

# Teoría de la Comunicación

Apuntes de clase

Javier Rodrigo López <sup>1</sup>

9 de febrero de 2021



<sup>1</sup>Correo electrónico: [javiolonchelo@gmail.com](mailto:javiolonchelo@gmail.com)



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID



## Introducción

---

Imagen de la portada: *Le magie noire*, por René Magritte.

Esta asignatura es básica para cualquier ingeniería de Telecomunicaciones. Se basa principalmente en las matemáticas explicadas en Señales y Sistemas. Por ello, para las prácticas de laboratorio usaremos MATLAB.

El Bloque 1 representa el 40 %

La evaluación del laboratorio se realizará a partir de los informes de las prácticas (50 %) y del examen (50 %).

Teoría 90 % + LAB 10 %

Repasar presentación en powerpoint para completar introducción.

# Índice general

Introducción . . . . .	2
<b>1. Modelo de sistema de comunicación</b> . . . . .	<b>7</b>
1.1. Definiciones básicas . . . . .	7
1.2. Esquema funcional de un sistema de comunicación . . . . .	7
1.2.1. Fuentes de información . . . . .	7
1.2.2. Transmisor . . . . .	8
<b>2. Caracterización de señales</b> . . . . .	<b>9</b>
2.1. Representaciones logarítmicas . . . . .	9
2.2. Caracterización Temporal . . . . .	9
2.3. Caracterización Espectral . . . . .	9
2.4. Señales habituales . . . . .	9
<b>3. Ruido térmico</b> . . . . .	<b>11</b>
3.1. Caracterización del ruido térmico . . . . .	11
3.2. Caracterización del ruido en cuadripolos y dipolos . . . . .	11
3.3. Fórmula de Fris . . . . .	11
3.4. Modelo de un Analizador de Espectros . . . . .	11
<b>4. Distorsión</b> . . . . .	<b>13</b>
4.1. Tipos de distorsión . . . . .	13
4.2. Distorsión lineal . . . . .	13
4.3. Distorsión no lineal . . . . .	13
<b>5. Modulaciones analógicas</b> . . . . .	<b>15</b>
5.1. Concepto de modulación y tipos . . . . .	15
5.2. Modulaciones lineales: AM, DBL . . . . .	15
5.3. Modulaciones angulares: FM . . . . .	15
5.4. Calidad . . . . .	15
<b>6. Conversión A/D y codificación PCM</b> . . . . .	<b>17</b>
6.1. Elementos de un sistema de comunicaciones digitales . . . . .	17
6.2. Conversión A/D . . . . .	17
6.3. Cuantificación uniforme y no uniforme . . . . .	17
6.4. Multiplex por División en el Tiempo (TDM) . . . . .	17
<b>7. Transmisión digital por canales de ancho de banda limitado</b> . . . . .	<b>19</b>
7.1. Modelo de Transmisión Digital . . . . .	19
7.2. Ancho de banda de señales banda base . . . . .	19
7.3. Interferencia entre símbolos (ISI) . . . . .	19
7.4. Criterio de Nyquist . . . . .	19
7.5. Filtrado en coseno alzado . . . . .	19
7.6. Diagrama de ojos . . . . .	19
7.7. Códigos de línea . . . . .	19
<b>8. Transmisión digital banda base con ruido</b> . . . . .	<b>21</b>
8.1. Representación geométrica de señales . . . . .	21
8.2. Implementaciones del receptor: correlador, filtro atrapado . . . . .	21
8.3. Teoría de la Detección (receptor binario óptimo) . . . . .	21
8.4. Probabilidad de error en sistemas binarios . . . . .	21

8.5. Ejemplos de expresiones de probabilidad de error para varias señalizaciones binarias . . . . .	21
--	----

<b>9. Modulaciones digitales</b>	<b>23</b>
9.1. Modulaciones lineales. Fórmulas básicas . . . . .	23
9.2. ASK . . . . .	23
9.3. PSK . . . . .	23
9.4. QAM y APK . . . . .	23
9.5. FSK . . . . .	23
9.6. Comparación entre modulaciones digitales . . . . .	23

Javier Rodrigo López

# Capítulo 1

## Modelo de sistema de comunicación

### 1.1 Definiciones básicas

---

La **ITU** (Unión Internacional de Telecomunicaciones) nos indica la terminología que debemos usar en el ámbito de las telecomunicaciones.

**Canal de transmisión:** Conjunto de medios necesarios para asegurar la transmisión de señales en un sentido entre dos puntos.

**Señal:** Fenómeno físico en el cual pueden variar una o más características para **representar información**.

- **Canal de frecuencia:** Parte del espectro de frecuencias que se destina a ser utilizado para la transmisión de señales y que puede determinarse por su frecuencia central y el ancho de banda asociado.

**Telecomunicación:** Tota transmisión, emisión o recepción de señales que representan signos, escritura, imágenes y sonidos o **información de cualquier naturaleza** por hilo, ondas electromagnéticas, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos.

**Teoría de la comunicación:** Tiene por objeto encontrar las técnicas más adecuadas que, con los condicionantes económicos, tecnológicos... permiten optimizar el **consumo de ancho de banda** (BW) y **potencia** ( $P$ ) para poder transmitir una determinada información con una **calidad determinada**.

### 1.2 Esquema funcional de un sistema de comunicación

---

FALTA AÑADIR IMAGEN

#### 1.2.1. Fuentes de información

Las diferentes fuentes de información pueden clasificarse como:

**Analógica** La información a transmitir es una señal continua en el tiempo. Cabe mencionar que las señales analógicas pueden digitalizarse. Por ejemplo, una forma de conseguirlo sería mediante cuantificación y codificación PCM (explicado más adelante, falta añadir una referencia cuando llegemos a esa parte del temario, en el Tema 6).

**Digital** La información consiste en símbolos pertenecientes a un alfabeto finito, que se envían secuencialmente en intervalos discretos de tiempo. Los **símbolos** son los posibles valores que puede tomar. Por ejemplo, una señal digital binaria tiene dos símbolos.

### 1.2.2. Transmisor

El transmisor convierte la señal de información (fuente) en señales eléctricas o electromagnéticas (formas de onda) adecuadas para su transmisión a través del medio físico (canal de comunicaciones).

Existen varios tipos de transmisiones:

- Transmisión **banda base**  $\longleftrightarrow$  Transmisión paso banda (**modulación**).
  - En banda base: Se emite la información en la misma banda que ocupa, como se generó la fuente.
  - Con modulación: La banda ocupada por la información se traslada a otra más alta. Esto se hace para:
    - Adaptar la banda transmitida a los requerimientos del canal.
    - Multiplexar señales. Es decir, permitir que varias compartan el mismo canal de comunicaciones. **FDM** (Multiplex por división en frecuencia).
  
- Transmisión **analógica**  $\longleftrightarrow$  Transmisión **digital**

#### Modulación

---

La señal moduladora modula una señal portadora (sinusoidal en nuestro caso)

$$S_{\text{moduladora}}(t)$$

$$x_p(t) = A \sin(\omega t + \phi)$$

$$\omega_c = 2\pi f_c$$

[Representación del espectro del seno]

Portadora	Analógica	Digital
Senoidal	AM <sup>1</sup>	ASK
	FM	FSK
	PM	PSK
Cuadrada	PAM o PCM	
	PPM	
	PWM	

---

<sup>1</sup>Modulación en amplitud



## Capítulo 2

# Caracterización de señales

2.1 Representaciones logarítmicas

---

2.2 Caracterización Temporal

---

2.3 Caracterización Espectral

---

2.4 Señales habituales

---

Javier Rodrigo López

## Capítulo 3

# Ruido térmico

### 3.1 Caracterización del ruido térmico

---

### 3.2 Caracterización del ruido en cuadripolos y dipolos

---

### 3.3 Fórmula de Fris

---

### 3.4 Modelo de un Analizador de Espectros

---

Javier Rodrigo López

## Capítulo 4

# Distorsión

### 4.1 Tipos de distorsión

---

### 4.2 Distorsión lineal

---

### 4.3 Distorsión no lineal

---

Javier Rodrigo López

## Capítulo 5

# Modulaciones analógicas

5.1 Concepto de modulación y tipos

---

5.2 Modulaciones lineales: AM, DBL

---

5.3 Modulaciones angulares: FM

---

5.4 Calidad

---

Javier Rodrigo López



## Capítulo 6

# Conversión A/D y codificación PCM

6.1 Elementos de un sistema de comunicaciones digitales

---

6.2 Conversión A/D

---

6.3 Cuatificación uniforme y no uniforme

---

6.4 Multiplex por División en el Tiempo (TDM)

---

Javier Rodrigo López

## Capítulo 7

# Transmisión digital por canales de ancho de banda limitado

7.1 Modelo de Transmisión Digital

---

7.2 Ancho de banda de señales banda base

---

7.3 Interferencia entre símbolos (ISI)

---

7.4 Criterio de Nyquist

---

7.5 Filtrado en coseno alzado

---

7.6 Diagrama de ojos

---

7.7 Códigos de línea

---

Javier Rodrigo López

## Capítulo 8

# Transmisión digital banda base con ruido

8.1 Representación geométrica de señales

---

8.2 Implementaciones del receptor: correlador, filtro atrapado

---

8.3 Teoría de la Detección (receptor binario óptimo)

---

8.4 Probabilidad de error en sistemas binarios

---

8.5 Ejemplos de expresiones de probabilidad de error para varias señalizaciones binarias

---

Javier Rodrigo López

## Capítulo 9

# Modulaciones digitales

9.1 Modulaciones lineales. Fórmulas básicas

---

9.2 ASK

---

9.3 PSK

---

9.4 QAM y APK

---

9.5 FSK

---

9.6 Comparación entre modulaciones digitales

---