

# Teoría de la Comunicación

Apuntes de clase

Javier Rodrigo López <sup>1</sup>

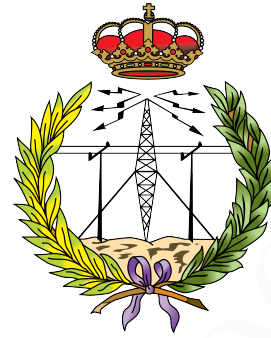
14 de febrero de 2021



<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

Javier Rodrigo López

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 lleguemos 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

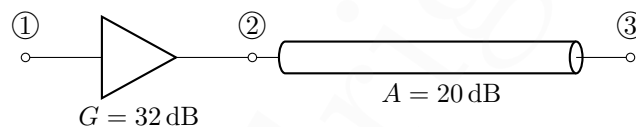
---

#### Ejercicio 1

---

Tenemos un canal de transmisión con un amplificador que ofrece una ganancia  $G$  de 32 dB y un cable muy largo que afecta aplicando una atenuación  $A$  de 20 dB a la señal. A la entrada del amplificador (punto 1), introducimos una señal con amplitud de pico 2 V.

Rellena la tabla con los valores que se piden para cada parte del canal de transmisión.



#### Solución

Las respuestas han sido coloreadas de color verde en la tabla, y a continuación puedes observar la resolución del ejercicio. Existen numerosas formas de llegar al resultado. Esta solución es la que se me ocurrió según lo resolvía.

Magnitud	①	②	③
$x_p$ [V]	2 V	79.62 V	7.96 V
$p$ [W]	0.08 W	126.79 W	1.269 W
$P$ [dBW]	-10.97 dBW	21.03 dBW	1.03 dBW
$P$ [dBm]	19.03 dBm	51.03 dBm	31.03 dBm

### 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

---