



PRINCIPIOS DE AM

Ing. PhD. Ciro D. Radicelli G.

ÍNDICE

QUÉ ES AM?

USOS DE AM

AM EN EL DOMINIO DEL TIEMPO

FORMAS DE ONDA PARA DIFERENTES

ÍNDICES DE MODULACIÓN

SOBREMODOulación

ÍNDICE DE MODULACIÓN PARA MODULADORAS

MÚLTIPLES

AM EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA

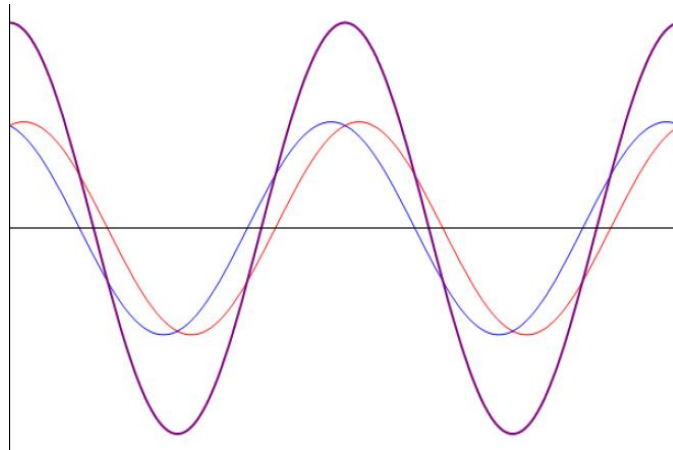
DEMODULACIÓN DE AM (ANÁLISIS DE LA

ENVOLVENTE

QUÉ ES AM?

La modulación en Amplitud, funciona variando justamente esta característica de la señal portadora.

En 1870 las conocidas ondas ondulatorias fueron el primer método a través del cual se logró enviar audio a través de líneas telefónicas.



Una gran ventaja de AM es que su demodulación es muy simple, por lo que, los receptores son sencillos y baratos.

USOS DE AM?

La AM es usada en la radiofonía, en las ondas medias, ondas cortas, e incluso en la VHF.



Es utilizada en las comunicaciones de radio entre los aviones y las torres de control de los aeropuertos.

La onda media comercial, capaz de ser captada por la mayoría de los receptores de uso doméstico, abarca un rango de frecuencia que va desde 500 a 1700 kHz, otra literatura dice de 535 a 1605 kHz.

USOS DE AM?

AM es utilizada en el procesamiento de señales (SP), para generar diversos efectos de sonido como por ejemplo el trémolo.

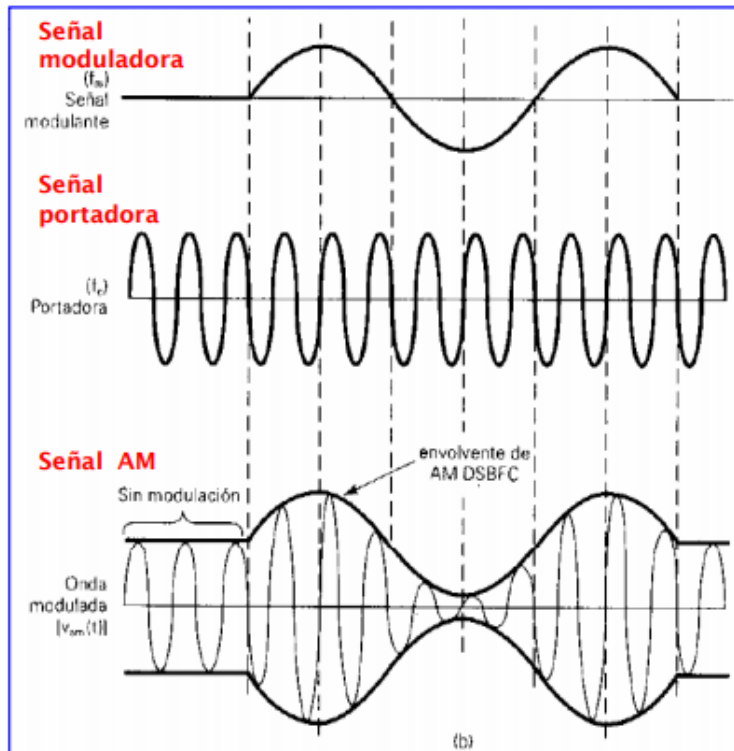


El trémolo no es más que la modulación de una señal de entrada (acorde de guitarra), a través de una onda portadora de baja frecuencia, comúnmente generada por un oscilador de baja frecuencia (pata de guitarra, amplificador de guitarra, etc).

USOS DE AM?



AM EN EL DOMINIO DEL TIEMPO



$$v_m = E_m \sen \omega_m t$$

$$v_c = E_c \sen \omega_c t$$

$$v_{AM} = (E_c + v_m) \sen \omega_c t$$

$$v_{AM} = (E_c + E_m \sen \omega_m t) \sen \omega_c t$$

$$v_{AM} = E_c (1 + m \sen \omega_m t) \sen \omega_c t$$

Ecuación AM

Índice de modulación

$$m = \frac{E_m}{E_c}$$

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

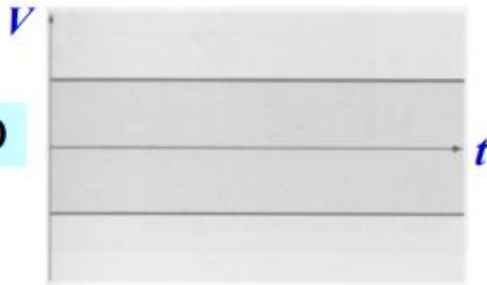
FORMAS DE ONDA PARA DIFERENTES ÍNDICES DE MODULACIÓN

Vale la pena examinar las **formas de onda** moduladas a medida que varía **m** . Observe en particular el resultado para **$m = 1$** ($m = 100\%$), que es la **condición ideal de modulación**.

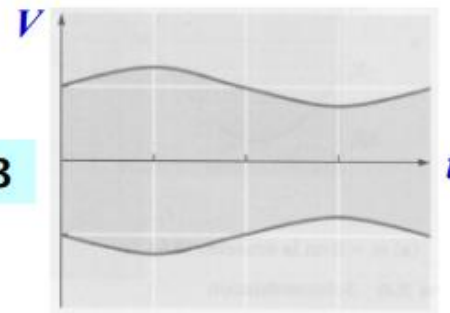
$$v_{AM} = E_c (1 + m \sin \omega_m t) \sin \omega_c t$$

$$m = \frac{E_m}{E_c}$$

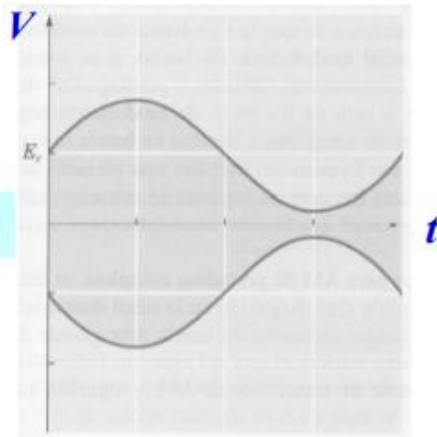
$m = 0$



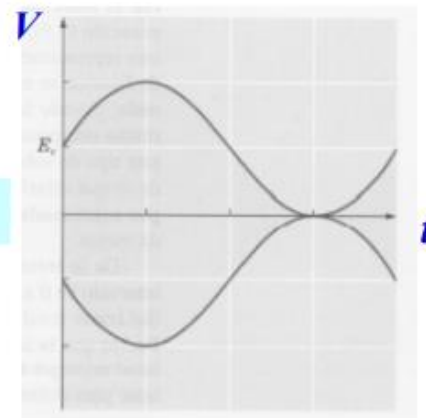
$m = 0.3$



$m = 0.8$



$m = 1$



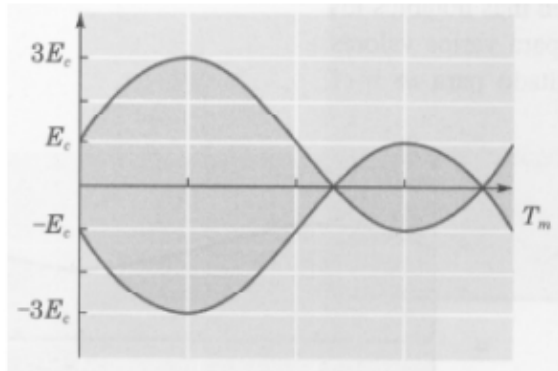
SOBREMOMULACIÓN

Cuando $m > 1$, se dice que hay **sobremodulación**. En la ecuación AM no hay nada que pueda evitar que $E_m > E_c$. Sin embargo, hay dificultades prácticas: la envolvente ya no se asemeja a la señal moduladora, por consiguiente, m debe ser $m \leq 1$.

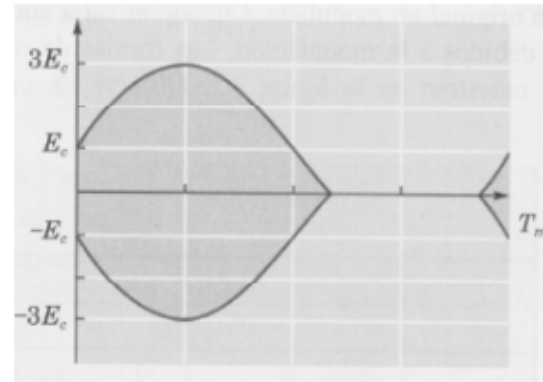
$$v_{AM} = E_c (1 + m \sin \omega_m t) \sin \omega_c t$$

$$m = \frac{E_m}{E_c}$$

$m = 2$



Según la ecuación matemática AM



Con un modulador práctico

Condición ideal

La condición ideal para AM es $E_m = E_c$ ó $m = 1$ (100% de modulación). Esto da una **máxima potencia de salida** en el transmisor y un **máximo voltaje de salida** en el receptor, sin distorsión. La sobremodulación se elimina limitando el nivel de la señal moduladora.



ÍNDICE DE MODULACIÓN PARA MODULADORAS MÚLTIPLES

Los **sistemas AM prácticos** pocas veces se utilizan para transmitir una sola onda seno. La **señal de información** tiene más probabilidades de ser **una señal de voz**, la cual, según el análisis de Fourier, está compuesta por múltiples **ondas seno de distintas frecuencias**.

Cuando hay **2 ó más** ondas seno de **distintas frecuencias**, el índice de modulación resultante se debe calcular considerando el índice debido a cada moduladora.

$$m_T = \sqrt{m_1^2 + m_2^2 + m_3^2 + \dots}$$

$\left\{ \begin{array}{l} m_T = \text{índice de modulación resultante total.} \\ m_1, m_2, m_3, \dots = \text{índice de modulación debidos a cada} \\ \text{uno de componentes moduladores.} \end{array} \right.$



AM EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA

Hasta el momento, se ha visto la señal AM en el dominio del tiempo, es decir, cómo se ve en un osciloscopio. A fin de indagar más acerca de ella, es necesario considerar su **contenido espectral**. Podría usarse el análisis de Fourier, pero para una forma de onda simple de AM es más fácil y válido usar **trigonometría**.

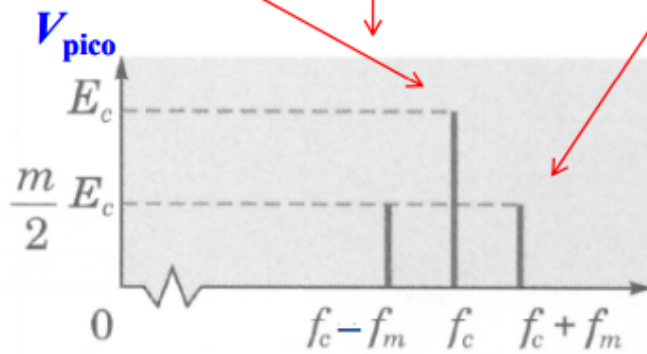
$$v_{AM} = E_c (1 + m \sin \omega_m t) \sin \omega_c t \quad \Rightarrow \quad v_{AM} = \underbrace{E_c \sin \omega_c t}_{\text{Portadora}} + \underbrace{m E_c \sin \omega_m t \sin \omega_c t}_{\text{Se resuelve con identidades trigonométricas:}}$$

Portadora

Se resuelve con identidades trigonométricas:

$$\begin{aligned} \sin A \sin B &= \frac{1}{2} [\cos (A - B) - \cos (A + B)] \\ \cos A &= \cos (-A) \end{aligned}$$

$$v_{AM} = E_c \sin \omega_c t + \frac{m E_c}{2} \cos (\omega_c - \omega_m) t - \frac{m E_c}{2} \cos (\omega_c + \omega_m) t$$



$f_c + f_m$ = frecuencia de la banda lateral superior.

$f_c - f_m$ = frecuencia de la banda lateral inferior.

f

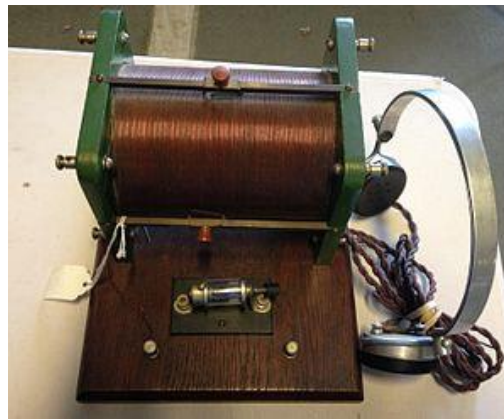
DEMODULACIÓN DE AM (ANÁLISIS DE LA ENVOLVENTE)

Existen dos formas para demodular una señal de AM.

Primera, es cuando la modulación es siempre menor o igual a 1.

$$f_n(t) \leq m$$

Aquí la envolvente de la señal modulada ($1 + m \cdot f_n(t)$) es siempre positiva y para recuperar la señal moduladora es suficiente con un receptor que capte dicha envolvente (radio de galena).



DEMODULACIÓN DE AM (ANÁLISIS DE LA ENVOLVENTE)

Segunda, utilizando un demodulador coherente, para lo que se necesita conocer la frecuencia de la onda portadora, y a veces también la fase, aquí no es estrictamente necesario que el índice de modulación sea menor que 1, es decir que la envolvente $(1 + m \cdot f_n(t))$ no siempre será positiva.

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

$\cos^2(\phi) = \frac{1}{2} + \frac{\cos(2\phi)}{2}$, al multiplicar la función $S(t)$ por la portadora se tendrá:

$S_D(t) = S(t) \cos(\omega_c) = \frac{1 + m \cdot f_n(t)}{2} + \frac{\cos(2\omega_c)}{2}$, en donde a través de la utilización de un filtro paso bajo y un supresor de continua se obtiene la señal $f(t)$.

DISTRIBUCIÓN DE VOLTAJE EN AM

ACTIVIDAD EN CLASE

- Qué es la AM estéreo?
- Que diferencia existe entre la AM convencional y la AM estéreo?



¿PREGUNTAS?

