

# SISTEMAS DE COMUNICACIONES

## PRÁCTICA 3. Modulación OFDM

**Objetivo:** Que el alumno conozca la aplicación de las series y la transformada discreta de Fourier en la multicanalización por división en frecuencia ortogonal (OFDM).

### Investigación preliminar:

Realice una investigación sobre qué es, cómo funciona y cuáles son las principales aplicaciones de la modulación OFDM. Deberá explicarse con claridad por qué es un tipo de modulación adecuado para combatir el efecto de multi-trayectoria y por qué puede utilizarse para la creación de redes de frecuencia única.

### Procedimiento:

1.- Genere o consiga una señal digital de audio en formato wav de una extensión no mayor a dos segundos, grabada con una precisión de **8 bits por muestra** y una frecuencia de muestreo igual a **8 kHz**.

2.- Desarrolle una función “ofdm” que procese una señal de audio para generar con ella una señal OFDM, utilizando la siguiente sintaxis:

**y = ofdm (arch, modo, modul);**

donde “arch” es el nombre del archivo wav que contiene la señal digital de audio que se procesará; “modo” toma el valor de 0 si se desean generar 2,048 subportadoras (modo 2k) y toma el valor de 1 si se desean generar 8,192 subportadoras (modo 8k), y “modul” toma el valor de 0 si se desea utilizar una modulación QPSK para las subportadoras o toma el valor de 1 si se desea utilizar una modulación 16-QAM. La variable de salida “y” deberá contener un vector con el “equivalente” de la señal OFDM analógica.

La función “ofdm” deberá crear una señal OFDM con base en la señal de audio y los parámetros que se le pasen. Para este fin, deberán seguirse los pasos siguientes:

#### a) Mapeo de modulación

El “mapeo de modulación” consiste en separar cada byte de la señal digital de voz en grupos de 2 bits, si se eligió modulación QPSK, o en grupos de 4 bits, si se eligió la modulación 16-QAM, y asociar a cada grupo de bits las

coordenadas correspondientes, de acuerdo a la constelación del tipo de modulación seleccionado. Cada par coordenado del tipo **(x, y)** se asociará y almacenará en un número complejo de la forma  **$x + jy$** . En el caso de QPSK las coordenadas **x** y **y** toman valores de +/- 1 y en el caso de 16-QAM toman valores de +/- 1 y +/-3, según corresponda.

Para realizar el mapeo de modulación genere la función “mapmodul” con la siguiente sintaxis:

**c = mapmodul (v, modo, modul);**

donde “v” es un vector con los valores muestreados de la voz, “modo” es el modo asociado al número de portadoras y “modul” es la modulación seleccionada, como se indicó anteriormente.

La función “mapmodul” deberá entregar un vector “c” con los valores complejos correspondientes derivados de procesar la señal de audio, como se describió arriba. Los primeros valores del vector “c” deberán indicar el modo de transmisión (2k u 8k) y el tipo de modulación seleccionada (QPSK o 16-QAM), conforme a la siguiente tabla:

<b>QPKS</b>	<b>16-QAM</b>
4 primeros valores de c para el modo y 4 siguientes para el tipo de modulación	2 primeros valores de c para el modo y 2 siguientes para el tipo de modulación

#### b) Formación de tramas

El siguiente paso consiste en la formación de tramas de acuerdo al modo que se haya seleccionado (2k u 8k). Así, se deberá tomar el vector “c” generado por la función “mapmodul” y segmentarlo en tramas de 2,048 u 8,192 valores, según corresponda.

#### c) IFFT

A cada trama generada en el paso anterior se le deberá aplicar la transformada rápida de Fourier inversa (IFFT), con la finalidad de generar el número de subportadoras correspondientes al modo elegido. El resultado de cada IFFT estará asociada a la versión digital de una porción de la señal OFDM, como se indica enseguida.

#### d) Conversión y filtrado

A partir de la salida de la IFFT se debe generar la secuencia:

$$Y_m = \sum_{n=0}^{N-1} a_n \cos(2\pi n \Delta f m \Delta t) + b_n \sin(2\pi n \Delta f m \Delta t)$$

donde  $a_n$  y  $b_n$  representan las porciones par e impar del  $n$ -ésimo dato de la secuencia de salida de la IFFT, respectivamente,  $\Delta f = 1/T$ ,  $\Delta t = T/N$  y  $T$  es el periodo de un símbolo. El subíndice “ $m$ ” se refiere a la  $m$ -ésima secuencia generada.  $N$  es 2,048 u 8,192 según corresponda. Así,  $Y_m$  representará la versión digital de una porción de la señal OFDM final. Para nuestro caso considere que  $T = 0.01$  segundos.

A este fin, genere un vector  $Y$  de  $mN$  valores que contenga la concatenación de cada una de las secuencias generadas.

Grafique la función del tiempo  $Y$ , para lo que deberá generar el vector de tiempo adecuado que corresponda.