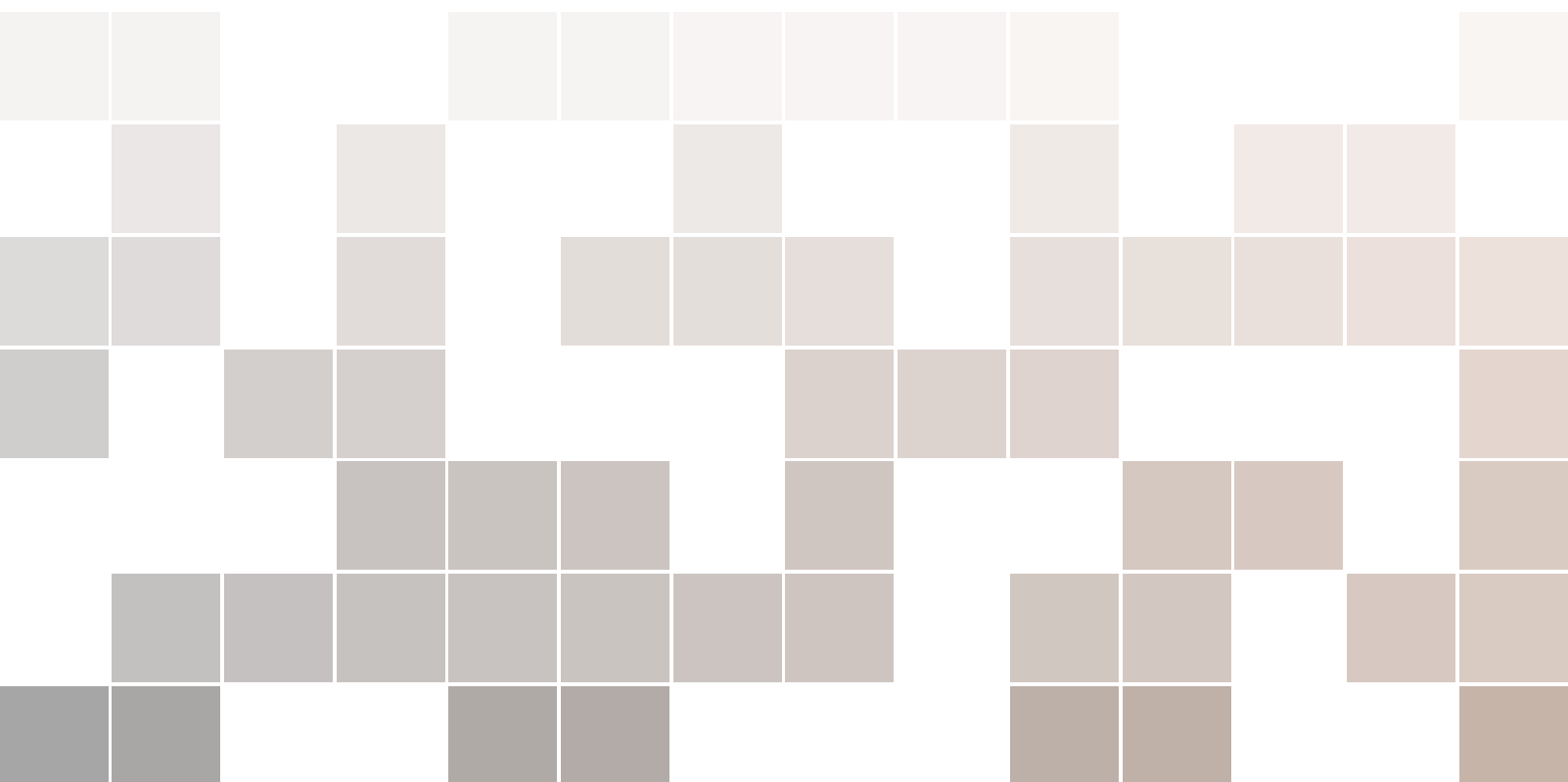


Sistemas Lineales

Apuntes para el curso de Sistemas Lineales

COLABORADOR 1



Copyright © 2026 Colaborador 1

PUBLISHED BY PUBLISHER

BOOK-WEBSITE.COM

Licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 License (the “License”). You may not use this file except in compliance with the License. You may obtain a copy of the License at <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>. Unless required by applicable law or agreed to in writing, software distributed under the License is distributed on an “AS IS” BASIS, WITHOUT WARRANTIES OR CONDITIONS OF ANY KIND, either express or implied. See the License for the specific language governing permissions and limitations under the License.

First printing, 2026



Contents

1	Introducción	4
1.1	Señales y sistemas	4
1.2	Problemas de procesamiento de señales	5
1.3	Clases de señales	6
1.4	Ejemplos de señales y sistemas	7
2	Parte I – Introducción a los sistemas lineales	9

I

Parte I Introducción a los sistemas lineales

1. Introducción

1.1 Señales y sistemas

Los conceptos de señales y sistemas surgen en gran variedad de campos. Tienen gran importancia en áreas tan diversas como: comunicaciones, aeronáutica, diseño de circuitos, acústica, ingeniería biomédica, ...

Aunque la naturaleza física de estas señales y sistemas pueda ser muy distinta, hay dos elementos comunes que permiten estudiarlas de forma conjunta:

- **Señales:** cualquier función de una o más variables independientes que porta o contiene alguna información sobre el comportamiento o la naturaleza de algún fenómeno y que puede ser almacenada, presentada o manipulada.

Se caracterizan por:

- Pueden ser medidas.
- Transportan alguna información.

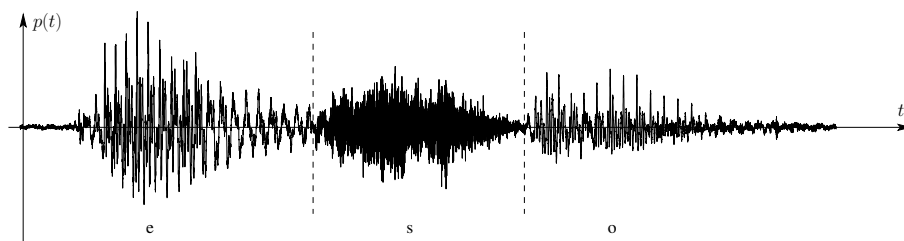


Figure 1.1: Ejemplo de señal

- **Sistemas:** cualquier proceso a través del cual unas señales se transforman en otras. Responden a la señal de entrada produciendo otra señal de salida o un cierto comportamiento. También se llama sistema al medio físico que soporta las señales. Las vamos a ver como “cajas negras”.

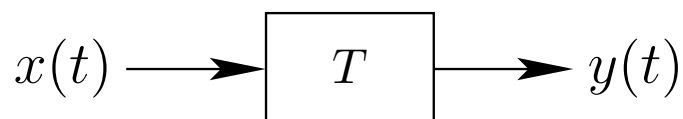
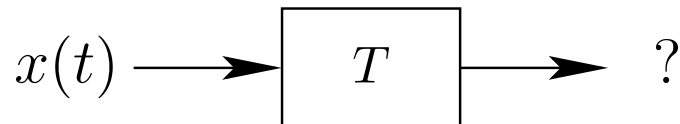


Figure 1.2: Ejemplo de sistema

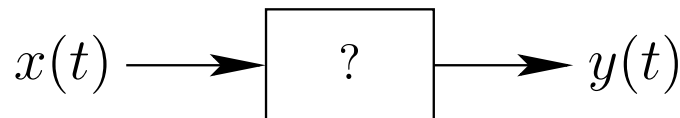
Ejemplo: Sistema: circuito eléctrico. Señales: voltajes y corrientes en el circuito, en función del tiempo.

1.2 Problemas de procesamiento de señales

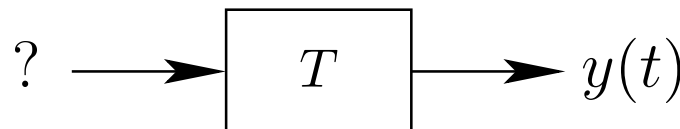
- **Análisis:** estudiar la respuesta de un sistema específico a diversas entradas. (Convolución).
Ejemplo: análisis de circuitos.



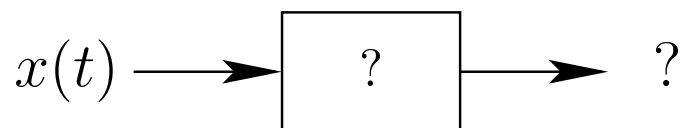
- **Diseño o identificación:** diseñar sistemas para procesar señales de determinada forma.
Ejemplos: restauración (voz, imagen, ...), realce, extracción de características.



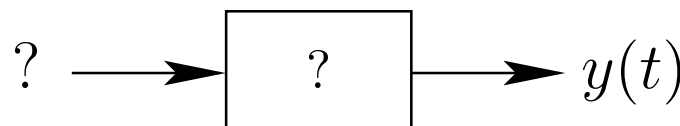
- **Deconvolución:** obtener entrada para un sistema dado a partir de su salida. Ejemplos: eliminar aberraciones en lentes de cámaras fotográficas o movimiento.



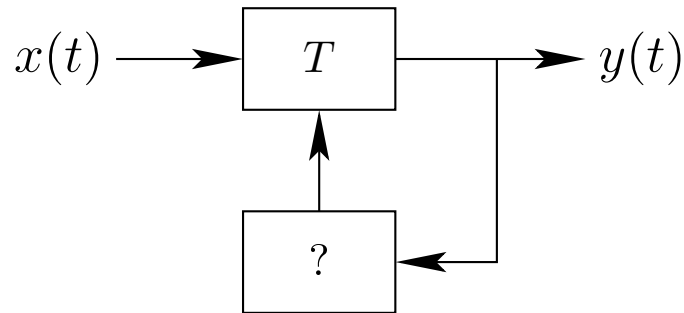
- **Filtrado:** obtener el sistema y la señal de salida que permite modificar una señal de entrada de determinada forma. Ejemplo: eliminar altas frecuencias de señal musical.



- **Modelado:** diseñar un sistema y la señal de entrada que nos permite obtener una salida determinada. Ejemplo: sintetizar voz.



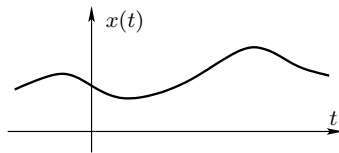
- **Control:** diseñar un sistema que controle a otro a partir de su salida. Ejemplos: sistema de control de planta química, piloto automático.
-



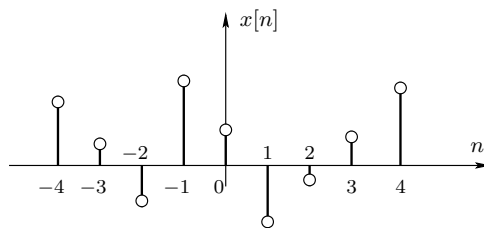
1.3 Clases de señales

Tipos de señales:

- Según el rango de variabilidad de la variable independiente: continua vs. discreta.

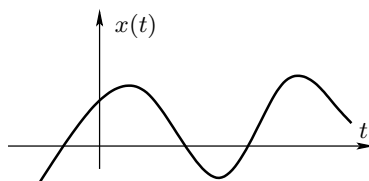


Señal continua

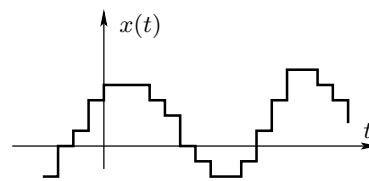


Señal discreta

- **Continua:** valores para todos los puntos del eje de abscisas. Ejemplo: señales en circuitos eléctricos y mecánicos.
- **Discreta:** valores en puntos discretos y equiespaciados del eje de abscisas. Ejemplo: promedio de la bolsa cada día.
- Según el rango de variabilidad de la variable dependiente: analógica vs. digital.

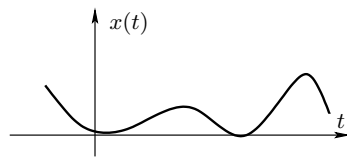


Señal analógica

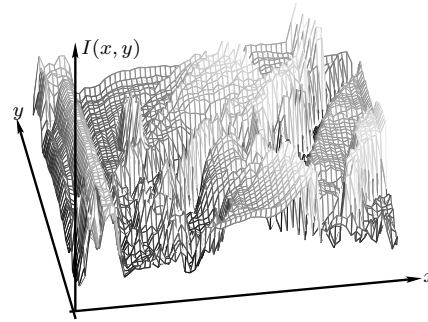


Señal digital

- **Analógica:** puede tomar cualquier valor dentro de un rango. Ejemplo: temperatura.
- **Digital:** puede tomar sólo valores cuantizados. Ejemplo: luz encendida o apagada.
- Según el número de variables independientes: unidimensional vs. multidimensional.
- Según la incertidumbre de la variable dependiente: señal determinista vs. aleatoria.
 - **Determinista:** se conocen los valores que toma en todos y cada uno de sus instantes.
 - **Aleatoria o estocástica:** hay incertidumbre sobre el valor que toma en alguno de sus instantes. Asociado al concepto de probabilidad.



Señal unidimensional



Señal bidimensional

$$\text{Señal} \left\{ \begin{array}{l} \text{Determinista} \left\{ \begin{array}{l} \text{Estacionaria} \left\{ \begin{array}{l} \text{Periódica} \\ \text{No periódica} \end{array} \right. \\ \text{No Estacionaria} \end{array} \right. \\ \text{Aleatoria o Estocástica} \left\{ \begin{array}{l} \text{Estacionaria} \left\{ \begin{array}{l} \text{Ergódica} \\ \text{No ergódica} \end{array} \right. \\ \text{No estacionaria} \end{array} \right. \end{array} \right. \quad (1.1)$$

Tipos de sistemas: continuos, discretos, analógicos, digitales.

1.4 Ejemplos de señales y sistemas

Ejemplos de señales:

- Habla: telefonía, radio, ..., vida cotidiana.
- Señales biomédicas:
 - 1-D: encefalograma, electrocardiograma.
 - 2-D: radiografía, angiografía, ecografía.
 - 3-D: TAC, RM, ultrasonidos 3D, vídeo.
 - 4-D: secuencias temporales de volúmenes.
 - N-D: volúmenes con datos tensoriales para estudiar fibras nerviosas del cerebro.
- Sonido y música.
- Vídeo e imagen.
- Señales de radar, sonar, satélite.
- Comunicación de datos entre ordenadores.

Otros ejemplos:

- Circuitos eléctricos:
 - Señales: $I(t), V(t)$.
 - Sistema: propio circuito.
- Automóvil:
 - Señales: entrada: presión en pedales y giro del volante. Salida: aceleración y dirección del automóvil.
 - Sistema: automóvil.
- Compresión de imagen:
 - Señales: imagen comprimida y sin comprimir.
 - Sistemas: compresor y descompresor.
- Transmisión de señal de radio:

- Señal: señal de audio modulada.
- Sistema: medio de transmisión (atmósfera).

Ejemplos de procesamiento de señal:

- Eliminación de ruido en voz de piloto de avión (comunicaciones).
- Realce de fotografías.
- Extracción de parámetros de interés:
 - Formantes de la voz (identificación).
 - Reconocimiento de habla.
 - Identificación de formas (visión artificial).

An aerial photograph of a city skyline at sunset. The sky is filled with dramatic, dark clouds illuminated from below by the setting sun, creating a warm orange and yellow glow. In the foreground, a dense, green forest covers the landscape. In the distance, a city skyline is visible, with several tall buildings standing out against the horizon. A semi-transparent text box with a red border is overlaid on the lower part of the image.

2. Parte I – Introducción a los sistemas lineales



Introducción a los sistemas lineales

En este tema vamos a describir el lenguaje matemático que nos permitirá desarrollar herramientas muy poderosas para analizar señales y sistemas en muy diversos campos.