

# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

## UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS AVANZADAS

### COMUNICACIONES I

Practica No 4 “Modulación y demodulación de AM (doble banda lateral con portadora suprimida)”

By Richard

FECHA DE REALIZACIÓN: 27-FEB-08

FECHA DE ENTREGA: 2-ABRIL-08

## FUNDAMENTO TEÓRICO.

### Amplitud Modulada

Se denomina modulación al efecto de "añadir" una señal de baja frecuencia (información) a otra de alta frecuencia o portadora.

Amplitud modulada (AM) o modulación de amplitud es un tipo de modulación no lineal que consiste en hacer variar la amplitud de la onda portadora de forma que esta cambie de acuerdo con las variaciones de nivel de la señal moduladora, que es la información que se va a transmitir. La modulación de amplitud es equivalente a la modulación en doble banda lateral con reinserción de portadora.

#### *Aplicaciones tecnológicas de la AM*

Una gran ventaja de AM es que su demodulación es muy simple y, por consiguiente, los receptores son sencillos y baratos; un ejemplo de esto es la radio a galena. En contrapartida, otras modulaciones como la modulación por Banda lateral única o la Doble Banda Lateral son más eficientes en ancho de banda o potencia pero los receptores y transmisores son más caros y difíciles de construir.

La AM es usada en la radiofonía, en las ondas medias, ondas cortas, e incluso en la VHF: es utilizada en las comunicaciones radiales entre los aviones y las torres de control de los aeropuertos.

#### *Representación matemática de la modulación en AM*

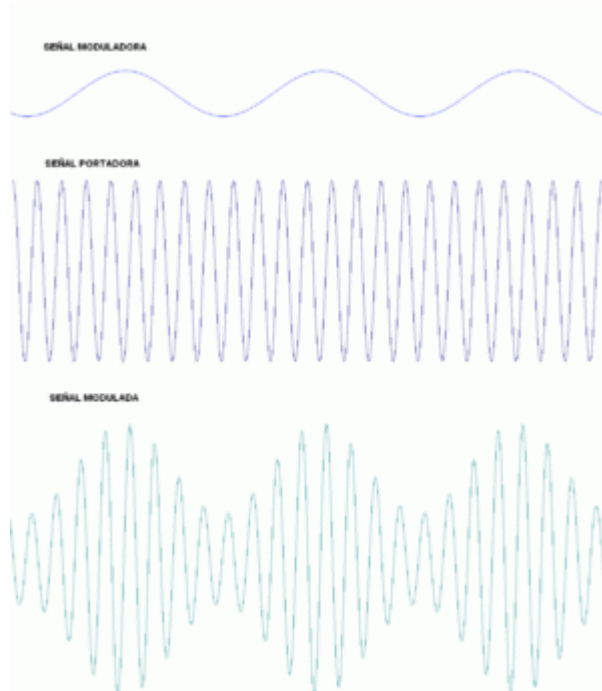


Fig 2: La señal moduladora, la señal portadora y la señal modulada en AM en sus distintas etapas.

Al considerar la señal moduladora (señal del mensaje) como:

$$y_s(t) = A_s \cdot \cos(\omega_s \cdot t)$$

y Señal portadora como:

$$y_p(t) = A_p \cdot \cos(\omega_p \cdot t)$$

La ecuación de la señal modulada en AM es la siguiente:

$$y(t) = A_p \cdot [1 + m \cdot x_n(t)] \cdot \cos(\omega_p \cdot t)$$

$y(t)$  = Señal modulada

$x_n(t)$  = Señal moduladora normalizada con respecto a su amplitud =  $y_s(t) / A_s$

$m$  = Índice de modulación (suele ser menor que la unidad) =  $A_s / A_p$

Básicamente, se trata de multiplicar el mensaje a transmitir  $x(t)$  por la portadora cosenoidal  $y$ , a su vez, sumarle esa portadora cosenoidal. El espectro en frecuencias de la señal quedará trasladado a  $\omega_p$  radianes por segundo, tanto en la parte positiva del mismo cómo en la negativa, y su amplitud será, en ambos casos, el producto de la señal moduladora por la amplitud de la portadora, sumado a la amplitud de la portadora, y dividido por dos. El resultado se aprecia en los enlaces a las siguientes imágenes:

### *Demodulación de AM*

Existen dos posibilidades para la demodulación de una señal  $x(t)$  modulada en AM. La primera de ellas, la más simple, es sólo posible en caso de que se cumpla la condición siguiente:

$$\|x(t)\| \leq m$$

En este supuesto, la envolvente de la señal modulada, esto es  $1 + m \cdot x_n(t)$  es siempre positiva y para recuperar la señal moduladora es suficiente con un receptor que capte dicha envolvente. Esto se consigue con un simple circuito rectificador con carga capacitiva. Así funcionaba la pionera radio de galena.

La otra opción para la demodulación de la señal modulada en AM es utilizar el mismo tipo de demodulación que se usa en las otras modulaciones lineales. Se trata del demodulador coherente. Para ello, es necesario conocer la frecuencia de la portadora  $\omega_p$  y, en ocasiones, también la fase, lo que requiere la utilización de un PLL (Phase Lock Loop). En este otro supuesto, no es necesario que el índice de modulación sea menor que la unidad, o lo que es lo mismo, no es necesario que la envolvente  $[1 + m \cdot x(t)]$  sea siempre positiva.

El demodulador coherente utiliza la siguiente propiedad matemática de la función coseno:

$$\cos^2(\phi) = \frac{1}{2} + \frac{\cos(2\phi)}{2}$$

para multiplicar la función  $y(t)$  por la portadora:

$$y_D(t) = y(t)\cos(\omega_p t) = \frac{1 + mx(t)}{2} + \frac{\cos(2\omega_p t)}{2}$$

A partir de esto, con un filtro pasa bajas y un supresor de continua, se obtiene la señal  $x(t)$ .

## DESARROLLO

### Procedimiento:

Utilizando dos tonos generar una señal de AM (dsb-sc)

Considere  $f_m=1$  &  $f_c=10$ .

$$m(t) = \text{Cos}(\omega_m t)$$

$$x_c(t) = \text{Cos}(\omega_c t)$$

$$x_{AM}(t) = m(t) \cdot x_c(t)$$

obtener y graficar:

- La señal modulante y su espectro ( $m(t)$  &  $M(\omega)$ )
- La señal portadora y su espectro ( $x_c(t)$  &  $X_c(\omega)$ )
- La señal modulada y su espectro ( $x_{AM}(t)$  &  $X_{AM}(\omega)$ )
- La señal demodulada y su espectro ( $\approx m(t)$  &  $M(\omega)$ )

Utilizar las funciones siguientes

`Amod(x,fc,fs)`

`Amdemod(XAM(t), fc, fs,0,0,num,dem)`

`[num, den]=butter(N,ωc*(2)/fs)`

Considere  $f_s=100$

### Análisis

A continuación desarrollaremos el cálculo matemático por el cual se pueden ver las propiedades de modulación y demodulación de AM (doble banda lateral con portadora suprimida).

Primero tenemos que la función modulante es:

$$m(t) = A_m \cos(\omega_m t) \leftrightarrow \text{Mensaje}$$

y la función modulada

$$x_c(t) = A_c \cos(\omega_c t) \leftrightarrow \text{Portadora}$$

Y tenemos que la señal modulada es la multiplicación de ambas señales por lo que tenemos:

$$x(t) = m(t) \cdot x_c(t) \leftrightarrow \text{Señal Modulada}$$

desarrollando:

$$x(t) = \frac{A_m \cdot A_c}{2} \{ \cos(\omega_c + \omega_m) + \text{Cos}(\omega_c - \omega_m) \}$$

donde:

$\omega_c + \omega_m \rightarrow$  Banda lateral superior de AM

$\omega_c - \omega_m \rightarrow$  Banda lateral inferior de AM

Por otra parte sabemos que la transformada de Fourier del coseno es:

$$F(\omega) = \pi\delta(\omega - \omega_0) + \pi\delta(\omega + \omega_0)$$

Lo cual se grafica como dos deltas centradas en  $\omega_0$ .

Por lo cual deducimos la transformada de la señal modulada como pares de deltas centradas en  $\pm\omega_c$  y con una separación de  $\omega_m$  con respecto al centro ( $\pm\omega_c$ ).

### Programa en Matlab:

```
function Mod_demod()
clc;
clear all;
fm=1;
fc=10;
fs=100;
w = -2:.01:2;
m=cos(2*pi*fm*w);
x=cos(2*pi*fc*w);
xam_1=m.*x;

M=abs(fft(m));
X=abs(fft(x));

xam_2=amod(m,fc,fs);
[num, den]=butter(10,(fc*2)/fs);
Xam=abs(fft(xam_2));
mdemod=Amdemod(xam_2,fc,fs,0,0,num,den);
Mdemod=abs(fft(mdemod));
w2=-2*pi:4*pi/(length(M)-1):2*pi;
subplot(2,1,1);
plot(w,m,'b')
subplot(2,1,2);
plot(w2,M,'b');

input('Presione una tecla para continuar');
w3=-20*pi:40*pi/(length(X)-1):20*pi;
subplot(2,1,1);
plot(w,x,'b')
subplot(2,1,2);
plot(w3,X,'b');

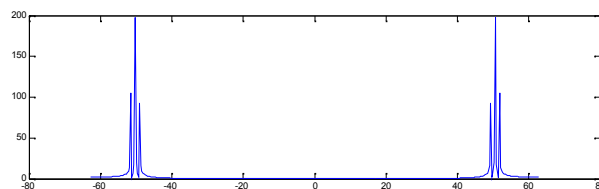
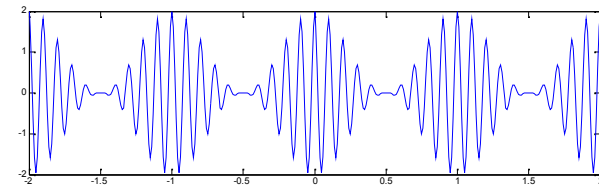
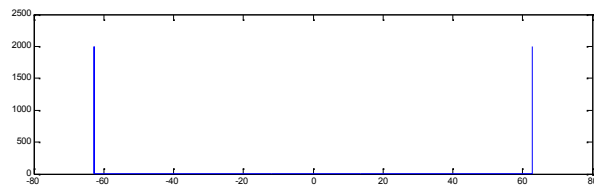
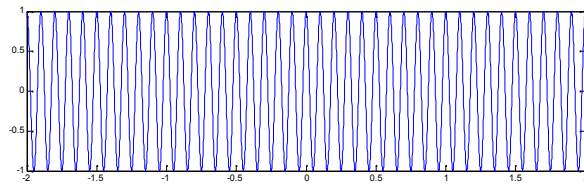
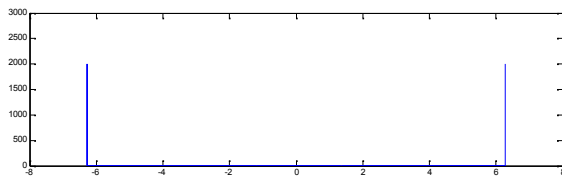
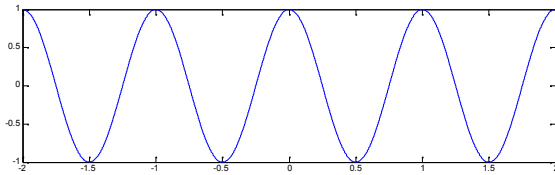
input('Presione una tecla para continuar');
w3=-20*pi:40*pi/(length(X)-1):20*pi;
subplot(2,1,1);
plot(w,xam_2,'b')
subplot(2,1,2);
plot(w3,Xam,'b');

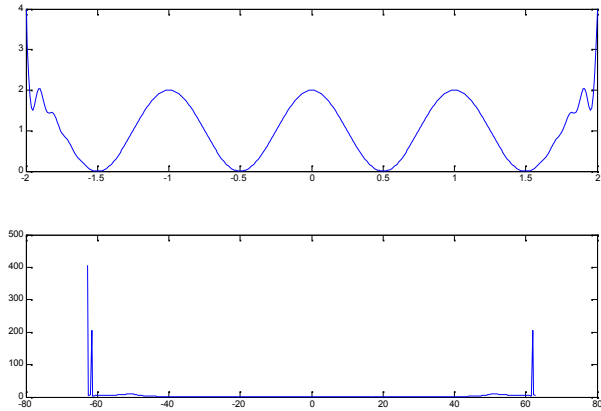
input('Presione una tecla para continuar');
w3=-20*pi:40*pi/(length(X)-1):20*pi;
```

```
subplot(2,1,1);  
plot(w,mdemod,'b')  
subplot(2,1,2);  
plot(w3,Mdemod,'b');
```

## RESULTADOS.

Las graficas ordenadas según los puntos que se debían entregar son las siguientes:





## CONCLUSIONES.

Lo que se encontró en esta practica es que la modulación y la demodulacion son procesos inversos que como se ha visto tienen gran aplicación y que es gracias a que podemos tomar una señal modulante y al multiplicar esta por una señal modulada de alta frecuencia la amplitud de la señal modulada tomara valores de la señal modulante así generamos una onda que contiene los datos o información dentro de una portadora y la enviamos por lo tanto podemos enviar distintos datos en distintas frecuencias lo cual permite que el espacio libre pueda ser usado sin saturar una banda de frecuencias con otra señal en el caso de señales de radio y televisión por citar un ejemplo; mediante la demodulacion (donde usamos un filtro pasabajas) podemos recuperar la señal modulante y así recibir los datos que se desean todo esto se ve muy fácilmente usando la transformada de Fourier como herramienta de análisis en el espectro de la frecuencia.

Un dato relevante es que Matlab incorpora comandos que nos sirven para modular y demodular una señal, pero observamos nuevamente limitaciones al tener un computador digital ya que idealmente mediante calculo matemático se obtienen cosas que resultan ser definiciones y que bien conocemos, pero en Matlab al tratar de obtener los resultados se observa que se entregan solamente aproximaciones que si bien nos sirven y se parecen a los resultados teóricos no son iguales en algunos casos.

## BIBLIOGRAFÍA

<http://platea.pntic.mec.es/~lmarti2/amtema.htm>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Amplitud\\_Modulada](http://es.wikipedia.org/wiki/Amplitud_Modulada)