentemente, $f = 1/2$ ($f = -1/2$)



Rango Fundamental: $0 \le \omega \le 2\pi$; $-\pi \le \omega \le \pi$; ($0 \le f \le 1$; $-1/2 \le f \le 1/2$)

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.4.3. CONCEPTO DE FRECUENCIA EN SEÑALES EN TIEMPO CONTINUO Y EN TIEMPO DISCRETO

Señal Exponencial en tiempo continuo

$$s_k(t) = e^{jk\Omega_o t} = e^{j2k\pi F_o t}, \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$$

Para cada valor k, $s_k(t)$ es periódica con periodo fundamental: $1/(k\,F_o) = T_p / k$ o frecuencia fundamental kF_o

A partir de señales anteriores puedo construir una combinación lineal de exponenciales complejas armónicamente relacionadas:

$$x_a(t) = \sum_{-\infty}^{\infty} c_k s_k(t) = \sum_{-\infty}^{\infty} c_k e^{jk\Omega_o t}; k = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$$

Expansión en Serie de Fourier

La señal es periódica con periodo fundamental $Tp = 1/F_o$

c_k : Ctes complejas arbitrarias o coef. de la serie de Fourier

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.4.3. CONCEPTO DE FRECUENCIA EN SEÑALES EN TIEMPO CONTINUO Y EN TIEMPO DISCRETO

Señal Exponencial en tiempo discreto

$$s_k(n) = e^{j2k\pi f_o n}, \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$$

Para cada valor k, $s_k(n)$ es periódica si su frecuencia relativa es un número racional.

$$s_k(n) = e^{j2k\pi n/N}, \quad k = 0, 1, 2, \ldots$$

A partir de señales anteriores puedo construir una combinación lineal de exponenciales complejas armónicamente relacionadas:

$$x(n) = \sum_{k=0}^{N-1} c_k s_k(n) = \sum_{k=0}^{N-1} c_k e^{j2\pi kn/N}$$

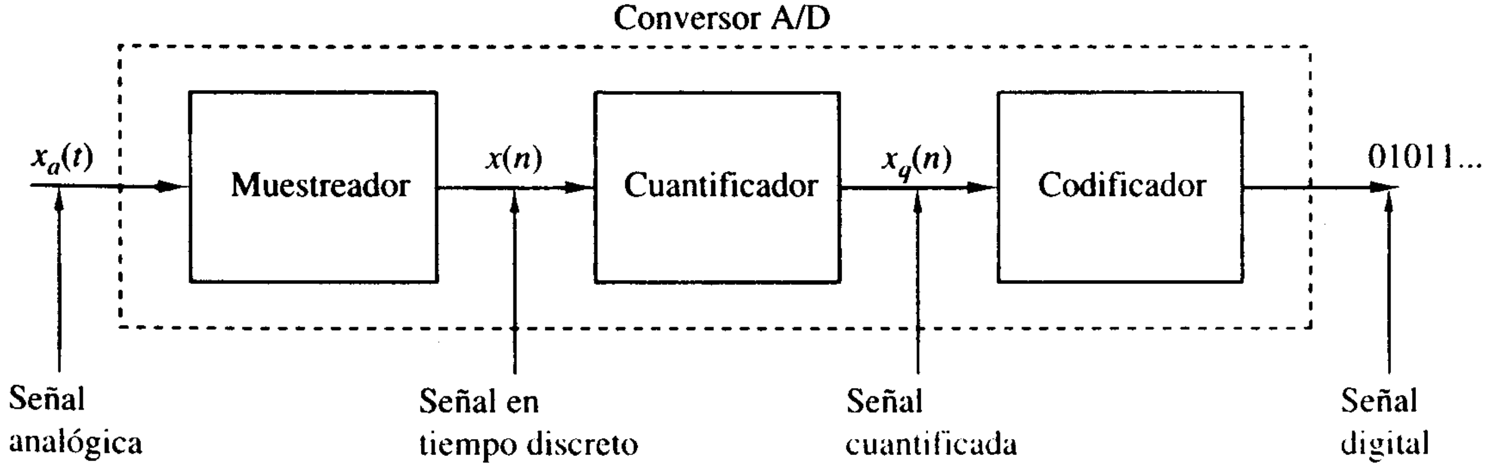
Expansión en Serie de Fourier

La señal es periódica con periodo fundamental N

c_k : Ctes complejas arbitrarias o coef. de la serie de Fourier

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.4.4. CONVERSIÓN ANALÓGICO-DIGITAL Y D/A



1. **Muestreo**: xa(t) ➔ xa (nT)≡ x(n) con T:intervalo de muestreo.

2. **Cuantificación**: Analógica ➔ Digital discreta
   Error de cuantificación: $e_q(n) = x(n) - x_q(n)$

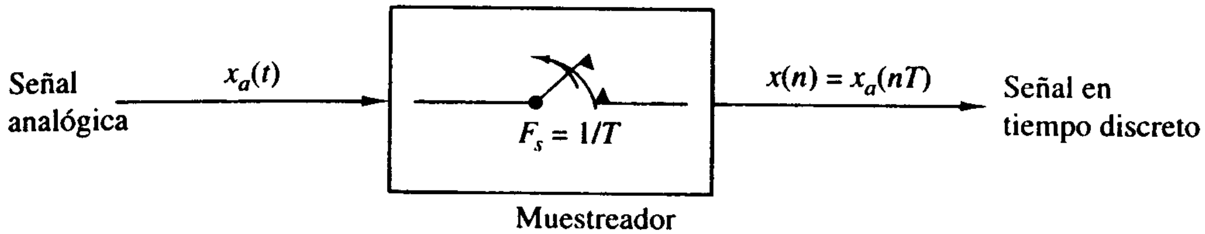
3. **Codificación**: Secuencia binaria.

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

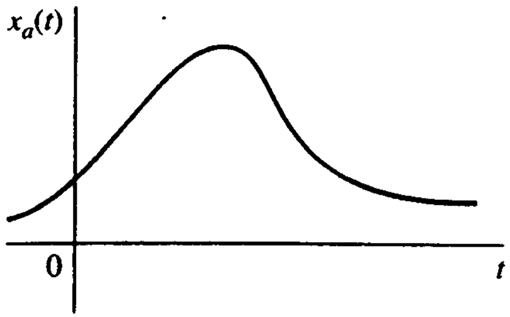
1.4.4. CONVERSIÓN ANALÓGICO-DIGITAL Y D/A

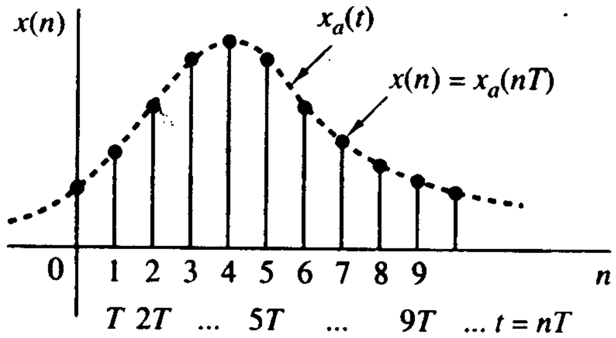
Muestreo de Señales Analógicas

Muestreo Periódico o Uniforme: $x(n) = x_a(nT)$; $-\infty < n < \infty$



T: Periodo de muestreo o intervalo de muestreo





$F_s = 1 / T$: velocidad de muestreo o frec. de m.

$t = n / F_s$ ➔ $f = F/ F_s$ o bien $\omega = \Omega T$

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.4.4. CONVERSIÓN ANALÓGICO-DIGITAL Y D/A

Muestreo de Señales Analógicas

- La dif. fundamental entre señales en tiempo discreto y continuo es el rango de valores de las frecuencias F y f (o Ω y ω).

- Como la frecuencia máxima en una señal en tiempo discreto es $\omega = \pi/2$ o $f = 1/2$ => los valores máximos de F y Ω para una velocidad de muestreo Fs son:

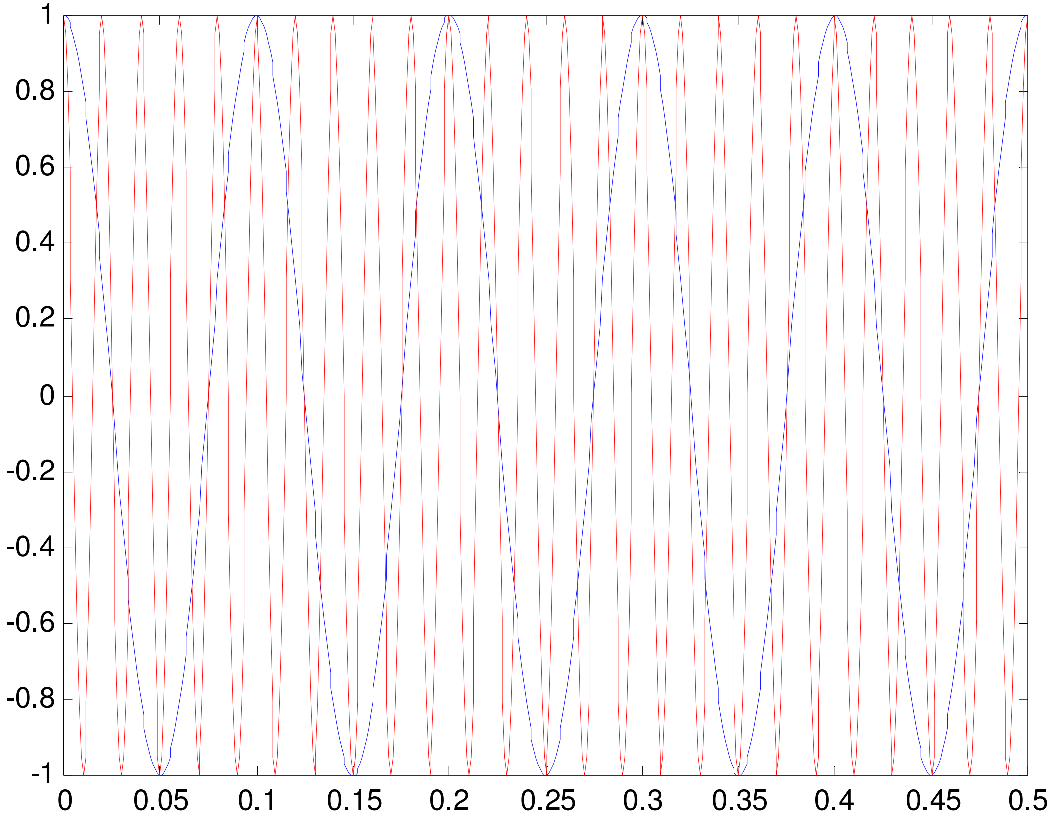
$F_{max} = F_s/2 = 1/2T$ y $\Omega_{max} = \pi F_s = \pi / T$

Por tanto cuando se muestrea a una velocidad Fs ➔ la máxima Frecuencia que puede determinarse unívocamente es Fs /2

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.4.4. CONVERSIÓN ANALÓGICO-DIGITAL Y D/A

Muestreo de Señales Analógicas



$x1(t) = \cos 2\pi(10)t$: Azul

$x2(t) = \cos 2\pi(50)t$: Roja

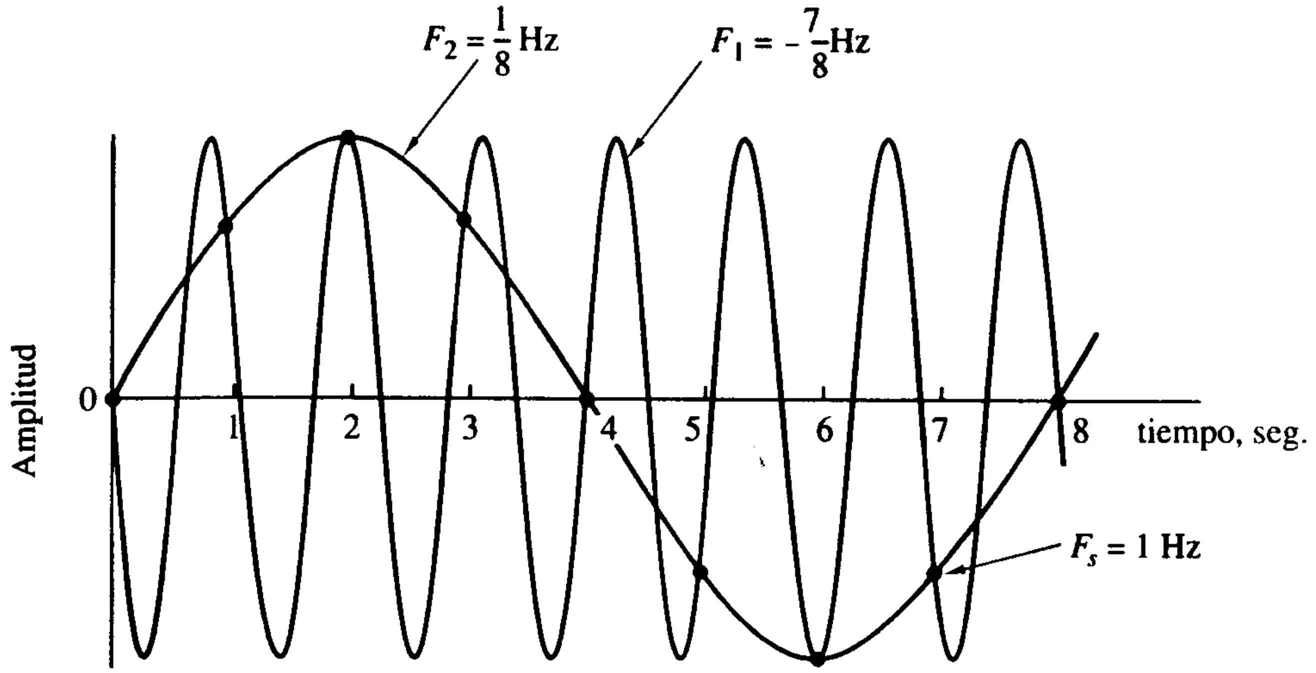
Muestreo a $F_s = 40$ Hz

$F_2 = 50$ Hz es un alias de la frecuencia $F_1 = 10$ Hz a la velocidad de muestreo de 40 Hz

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.4.4. CONVERSIÓN ANALÓGICO-DIGITAL Y D/A

Muestreo de Señales Analógicas



Ejemplo del fenómeno de aliasing

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.4.4. CONVERSIÓN ANALÓGICO-DIGITAL Y D/A

Teorema del Muestreo

¿Cómo se elige la velocidad de muestreo Fs?

- ¿Cuál es el contenido frecuencia de la señal?

Supongamos que la señal no excede un Fmax ➔
➔1º filtro todas las frecuencias por encima de Fmax

- Como sé que si muestreo a Fs = 1/T ➔ la máxima frecuencia que puedo reconstruir es Fs /2 ➔ Escojo Fs:

Fs /2 > Fmax y así evito el aliasing

Fs > 2 Fmax

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.4.4. CONVERSIÓN ANALÓGICO-DIGITAL Y D/A

Teorema del Muestreo

- La fórmula de interpolación ideal o "apropiada" se especifica mediante el "teorema del muestreo"

TEOREMA: *Si la frecuencia más alta contenida en una señal analógica xa(t) es Fmax = B y la señal se muestrea a una velocidad Fs > 2 B, entonces xa(t) se puede recuperar totalmente a partir de sus muestras mediante la siguiente función de interpolación:*

$$g(t) = \frac{sen 2\pi Bt}{2\pi Bt} \longrightarrow x_a(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x_a\left(\frac{n}{Fs}\right) g\left(t - \frac{n}{Fs}\right)$$

Si Fs = 2B

$$x_a(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x_a\left(\frac{n}{2B}\right) \frac{sen 2\pi B(t - n/2B)}{2\pi B(t - n/2B)}$$

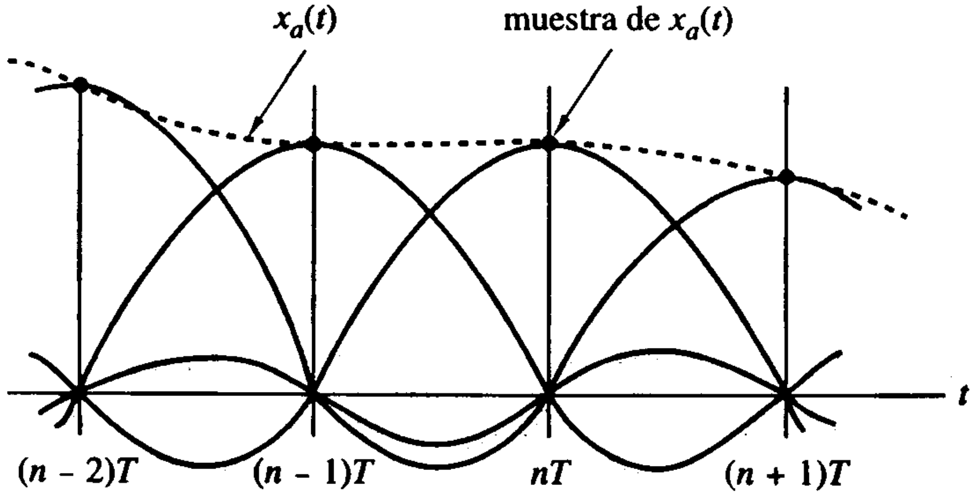
TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.4.4. CONVERSIÓN ANALÓGICO-DIGITAL Y D/A

Teorema del Muestreo

- $x_a(n/Fs)$ son las muestras de $x_a(t)$.

- La tasa de muestreo $F_N = 2B = 2$ Fmax : Tasa de Nyquist



Conversión (interpolación) D/A ideal

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.4.4. CONVERSIÓN ANALÓGICO-DIGITAL Y D/A

Cuantificación de señales de amplitud continua

Cuantifícación: Proceso de convertir una señal en tiempo discreto de amplitud continua en una señal digital, expresando cada muestra por medio de un nº finito (en vez de infinito) de dígitos.

Error de Cuantificación: El cometido al representar la señal de valor continuo por un conjunto finito de valores discretos.

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.4.4. CONVERSIÓN ANALÓGICO-DIGITAL Y D/A

Cuantificación de señales de amplitud continua

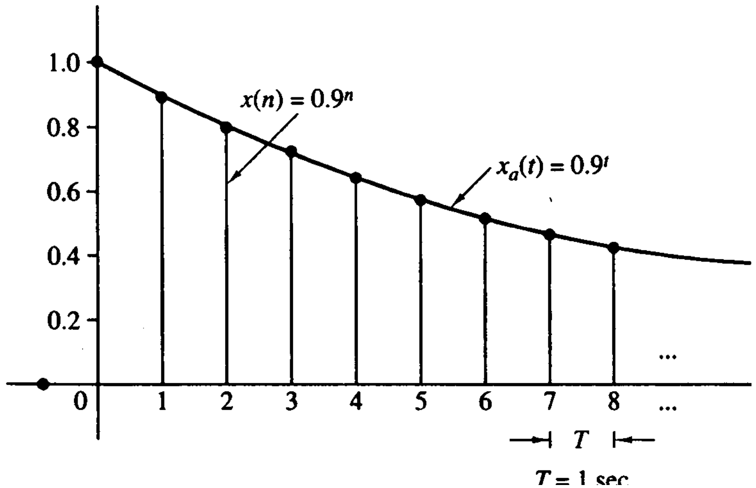
TABLA 1.2 ILUSTRACIÓN DE LA CUANTIFICACIÓN CON UN SÓLO DÍGITO POR REDONDEO O TRUNCAMIENTO

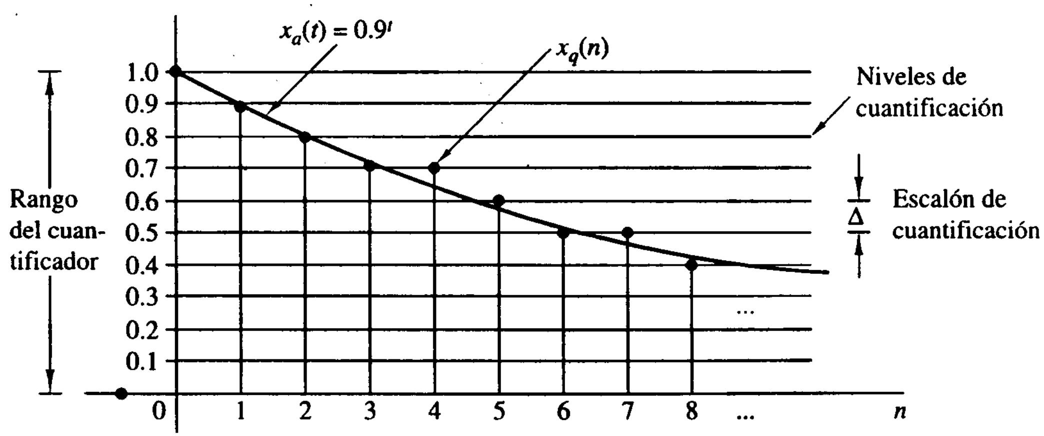
n	$x(n)$ Señal en tiempo discreto	$x_q(n)$ (Truncamiento)	$x_q(n)$ (Redondeo)	$e_q(n) = x_q(n) - x(n)$ (Redondeo)
0	1	1.0	1.0	0.0
1	0.9	0.9	0.9	0.0
2	0.81	0.8	0.8	−0.01
3	0.729	0.7	0.7	−0.029
4	0.6561	0.6	0.7	0.0439
5	0.59049	0.5	0.6	0.00951
6	0.531441	0.5	0.5	−0.031441
7	0.4782969	0.4	0.5	0.0217031
8	0.43046721	0.4	0.4	−0.03046721
9	0.387420489	0.3	0.4	0.012579511

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.4.4. CONVERSIÓN ANALÓGICO-DIGITAL Y D/A

Cuantificación de señales de amplitud continua





(b)

Señal muestreada a Fs = 1Hz

$$\Delta = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{L-1}$$

con L: nº niveles de cuantificación

Rango Dinámico= x_{max} - x_{min}

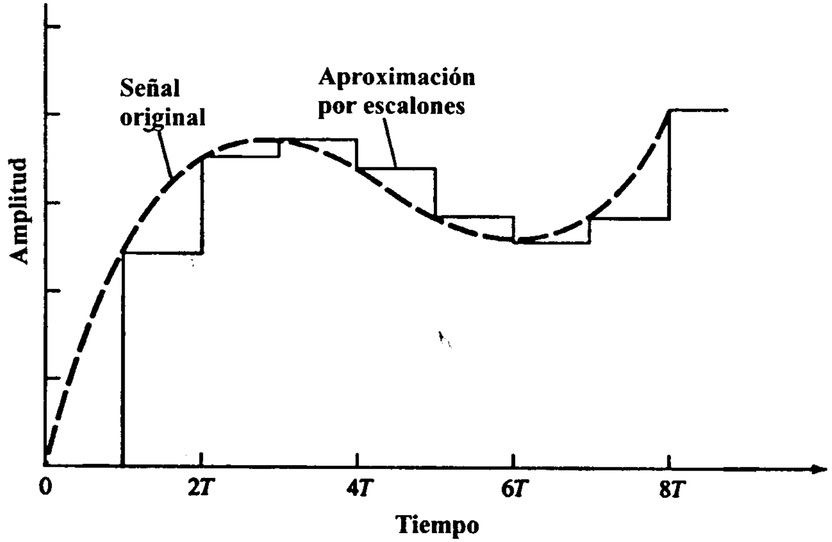
$-\Delta/2 < eq(n) < \Delta/2$

Si aumenta L ➔ disminuye Δ ➔ eq menor ➔ Aumenta la precisión del cuantificador

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.4.4. CONVERSIÓN ANALÓGICO-DIGITAL Y D/A

Conversión digital a analógica



Se trata de un proceso de interpolación, cuya precisión depende del proceso D/A previo.

Es importante elegir bien la tasa de muestreo para evitar los fenómenos de aliasing (solapamiento).

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.4.5 TRANSFORMADAS: DE FOURIER, DISCRETA DE FOURIER Y RAPIDA DE FOURIER.

- Señal periódica en t:

$$a(t) = \underbrace{\sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos(\omega_k t) + \sum_{k=1}^{\infty} b_k sen(\omega_k t)}_{\text{Series de Fourier}}; \quad con \quad \omega_k = 2\pi k / T$$

con:

$$a_k = \frac{2}{T}\int_0^T a(\tau)\cos(\omega_k \tau)d\tau; \quad b_k = \frac{2}{T}\int_0^T a(\tau)sen(\omega_k \tau)d\tau$$

<u>T. Directa</u> <u>T. Inversa</u>

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-i\omega t}dt; \quad y \quad f(t) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} F(\omega)e^{i\omega t}d\omega$$

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.4.5 TRANSFORMADAS: DE FOURIER, DISCRETA DE FOURIER Y RAPIDA DE FOURIER.

- Señal digital discretizada (sismograma, acelerograma)

$$\tilde{F}(\omega) = \sum_{-\infty}^{\infty} f(n\tau) e^{-i\omega n\tau} \quad con \quad \omega \in [-\omega_c, \omega_c] \quad y \quad \omega_c = \frac{\pi}{\tau}$$

Si f(t) se ha discretizado en N puntos a intervalos regulares τ ➔

$$F_N\left(k\frac{2\pi}{T}\right) = \sum_{j=0}^{N-1} f(j\tau) e^{-i\frac{2\pi}{N}kj}; \quad con\ k = 0,\ldots,N-1$$

T. Discreta de F.

y T duración del sismograma.

Sólo se necesitan N/2 términos ➔

$$F\left(k\frac{2\pi}{T}\right) \approx \tau\sum_{j=0}^{N-1} f(j\tau) e^{-i\frac{2\pi}{N}kj} = \tau F_N\left(k\frac{2\pi}{T}\right); \quad con\ k = 0,\ldots,n \leq \frac{N}{2}$$

FFT: Algoritmo para el cálculo de la TDF

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.5. LIBROS Y REVISTAS

<u>Clasicos:</u>

- Mallet (1862) "Great Napolitan Eartquake of 1857: The first Principles of Observational Seismology", (Londres).
- Milne (1886) "Earthquakes and Other Earth Movements", New York.
- Hoernes (1893) "Erdbebenkunde", Leipzig.
- Sieberg (1904) "Handbuch der Erdbebenkunde", Braunschweig
- Hobbs (1908) " Earthquakes. An Introduction to Seismic Geology", Londres
- Galitzin (1914) " Vorlesungen der Seismometrie", Leipzig

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.5. LIBROS Y REVISTAS

Modernos:

- Malcewane and Sohon (1936) “Introduction to Theoritecal Seismology Part I, Geodynamics and Part II, Seismometry”
- Byerly (1942) “Seismology”
- Bullen (1947) “An Introduction to the Theory of Seismology”
- Richter (1958) “Elementary Seismology”
- Sawarensky and Kirnps (1960) “ Elemente der Seismologie und Seimometrie”
- Bath (1973) “ Introduction to Seismology”

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

1.5. LIBROS Y REVISTAS

Modernos:

- Pilat (1979) “Elastic waves in the Earth”
- Aki and Richards (1980) “Quantitative Seismology. Theory and methods”
- Ben Menahem and Singh (1981) “Seismic waves and sources”
- Bullen, K.E. y Bolt, B.A. (1985) “An Introduction to the theory of seismology”.
- Dahlen and Tromp (1998) “Theoretical global seismology”.

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

<u>Modernos:</u>

- Shearer, P.M. (1999) “Introduction to Seismology”
- Udías, A. (1999) “ Principles of Seismology”
- Lee, W.H., Kanamori, H., Jennings, P.C. and Kisslinger,c. (2002) Eearthquake and Engineering Seismology

<u>Revistas:</u>

Bulletin of the Seismological Society of America (1911)

- Bulletin of the Earthquake Research Institute of Tokyo Univ. (1926)
- Earthquakes Notes (1929) ➔ Seismological Research Letters (1987)
- Earthquake Engineering and Structural Dynamics
- European Earthquake Engineering.
- Soil Dynamics and Earthquake Engineering
- Earthquake Spectra