

# Teoría de la Comunicación

## Grado en Ingeniería Telemática

Curso 2010/2011

[www.tsc.uc3m.es/~mlazaro/Docencia/TC.html](http://www.tsc.uc3m.es/~mlazaro/Docencia/TC.html)

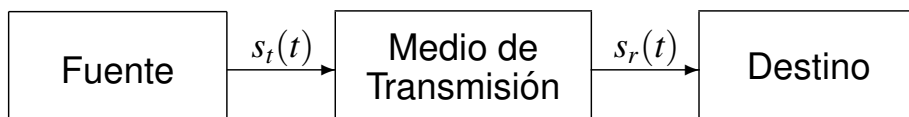
Universidad Carlos III de Madrid

## Profesores de la asignatura

- Coordinador  
Marcelino Lázaro  
Despacho: 4.3.B02  
Tfno: 91 624 8446  
[mlazaro@tsc.uc3m.es](mailto:mlazaro@tsc.uc3m.es)
- Clases de problemas  
Jorge Plata Chaves  
Despacho: 4.3.B.01  
Tfno: 91 624 8839  
[jplata@tsc.uc3m.es](mailto:jplata@tsc.uc3m.es)

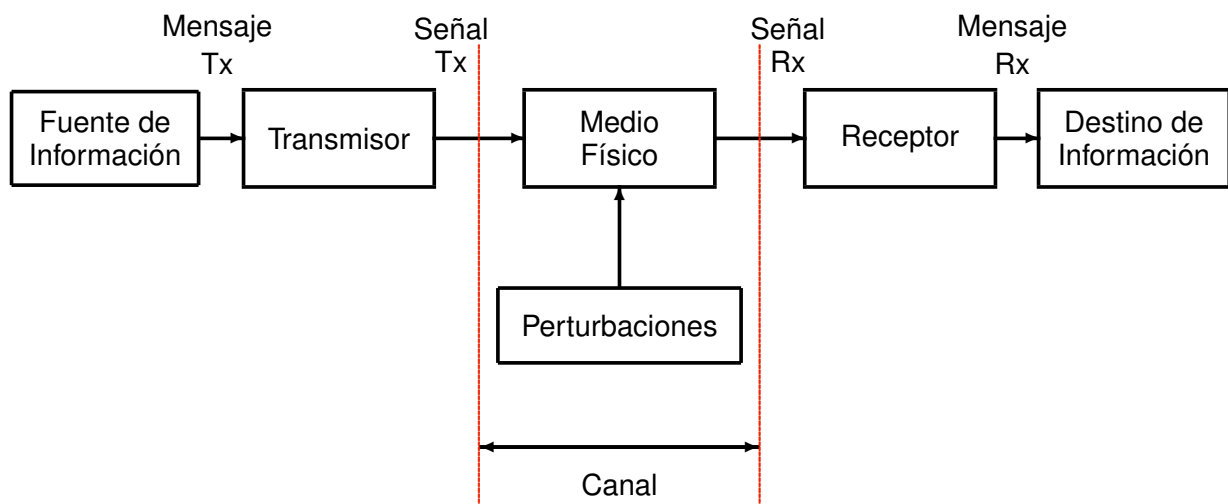
## Definición de un sistema de comunicaciones

- Finalidad de un sistema de comunicaciones: *transmisión*
- Transmisión: *Proceso de **enviar**, transportar, información de un punto (fuente) hasta otro punto (destino) a través de un canal o medio de transmisión*



- Elementos necesarios para la transmisión
  - Transductores
  - Protocolo
  - Señalización
  - Interfaces

## Esquema funcional



## Fuente de información

- Mensaje: Manifestación física de la información
  - Transductor
- Clasificación (en función del formato):
  - Fuente Analógica
    - Mensajes: forma de onda continua
    - Objetivo de la transmisión: *Fidelidad*
  - Fuente Digital
    - Información contenida en un conjunto de símbolos (alfabeto finito)
    - Se envían en tiempo discreto (Velocidad de transmisión)
    - Objetivo de la transmisión: *Probabilidad de error* ↓

## Transmisor / Canal

- Transmisor
  - Adecuación de la señal a las características del canal (Modulación)
    - Conocimiento relativo del canal
- Canal
  - Medio físico para enviar la información
    - Cables, fibra óptica, espectro radioeléctrico, ...
  - Canal ideal
    - Retardo
    - Atenuación
  - Efectos no deseados
    - Distorsión lineal
    - Distorsión no lineal
    - Ruido

## Receptor

- Función: Recuperar el mensaje original a partir de la señal recibida
- Objetivo: Fidelidad
  - Demodulación
  - Rechazar en lo posible todas las perturbaciones
  - Deshacer las distorsiones del canal
    - Más sencillo en sistemas digitales

## Señales

- Definición: Funciones con las que representamos variaciones de una magnitud física a lo largo del tiempo
- Clasificación según la naturaleza de la variable independiente
  - En tiempo continuo:  $x(t)$
  - En tiempo discreto:  $x[n]$
- Clasificación según la naturaleza de la señal
  - Determinista
    - Conocida completamente en cualquier instante de tiempo
    - Señalización, códigos de encriptación o codificación
  - Aleatoria
    - Desconocida en cualquier instante de tiempo
    - Conocimiento estadístico
    - Ejemplos: Señales de información, ruido e interferencias
- Sistemas: transforman señales

- Señales deterministas
  - Dominio del tiempo: **Sistemas y circuitos**
    - Valor medio
    - Energía/Potencia
      - Señal de energía:  $E_x < \infty$  ( $P_x = 0$ )
      - Señal de potencia:  $0 < P_x < \infty$  ( $E_x = \infty$ )
    - Valor eficaz: valor de continua con la misma potencia
    - Operaciones básicas (desplazamiento, escalado,...)
    - Señales básicas
    - Sistemas lineales e invariantes: convolución
  - Dominio de la frecuencia : **Sistemas lineales**
    - Señales periódicas ( $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0}$ ): Desarrollo en Serie de Fourier
    - Señales aperiódicas: Transformada de Fourier
    - Sistemas lineales en el dominio transformado
- Señales aleatorias
  - **Teoría de la Comunicación**

## Caracterización de señales aleatorias

- Caracterización:  $x(t) \rightarrow$  Proceso Aleatorio  $X(t)$
- Parámetros estadísticos del proceso
  - Operador esperanza matemática (valor esperado)

$$E[\cdot] = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_T \cdot dt$$

- Media:  $m_X(t) = E[X(t)]$
  - Autocorrelación :  $R_X(t_1, t_2) = E[X(t_1) \cdot X(t_2)]$
  - Densidad espectral de potencia:  $S_X(j\omega) = \mathcal{TF}[\langle R_X(t_1, t_2) \rangle]$
- Relaciones de estos parámetros en sistemas lineales

- Sistema de comunicaciones analógico
  - Diseñado para enviar como información una forma de onda continua
- Sistema de comunicaciones digital
  - Diseñado para enviar como información una secuencia de símbolos pertenecientes a un alfabeto finito
    - Ejemplo más común: Bits:  $\{0, 1\}$
- Preponderancia de los sistemas de comunicaciones digitales
  - Mayor resistencia a las distorsiones (calidad)
  - Formato independiente del tipo de información
    - Conversión analógico/digital (A/D)
    - Conversión digital/analógico (D/A)
  - Mayor flexibilidad
  - Menor coste

## Objetivos de la asignatura

- Introducir la caracterización estadística tanto de las señales como del ruido en un sistema de comunicaciones
- Presentar el concepto de modulación en sistemas analógicos
- Formar la base del núcleo de conocimientos sobre comunicaciones digitales
  - Modulación y detección en canales gaussianos
  - Límites fundamentales en las comunicaciones digitales
  - Concepto de codificación

## Temario de la asignatura

- 1 Introducción
- 2 Ruido en los sistemas de comunicación
  - Probabilidad y procesos aleatorios
  - Caracterización del ruido
- 3 Modulación y detección en canales gaussianos
  - Modelo de comunicación digital
  - Modulación de señales digitales (transmisión)
  - Detección de señales (recepción)
- 4 Teoría de la información
  - Medidas de información
  - Límites fundamentales en las comunicaciones digitales
- 5 Modulaciones analógicas
  - Modulaciones lineales
  - Modulaciones angulares

## Bibliografía recomendada

### Bibliografía Básica

- 1 A. Artés et al. “Comunicaciones Digitales”, Pearson Educación, 2007
- 2 J.G. Proakis, M. Salehi. “Communication Systems Engineering” (2ª Ed.), Prentice-Hall, 1994

### Bibliografía Complementaria

- 1 A. Papoulis. “Probability, random variables, and stochastic processes”, (3ª Ed.), McGraw-Hill, 1991
- 2 A.B. Carlson. “Communication Systems” (2ª Ed.), McGraw-Hill, 1986
- 3 S. Haykin. “An Introduction to Analog and Digital Communications”, Wiley, 1989
- 4 B. Sklar. “Digital communications : fundamentals and applications”, Prentice Hall, 2001

- Material didáctico
  - Aula Global
  - Página web de la asignatura
    - [www.tsc.uc3m.es/~mlazaro/Docencia/TC.html](http://www.tsc.uc3m.es/~mlazaro/Docencia/TC.html)
- Tutorías
  - Tutorías individuales
    - Miércoles 18:00-19:00h (horario preferente)
    - Solicitud previa (preferencia)
  - Tutorías colectivas
    - Fecha a determinar

## Criterios de evaluación

- Opción de evaluación continua
  - Evaluación continua (40% : 4 puntos):
    - Prueba al final de cada tema (2,5 puntos)
      - Pruebas progresivas: 0,25 + 0,5 + 0,75 + 1
    - Problemas de la asignatura (1 punto)
      - Entrega de los problemas
      - Asistencia a las clases de problemas
      - Presentación de la resolución de problemas en clase
    - Prácticas en laboratorio - Obligatorias (0,5 puntos)
  - Examen final (60% : 6 puntos):
    - Teoría (≈40%): sin bibliografía
    - Problemas (≈60%): con bibliografía
- Opción examen final
  - Convocatoria ordinaria: Examen final (6 puntos)
  - Convocatoria extraordinaria: Examen final (7,5 puntos)



## Calificaciones adicionales (participación voluntaria)

- Participación en clase (Evaluación continua)
  - Procedimiento
    - Asistencia a un mínimo del 90% de las clases de teoría
    - Preguntas/respuestas en el desarrollo de la clase
    - Respuesta a cuestionarios
  - Valoración
    - Hasta 1 punto adicional