

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**  
**TRATAMIENTO DE SEÑALES I**  
**LABORATORIO 6**  
**MODULACIÓN EN AMPLITUD (AMPLITUDE MODULATION - AM)**

### Justificación

Modular significa variar algunos aspectos de una señal de onda continua (CW, del inglés Continuous Wave), en función de una señal de información, dichos aspectos pueden ser la amplitud, la frecuencia o la fase. La señal de información se conoce como señal moduladora, y la señal de onda continua sobre la que se introducen variaciones se conoce como señal portadora.

En general, la función de la señal portadora es transportar el contenido en frecuencia de la señal moduladora, la cual se encuentra en banda base (centrada en 0 Hz) a una frecuencia superior, conocida como banda pasante. Existen 2 principales motivos para llevar una señal a banda pasante: (1) Frecuencias más altas implica antenas transmisoras con menor longitud (frecuencias altas  $\sim$  longitudes de onda bajas). (2) Aprovechar el espectro electromagnético: modular información con portadoras de diferentes frecuencias, permite transmitir en diferentes porciones del espectro sin que las señales de información se interfieran (idealmente).

### Objetivos

- Modular una señal de información en banda base usando 2 formatos de modulación AM: (1) Doble banda lateral gran portadora, (2) Doble banda Portadora suprimida.
- Observar el comportamiento temporal espectral de una señal de información cuando se modula en AM.
- Conocer e implementar el proceso de demodulación en AM mediante el método de detección coherente.

### Teoría

La modulación en amplitud (AM, del inglés Amplitude Modulation) consiste en introducir variaciones de amplitud en la portadora  $c(t)$ , de acuerdo a las variaciones de amplitud de la señal moduladora  $m(t)$ .

En el formato de **doble banda lateral gran portadora**, la señal de información modulada tendrá la forma:

$$x_{AM-GP}(t) = (A_c + m(t)) \cos(2\pi f_c t + \phi) \quad (1)$$

Dónde:

$A_c$ : Amplitud de la portadora

$f_c$ : Frecuencia de la portadora

En este caso la señal de información en el tiempo coincide con la envolvente de la señal modulada.

En el formato **dobles banda lateral portadora suprimida**, se cumple que  $A_c = 0$ , por lo cual la señal modulada tendrá la forma:

$$x_{AM-PS}(t) = m(t) \cos(2\pi f_c t + \phi) \quad (2)$$

En general, en AM se asume que  $\phi = 0$ .

En el primer caso (**Gran portadora**), la demodulación de la señal se puede hacer de 2 formas: (1). Multiplicando la señal recibida por la portadora y filtrar usando un filtro pasa banda (Detección coherente), (2) Usar un detector de envolvente (Detección no coherente).

En el segundo caso (**Portadora suprimida**), la demodulación de señal debe hacerse por detección coherente, es decir, se requiere multiplicar por la portadora y luego filtrar.

El índice de modulación, es una medida de la variación de amplitud que rodea una portadora no modulada. Al igual que con otros índices de modulación, en AM esta cantidad (también llamada "profundidad de modulación") indica la variación introducida por la modulación respecto al nivel de la señal original. En AM, se refiere a las variaciones en la amplitud de la portadora y se define como:

$$\mu = \frac{\text{valor maximo de } m(t)}{A_c} = \frac{A_m}{A_c}$$

## Procedimiento

### Simulación en Python

1. Para simular la señal de información (moduladora) genere y grafique una onda sinusoidal con frecuencia  $f = 200\text{Hz}$ . La ventana temporal de la señal generada debe mostrar varios periodos onda sinusoidal. Cree el vector temporal con pasos de una milésima.
2. Genere y grafique una portadora de al menos 10 veces la frecuencia de la moduladora. La ventana temporal debe ser igual a la de la señal moduladora.
3. Use las señales generadas en los literales 1 y 2 para realizar una modulación AM en el formato doble banda lateral **portadora suprimida**. Grafique en una misma figura, la moduladora, la portadora, y señal modulada. ¿Qué puede observar? ¿La señal modulada se parece a la señal de información?
4. Realice ahora una modulación en formato **gran portadora** con un **índice de modulación del 100%**. Grafique en una misma figura, la moduladora, la portadora, y señal modulada. ¿Qué puede observar? ¿La señal modulada se parece a la señal de información?

5. Varíe el índice de modulación para el formato **gran portadora** desde 10% hasta 150% (en pasos de 10%) y grafique los resultados. ¿Qué puede concluir sobre el comportamiento de la señal modulada respecto al índice de modulación?
6. Use la transformada de Fourier para observar el comportamiento espectral de la moduladora, la portadora y la señal modulada. Muestre los resultados obtenidos usando subplots. El procedimiento debe hacerse para cada modulación (para **portadora suprimida** y para **gran portadora**). En el caso de **gran portadora** use nuevamente un índice de modulación del 100%.
7. Realice repita el procedimiento anterior (punto 6) usando como señal de información un tren de pulsos.
8. Considerando como información (mensaje), la señal sinusoidal generada en el punto 1, realice la demodulación del formato **portadora suprimida** y del formato **gran portadora** mediante detección coherente. Para ello, multiplique la señal modulada por la portadora. Observe el resultado en el dominio de la frecuencia. Para filtrar la componente de alta frecuencia que se ve en espectro, y que no es parte de la señal de información, use un filtro pasa bajas. Analice las diferencias en fase y en amplitud de la señal resultante.
9. Repita el procedimiento anterior (punto 8) cuando el mensaje es un tren de pulsos. Analice los resultados obtenidos.

## Entregables

- Informe en el Jupyter Notebook (archivo .ipynb) que contiene el código (solución a lo pedido), respuesta a las preguntas y las conclusiones del laboratorio.

## Bibliografía

- Carlson, A. B., & Crilly, P. B. (2010). Communication Systems, 5e.
- Stremler, F. G. (1990). Introduction to communication systems.
- Notas de clase y ejercicios solucionados en los talleres.