



CAPÍTULO III TRANSMISIÓN POR MODULACIÓN DE AMPLITUD

COMUNICACIONES ANALÓGICAS



24 DE JUNIO DE 2024

CARRERA DE TELECOMUNICACIONES

Tabla de contenido

TRANSMISIÓN POR MODULACIÓN DE AMPLITUD.....	6
Introducción	6
LA ENVOLVENTE DE AM.....	7
ESPECTRO DE FRECUENCIAS Y ANCHO DE BANDA AM	7
Frecuencia de la Portadora y Frecuencia de la Señal Moduladora.....	7
Formación de las Bandas Laterales	8
Ancho de Banda Total	8
Ejemplo	8
REPRESENTACIÓN FASORIAL DE UNA ONDA DE AMPLITUD MODULADA	9
COEFICIENTE DE MODULACIÓN	9
Amplitud Máxima y Mínima de la Señal Modulada.....	10
DISTRIBUCIÓN DE VOLTAJE EN UNA SEÑAL AM.....	10
Fórmulas de Voltaje en AM:.....	10
DISTRIBUCIÓN DE VOLTAJE.....	10
DISTRIBUCIÓN DE POTENCIA EN AM:	11
Potencia de la Portadora (P_c)	11
Potencia de las Bandas Laterales (P_L)	11
La potencia total en las bandas laterales es:	11
Potencia Total de la Señal AM (P_t):	11
Ejemplo:	11
CÁLCULOS DE CORRIENTE EN AM	12
Fórmula Detallada.....	12
Ejemplo	12
TIPOS DE MODULACIÓN AM.....	13
AM Doble Banda Lateral (DSB-AM).....	13
Ventajas:	13
Desventajas:	13
AM Banda Lateral Única (SSB-AM).....	14

Ventajas:	14
Desventajas:	14
AM Portadora Suprimida (DSB-SC).....	14
Ventajas:	14
Desventajas:	14
AM Vestigial (VSB-AM)	14
Ventajas:	15
Desventajas:	15
MODULADOR AM.....	15
DEMODULACIÓN AM	15
CARACTERÍSTICAS	16
TIPOS.....	16
Detector de Envolvente:	16
Funcionamiento:.....	16
Ventajas:	16
Desventajas:	16
Aplicaciones:.....	17
Detector de Producto (Demodulador Sincronizado):	17
Funcionamiento:.....	17
Ventajas:	17
Desventajas:	17
Aplicaciones:.....	17
Detector de Cuadratura:	17
Funcionamiento:.....	17
Ventajas:	18
Desventajas:	18
Aplicaciones:.....	18
Demodulador de Costas:	18
Funcionamiento:.....	18

Ventajas:	18
Desventajas:	18
Aplicaciones:	18
ETAPAS	19
1. Amplificador de FI (Frecuencia Intermedia) o de RF (Radiofrecuencia):	19
2. Demodulador:	19
3. Amplificador de Banda Base:	19
4. Información (Moduladora):	20
PARÁMETROS TÉCNICOS DE LA COMUNICACIÓN POR MODULACIÓN AM	20
Frecuencia Portadora:	20
Potencia de Transmisión:	20
Anchura de Banda:	20
Modulación y Distorsión:	21
Radiaciones No Deseadas:	21
Altura y Ubicación de la Antena:	21
Estabilidad de la Señal:	21
Separación entre Canales:	21
Porcentaje de Modulación:	22
TRANSMISIÓN AM	22
TIPOS	22
AM Convencional (DSB-AM):	22
Definición:	22
Características:	22
Aplicaciones:	22
Banda Lateral Vestigial (VSB-AM):	23
Definición:	23
Características:	23
Aplicaciones:	23
Banda Lateral Doble con Portadora Suprimida (DSB-SC):	23

Definición:.....	23
Características:	23
Aplicaciones:.....	23
Banda Lateral Única con Portadora Reducida (SSB-RC):.....	23
Definición:.....	23
Características:	24
Aplicaciones:.....	24
BIBLIOGRAFÍAS	24

TRANSMISIÓN POR MODULACIÓN DE AMPLITUD

Introducción

La modulación de amplitud (AM) es una técnica de modulación utilizada en comunicaciones electrónicas para transmitir información mediante una onda portadora. En AM, la amplitud de la onda portadora varía en proporción a la señal de información que se desea transmitir. Esta técnica ha sido utilizada ampliamente en la radiodifusión AM y en diversas aplicaciones de comunicación por radio desde principios del siglo XX. A pesar de la aparición de técnicas más avanzadas como la modulación de frecuencia (FM) y la modulación de fase (PM), AM sigue siendo relevante debido a su simplicidad y capacidad para viajar largas distancias (Balanis, 2016; Haykin, 2001; Proakis & Salehi, 2007; Taub & Schilling, 1986).

CARACTERÍSTICAS:

- ✓ **Simple y económicas:** Los sistemas AM son fáciles de implementar y requieren menos equipo en comparación con otras técnicas de modulación, lo que los hace económicamente viables.
- ✓ **Alcance amplio:** Las señales AM pueden ser transmitidas a largas distancias, especialmente durante la noche, cuando la ionosfera refleja mejor las ondas de radio de alta frecuencia.
- ✓ **Sensibilidad al ruido:** Las señales AM son más susceptibles a interferencias y ruido ambiental, lo que puede afectar la calidad de la recepción. Esto es debido a que tanto la señal de información como el ruido se suman a la amplitud de la onda portadora (González, 2020)

En la figura (1) se tiene un ejemplo sencillo de transmisión AM:

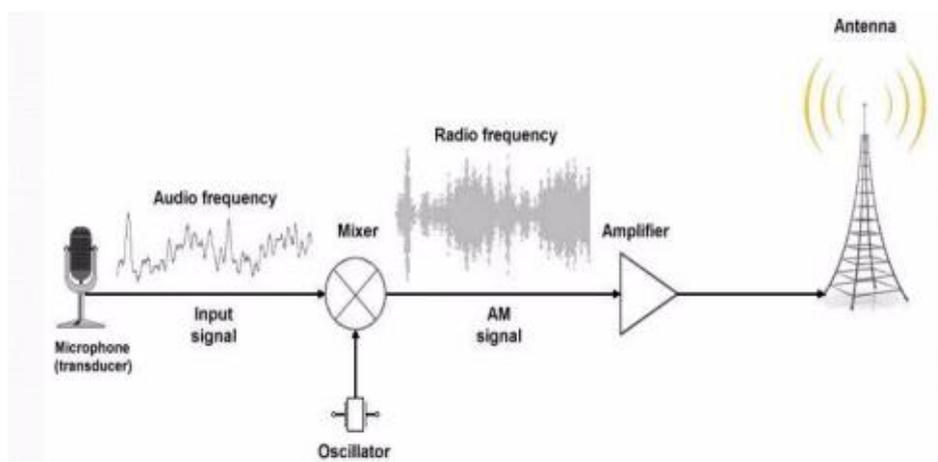


Figura 1: Ejemplo Transmisión AM

Donde:

Micrófono: Convierte las ondas de sonido en una señal eléctrica de baja frecuencia (audio).

Amplificador de audio: Amplifica la señal de audio para que tenga suficiente potencia para modular la portadora.

Mezclador: Combina la señal de audio con una señal de portadora de alta frecuencia.

Amplificador de RF: Amplifica la señal modulada para que pueda ser transmitida por la antena.

Antena: Radia la señal modulada al espacio.

LA ENVOLVENTE DE AM

La envolvente de una señal AM es la línea que sigue las crestas y los valles de la onda modulada. Matemáticamente, si la señal moduladora es $m(t)$ y la portadora es $A_c \cos(\omega_c t)$ la señal modulada en amplitud se puede representar como:

$$s(t) = [A_c + m(t)] \cos(\omega_c t)$$

Donde:

- ✓ A_c : Es la amplitud de la portadora
- ✓ $m(t)$: es la señal moduladora
- ✓ ω_c : es la frecuencia angular de la portadora

ESPECTRO DE FRECUENCIAS Y ANCHO DE BANDA AM

En la modulación de amplitud (AM), el espectro de frecuencias es una representación gráfica de las componentes de frecuencia que forman parte de la señal modulada. Este espectro incluye la frecuencia de la portadora y dos bandas laterales. A continuación, se amplía la información sobre cómo se generan estas componentes y cómo se calcula el ancho de banda total de una señal AM (Smith, 2020).

Frecuencia de la Portadora y Frecuencia de la Señal Moduladora

Frecuencia de la Portadora (f_c): Es la frecuencia de la onda portadora, que es una señal sinusoidal de alta frecuencia utilizada como base para la transmisión de la señal modulada. Esta frecuencia es constante y no cambia durante la modulación.

Frecuencia de la Señal Moduladora (f_m): Es la frecuencia de la señal de información que se quiere transmitir. Esta señal puede ser de cualquier forma (voz, música, datos, etc.) y su frecuencia determina las variaciones en la amplitud de la portadora (Smith, 2020).

Formación de las Bandas Laterales

Cuando una señal de información con frecuencia f_m modula una portadora de frecuencia f_c , se generan dos nuevas componentes de frecuencia llamadas bandas laterales. Estas bandas laterales son el resultado del proceso de mezcla de frecuencias que ocurre durante la modulación. Matemáticamente, esto se puede expresar utilizando las propiedades de la multiplicación de señales sinusoidales en el dominio de la frecuencia.

- **Banda Lateral Superior (USB - Upper Sideband):** Se encuentra en la frecuencia $f_c + f_m$. Esta banda lateral contiene componentes de frecuencia que son la suma de la frecuencia de la portadora y la frecuencia de la señal moduladora.
- **Banda Lateral Inferior (LSB - Lower Sideband):** Se encuentra en la frecuencia $f_c - f_m$. Esta banda lateral contiene componentes de frecuencia que son la diferencia entre la frecuencia de la portadora y la frecuencia de la señal moduladora.

Ancho de Banda Total

El ancho de banda total de una señal AM es la suma de los anchos de banda de las dos bandas laterales. Dado que cada banda lateral tiene un ancho de banda igual a f_m (la frecuencia de la señal moduladora), el ancho de banda total de la señal AM es:

$$B = 2 * F_m$$

Ejemplo

Supongamos que tenemos una señal portadora con una frecuencia ($f_c = 1 \text{ MHz}$) y una señal moduladora con una frecuencia de ($f_m = 5 \text{ kHz}$). Al modular la portadora con esta señal:

$$USB = f_c + f_m = 1 \text{ MHz} + 5 \text{ kHz} = 1.005 \text{ MHz}$$

$$LSB = f_c - f_m = 1 \text{ MHz} - 5 \text{ kHz} = 0.995 \text{ MHz}$$

El espectro de frecuencias de la señal modulada tendrá componentes en:

- **1 MHz** (frecuencia de la portadora).
- **0.995 MHz** (frecuencia de la banda lateral inferior).

- **1.005 MHz** (frecuencia de la banda lateral superior).

Calcular el ancho de banda total de la señal AM:

Resolución

$$B = 2 * 5kHz = 10 kHz$$

REPRESENTACIÓN FASORIAL DE UNA ONDA DE AMPLITUD MODULADA

La representación fasorial es útil para visualizar la variación de la fase y la amplitud de la onda portadora con el tiempo. En AM, el fasor de la portadora varía en amplitud según la señal moduladora. La onda modulada puede expresarse como:

$$s(t) = Ac(1 + m * \cos(\omega_m t))\cos(\omega_c t)$$

Donde:

- ✓ m : es el índice de modulación
- ✓ ω_m : es la frecuencia angular de la señal moduladora.

COEFICIENTE DE MODULACIÓN

El coeficiente de modulación m en la modulación de amplitud (AM) es un parámetro clave que determina el grado en el que la amplitud de la onda portadora varía de acuerdo con la señal moduladora. Este coeficiente se define como:

$$m = \frac{Am}{Ac}$$

Donde:

- ✓ M : es el coeficiente de modulación
- ✓ Am : es la amplitud máxima de la señal moduladora.
- ✓ Ac : es la amplitud de la portadora.

La modulación en porcentaje M se puede calcular como:

$$M = m \times 100\% = \frac{Am}{Ac} \times 100\%$$

Además, se tiene:

Amplitud Máxima y Mínima de la Señal Modulada

Si E_{max} es la amplitud máxima y E_{min} es la amplitud mínima de la señal modulada, entonces la amplitud de la portadora E_c y la amplitud máxima de la señal moduladora E_m se pueden calcular como:

$$E_c = \frac{E_{max} + E_{min}}{2}$$

$$E_m = \frac{E_{max} - E_{min}}{2}$$

Usando los valores calculados de E_c y E_m :

$$m = \frac{E_m}{E_c} = \frac{\frac{E_{max} - E_{min}}{2}}{\frac{E_{max} + E_{min}}{2}} = \frac{E_{max} - E_{min}}{E_{max} + E_{min}}$$

DISTRIBUCIÓN DE VOLTAJE EN UNA SEÑAL AM

En la modulación de amplitud (AM), la información de una señal de baja frecuencia (señal moduladora) se "imprime" en una onda portadora de alta frecuencia variando su amplitud. La distribución de voltaje de la señal modulada refleja esta variación y es una característica importante de este tipo de modulación (Garg, 2021).

Fórmulas de Voltaje en AM:

La señal AM modulada en el dominio del tiempo se puede expresar como:

$$s(t) = E_c[1 + m\cos(2\pi f_m t)]\cos(2\pi f_c t)$$

Donde:

- ✓ E_c es la amplitud de la portadora.
- ✓ m es el índice de modulación ($m = E_m/E_c$).
- ✓ f_m es la frecuencia de la señal moduladora.
- ✓ f_c es la frecuencia de la portadora.

DISTRIBUCIÓN DE VOLTAJE

- **Voltaje Máximo (E_{max}):** El voltaje máximo de la señal modulada ocurre cuando la señal moduladora está en su punto máximo positivo. Se calcula como:

$$E_{max} = E_c(1 + m)$$

- **Voltaje Mínimo (E_{min}):** El voltaje mínimo de la señal modulada ocurre cuando la señal moduladora está en su punto máximo negativo. Se calcula como:

$$E_{min} = E_c(1 - m)$$

Estos voltajes definen la envolvente de la señal AM, que contiene toda la información de la señal moduladora.

DISTRIBUCIÓN DE POTENCIA EN AM:

La potencia en una señal AM se distribuye entre la portadora y las bandas laterales. La comprensión de esta distribución es crucial para analizar la eficiencia de la transmisión y las características de la señal (Garg, 2021).

Potencia de la Portadora (P_c)

La potencia de la portadora sin modulación se calcula como:

$$P_c = \frac{E_c^2}{(2R)}$$

donde R es la resistencia del sistema de transmisión (comúnmente 50 ohmios en sistemas de radiofrecuencia).

Potencia de las Bandas Laterales (P_L)

La potencia en cada banda lateral (superior e inferior) se calcula como:

$$P_L = \frac{m^2 * P_c}{4}$$

La potencia total en las bandas laterales es:

$$P_{Ltotal} = 2P_L = \frac{m^2 P_c}{2}$$

Potencia Total de la Señal AM (P_t):

La potencia total de la señal AM es la suma de la potencia de la portadora y la potencia de las bandas laterales:

$$P_t = P_c + P_{Ltotal} = P_c \left(1 + \frac{m^2}{2}\right)$$

Ejemplo:

Consideremos una señal AM con los siguientes parámetros:

- ✓ $E_c = 10 \text{ V}$
- ✓ $m = 0.8$
- ✓ $R = 50 \Omega$

Calcular:

Potencia de la Portadora:

$$P_c = \frac{E_c^2}{(2R)} = 10^2 / (2 * 50) = 1 W$$

Potencia de las Bandas Laterales:

$$P_L = \frac{m^2 * P_c}{4} = \frac{0.8^2 * 1 W}{4} = 0.16 W$$

$$P_{Ltotal} = 2P_L = 2 * 0.16 W = 0.32 W$$

Potencia Total:

$$P_t = P_c + P_{Ltotal} = 1 W + 0.32 W = 1.32 W$$

CÁLCULOS DE CORRIENTE EN AM

La modulación de amplitud (AM) implica la variación de la amplitud de una señal portadora en respuesta a una señal moduladora. Un aspecto crucial de este proceso es el cálculo de la corriente en el transmisor, tanto para la señal portadora como para la señal modulada (Carlson, & Rutledge, 2002).

Fórmula Detallada

La relación fundamental entre la potencia total de la señal AM, la potencia de la portadora, la corriente total del transmisor, y la corriente máxima de la portadora se puede expresar como:

$$\frac{P_t}{P_c} = \frac{I_t^2 R}{I_c^2 R} = \frac{I_t^2}{I_c^2} = 1 + \frac{m^2}{2}$$

Donde:

- P_t : es la potencia total del transmisor (en vatios).
- P_c : es la potencia de la portadora (en vatios).
- I_t : es la corriente total del transmisor (en amperios).
- I_c : es la corriente máxima de la portadora (en amperios).
- m : es el índice de modulación.
- R : es la resistencia de la antena (en ohmios).

Despejando para la corriente total del transmisor (I_t):

$$I_t = I_c * \sqrt{1 + \frac{m^2}{2}}$$

Ejemplo

Consideremos un ejemplo con los siguientes parámetros:

- ✓ $m = 0.8$
- ✓ $P_c = 10 W$
- ✓ $V_c = 5 V$

Paso 1: Calcular la resistencia de la antena (R):

$$R = \frac{V_c^2}{P_c} = \frac{5^2}{10} = 2.5 \Omega$$

Paso 2: Calcular la corriente máxima de la portadora (Ic):

$$I_c = \frac{V_c}{\sqrt{R}} = \frac{5}{\sqrt{2.5}} \approx 3.16 A$$

Paso 3: Calcular la corriente total del transmisor (It):

$$I_t = I_c * \sqrt{1 + \frac{m^2}{2}} = 3.16 * \sqrt{1 + \frac{0.8^2}{2}} \approx 3.63 A$$

TIPOS DE MODULACIÓN AM

La modulación en amplitud (AM) se presenta en varias formas, cada una con sus características y aplicaciones específicas.

AM Doble Banda Lateral (DSB-AM)

La modulación AM tradicional o de doble banda lateral (DSB-AM) es la forma básica de modulación en amplitud. En esta técnica, la señal modulada contiene la frecuencia de la portadora y dos bandas laterales simétricas, una por encima y otra por debajo de la frecuencia de la portadora.

Ventajas:

- Sencillez en la implementación.
- Permite la transmisión de señales analógicas de voz y música.

Desventajas:

- Ineficiencia en el uso del espectro, ya que ambas bandas laterales contienen la misma información.
- La portadora no lleva información, pero consume una cantidad significativa de energía.

AM Banda Lateral Única (SSB-AM)

La modulación de banda lateral única (SSB-AM) transmite solo una de las bandas laterales, eliminando la otra junto con la portadora. Esto reduce el ancho de banda necesario para la transmisión a la mitad del requerido por DSB-AM.

Ventajas:

- Mayor eficiencia en el uso del espectro.
- Menor potencia requerida para la transmisión, ya que no se transmite la portadora ni la otra banda lateral.

Desventajas:

- Mayor complejidad en la generación y demodulación de la señal.
- Requiere un sincronismo preciso entre el transmisor y el receptor.

AM Portadora Suprimida (DSB-SC)

La modulación DSB con portadora suprimida (DSB-SC) es similar a la DSB-AM, pero sin la transmisión de la portadora. Solo se transmiten las dos bandas laterales.

Ventajas:

- Mejora la eficiencia de la potencia, ya que la portadora no se transmite.
- Ahorra energía.

Desventajas:

- Requiere una portadora regenerada en el receptor para la demodulación.
- Mayor complejidad en el diseño del receptor.

AM Vestigial (VSB-AM)

La modulación de banda lateral vestigial (VSB-AM) transmite una banda lateral completa y parte de la otra banda lateral. Es utilizada en la televisión analógica.

Ventajas:

- Balance entre eficiencia espectral y facilidad de demodulación.
- Menor ancho de banda requerido en comparación con DSB-AM.

Desventajas:

- Mayor complejidad en el diseño del modulador y del demodulador.
- Utilizado principalmente en aplicaciones específicas como la televisión analógica.

MODULADOR AM

Un modulador AM combina la señal portadora con la señal moduladora para producir la señal AM. Un diagrama típico de un modulador AM incluye:

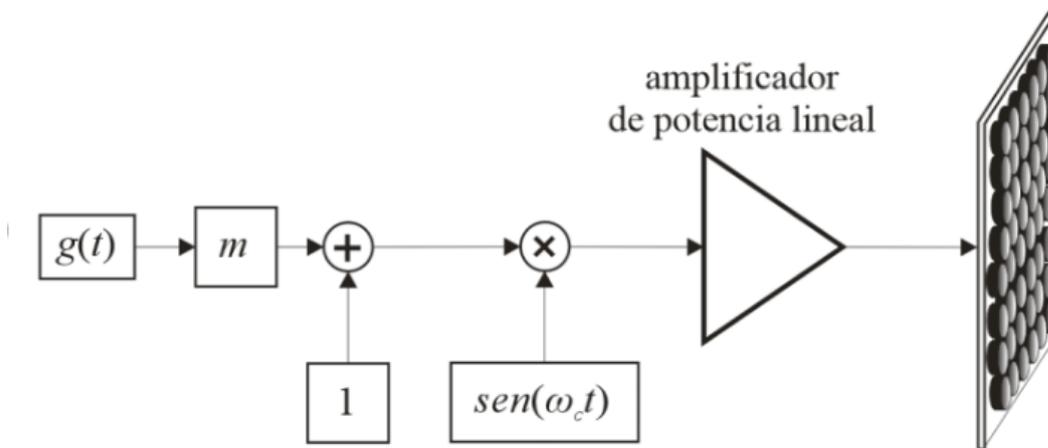


Figura 2: Etapa Modulador AM

1. **Oscilador:** Genera la señal portadora de frecuencia constante.
2. **Amplificador de Señal Moduladora:** Amplifica la señal de información antes de la modulación.
3. **Mezclador:** Combina la señal portadora y la señal moduladora para producir la señal modulada en amplitud.

DEMODULACIÓN AM

La demodulación AM (Modulación de Amplitud) es el proceso de extraer la señal de información original de una señal AM modulada. En la transmisión AM, la amplitud de una señal portadora de alta frecuencia se varía en proporción a la señal de información (audio, por ejemplo). La demodulación revierte este proceso, recuperando la señal de información original a partir de la señal modulada (Balanis, 2016; Haykin, 2001; Proakis & Salehi, 2007; Taub & Schilling, 1986)..

CARACTERÍSTICAS

- ✓ **Extracción de la Señal de Información:** El propósito principal es recuperar la señal de información original, que puede ser de audio, video, o datos.
- ✓ **Rectificación:** Proceso de convertir las componentes de la señal modulada para hacerla más fácil de filtrar.
- ✓ **Filtrado:** Eliminación de las frecuencias no deseadas para obtener una señal clara y precisa.
- ✓ **Sincronización:** En algunos métodos avanzados, se requiere la sincronización con la señal portadora original para una demodulación precisa.

TIPOS

Detector de Envoltente:

El detector de envoltente es el demodulador AM más simple y común. Consiste en un diodo rectificador seguido de un filtro de paso bajo.

Funcionamiento:

- **Diodo Rectificador:** Elimina las componentes negativas de la señal modulada.
- **Filtro de Paso Bajo:** Suaviza la señal rectificada, eliminando las frecuencias altas y extrayendo la envoltente, que corresponde a la señal de información original.

Ventajas:

- Sencillo y económico.
- Eficiente para señales con alta relación señal-ruido (SNR).

Desventajas:

- No funciona bien con señales de bajo nivel de modulación.
- Sensible a la distorsión y al ruido.

Aplicaciones:

- Radios AM de consumo.
- Receptores de comunicaciones básicas.

Detector de Producto (Demodulador Sincronizado):

El detector de producto, también conocido como demodulador sincronizado, utiliza un oscilador local para generar una señal que está en fase con la portadora original.

Funcionamiento:

- **Oscilador Local:** Genera una señal de referencia en fase con la portadora.
- **Multiplicador:** Mezcla la señal de referencia con la señal AM, eliminando la portadora y recuperando la señal de información.

Ventajas:

- Mayor precisión en la demodulación.
- Menor susceptibilidad al ruido.

Desventajas:

- Más complejo y costoso.
- Requiere sincronización precisa del oscilador local.

Aplicaciones:

- Comunicaciones de alta frecuencia.
- Sistemas de radio digital y televisión.

Detector de Cuadratura:

El detector de cuadratura demodula la señal utilizando componentes en cuadratura, lo que implica dividir la señal en dos componentes que están 90 grados desfasadas entre sí.

Funcionamiento:

- **División de Señal:** La señal se divide en dos componentes ortogonales (I y Q).

- **Mezcla y Filtrado:** Cada componente se mezcla con una referencia de oscilador en cuadratura y se filtra para extraer la señal de información.

Ventajas:

- Eficiente en señales con modulación en fase.
- Puede manejar modulaciones complejas.

Desventajas:

- Alta complejidad.
- Necesidad de alineación precisa de fase.

Aplicaciones:

- Comunicaciones digitales.
- Receptores de banda ancha.

Demodulador de Costas:

El demodulador de Costas utiliza un bucle de seguimiento de fase (PLL) para sincronizarse dinámicamente con la frecuencia de la portadora, lo que permite una demodulación precisa.

Funcionamiento:

- **Bucle PLL:** Alinea la fase de un oscilador local con la fase de la señal portadora.
- **Corrección de Fase:** Ajusta continuamente la frecuencia del oscilador local para mantener la sincronización.

Ventajas:

- Alta precisión y estabilidad.
- Excelente rendimiento en presencia de variaciones de frecuencia.

Desventajas:

- Complejidad y costo.
- Requiere calibración y ajuste.

Aplicaciones:

- Sistemas de comunicaciones sofisticados.
- Receptores de señal de banda estrecha.

ETAPAS

Las etapas de un demodulador son:

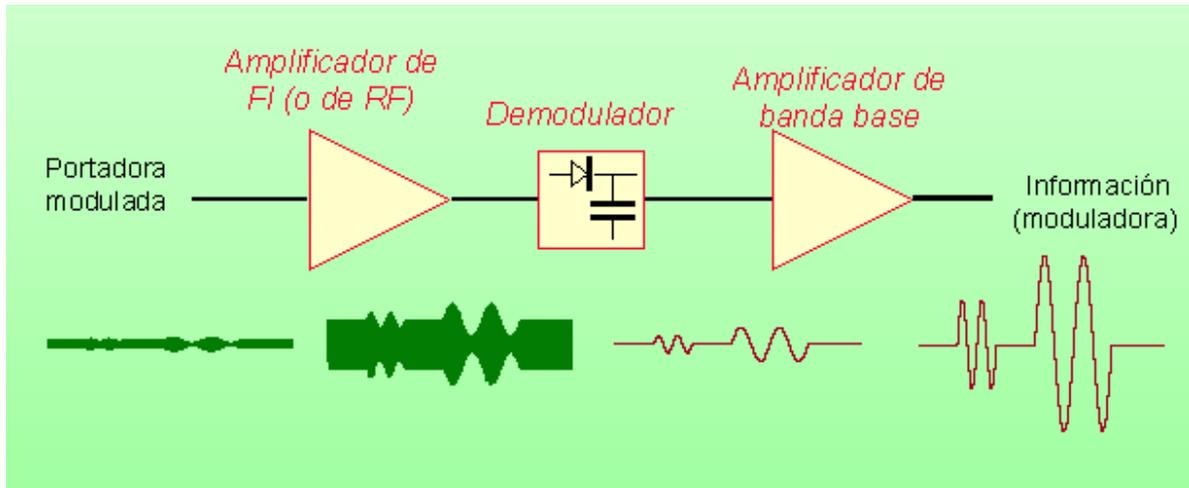


Figura 3: Etapas de la demodulación

1. Amplificador de FI (Frecuencia Intermedia) o de RF (Radiofrecuencia):

- La señal modulada es primero amplificada para mejorar la potencia de la señal y facilitar su procesamiento posterior. Los amplificadores de FI o de RF se utilizan para aumentar la señal a niveles manejables antes de ser demodulada. Esto es esencial para asegurar que la señal tenga suficiente potencia para que el demodulador funcione correctamente y recupere la información de manera precisa (Garg, 2021).

2. Demodulador:

- Esta etapa es crucial, ya que aquí se extrae la señal de información de la señal modulada. El demodulador AM típico utiliza un diodo para rectificar la señal y un filtro de paso bajo para eliminar las componentes de alta frecuencia no deseadas, dejando únicamente la envoltura de la señal, que corresponde a la señal de información original (Garg, 2021).

3. Amplificador de Banda Base:

- Después de la demodulación, la señal de información todavía puede tener niveles de amplitud bajos y puede necesitar ser amplificada nuevamente. El amplificador

de banda base ajusta la señal a un nivel adecuado para su uso posterior. Este amplificador asegura que la señal de información sea clara y lo suficientemente fuerte para ser procesada o escuchada (Garg, 2021).

4. Información (Moduladora):

- Finalmente, se obtiene la señal de información original que fue modulada sobre la portadora. Esta señal puede ser una señal de audio, datos, o cualquier otra información que se haya transmitido mediante la modulación de amplitud (Garg, 2021).

Este proceso ilustra cómo se recupera la señal de información desde una señal AM, utilizando amplificación y demodulación para extraer y acondicionar la señal de manera que pueda ser utilizada eficazmente.

PARÁMETROS TÉCNICOS DE LA COMUNICACIÓN POR MODULACIÓN AM

Frecuencia Portadora:

La frecuencia específica asignada para la transmisión de la señal.

- **Cumplimiento:** Las estaciones deben operar en la frecuencia exacta asignada, con una tolerancia mínima para evitar interferencias con otras estaciones. Por lo general, esta tolerancia es muy estricta, siendo del orden de ± 20 Hz para emisiones en la banda de AM.

Potencia de Transmisión:

La cantidad de energía que la estación transmite.

- **Cumplimiento:** La potencia de transmisión debe mantenerse dentro de los límites especificados en la licencia otorgada por ARCOTEL. Las estaciones deben asegurarse de no exceder estos niveles para evitar interferencias y garantizar la cobertura adecuada.

Anchura de Banda:

El rango de frecuencias ocupado por la señal modulada.

- **Cumplimiento:** La anchura de banda para las transmisiones en AM generalmente está limitada a 10 kHz para evitar interferencias con canales adyacentes. Las estaciones deben asegurarse de que su señal modulada no exceda este límite.

Modulación y Distorsión:

La calidad de la señal modulada, incluyendo la profundidad de modulación y la distorsión armónica.

- **Cumplimiento:** La profundidad de modulación no debe exceder el 100% para evitar distorsiones y mantener la claridad de la señal. La distorsión armónica debe mantenerse al mínimo, siguiendo los estándares de calidad establecidos por ARCOTEL.

Radiaciones No Deseadas:

- **Definición:** Emisiones fuera de la frecuencia asignada que pueden causar interferencia.
- **Cumplimiento:** Las radiaciones no deseadas deben ser controladas estrictamente y mantenerse dentro de los niveles permitidos por las normas de radiocomunicaciones. Esto incluye asegurarse de que las emisiones espurias y las armónicas no interfieran con otros servicios.

Altura y Ubicación de la Antena:

Las especificaciones de la antena de transmisión, incluyendo su altura y ubicación geográfica.

- **Cumplimiento:** La altura y ubicación de la antena deben cumplir con las especificaciones aprobadas por ARCOTEL para asegurar una cobertura adecuada y evitar interferencias. La ubicación geográfica también debe estar registrada y aprobada para optimizar la señal y minimizar las interferencias.

Estabilidad de la Señal:

La consistencia de la señal transmitida en términos de frecuencia y potencia.

- **Cumplimiento:** La señal debe mantenerse estable en frecuencia y potencia para garantizar la calidad de la transmisión. Las estaciones deben contar con equipos de alta precisión para asegurar esta estabilidad.

Separación entre Canales:

La distancia en frecuencia entre dos estaciones adyacentes en la banda de AM.

Cumplimiento: La separación entre canales en la banda de AM generalmente es de 10 kHz. Esto significa que dos estaciones adyacentes deben estar separadas por al menos 10 kHz para evitar interferencias. Por ejemplo, si una estación opera en 1000 kHz, la siguiente estación más cercana debe operar en 1010 kHz o 990 kHz.

Porcentaje de Modulación:

La relación entre la amplitud de la señal modulada y la amplitud de la señal portadora.

Cumplimiento: El porcentaje de modulación debe mantenerse en un rango que garantice la calidad de la transmisión sin causar distorsión. En general, el porcentaje de modulación no debe exceder el 100%. Un porcentaje de modulación del 100% significa que la señal modulada alcanza el máximo permitido en comparación con la señal portadora, asegurando una transmisión clara y potente sin distorsión.

TRANSMISIÓN AM

La transmisión en AM (Amplitud Modulada) es una técnica de modulación ampliamente utilizada en radiodifusión y comunicaciones de radiofrecuencia. Hay varias formas de modulación AM, cada una con sus características específicas y aplicaciones particulares (Proakis & Salehi, 2007). A continuación, se describen los principales tipos de transmisión AM:

TIPOS

AM Convencional (DSB-AM):

Definición:

En la modulación AM convencional, la amplitud de la onda portadora se varía en proporción a la señal de información. Esta técnica genera dos bandas laterales (superior e inferior) que son imágenes espejo entre sí.

Características:

Utiliza todo el espectro asignado y requiere un ancho de banda que es el doble de la señal de información.

Aplicaciones:

Principalmente utilizada en radiodifusión de AM.

1. **Banda Lateral Única (SSB-AM):**

- **Definición:** En la modulación SSB (Single Side Band), solo una de las bandas laterales (superior o inferior) es transmitida junto con la portadora. Esto elimina la redundancia de la banda lateral no utilizada.
- **Características:** Requiere la mitad del ancho de banda en comparación con la AM convencional y es más eficiente en términos de potencia.
- **Aplicaciones:** Utilizada en comunicaciones de larga distancia, como en comunicaciones marítimas, aéreas y de radioaficionados.

Banda Lateral Vestigial (VSB-AM):

Definición:

La modulación VSB (Vestigial Side Band) es una técnica donde una banda lateral completa y una porción de la otra banda lateral (vestigio) son transmitidas.

Características:

Compromiso entre la eficiencia del ancho de banda y la complejidad del receptor.

Aplicaciones:

Utilizada en la transmisión de señales de televisión analógica.

Banda Lateral Doble con Portadora Suprimida (DSB-SC):

Definición:

En la modulación DSB-SC (Double Side Band Suppressed Carrier), ambas bandas laterales son transmitidas, pero la portadora es suprimida.

Características:

Más eficiente en términos de potencia, ya que no se desperdicia energía en la transmisión de la portadora.

Aplicaciones:

Utilizada en comunicaciones por radio y televisión donde se requiere mayor eficiencia de potencia.

Banda Lateral Única con Portadora Reducida (SSB-RC):

Definición:

Similar a SSB, pero con una pequeña porción de la portadora transmitida para facilitar la demodulación en el receptor.

Características:

Compromiso entre la eficiencia de potencia y la simplicidad del receptor.

Aplicaciones:

Utilizada en algunas aplicaciones de radiodifusión y comunicaciones de dos vías.

BIBLIOGRAFÍAS

Balanis, C. A. (2016). *Antenna theory: Analysis and design*. Wiley.

Haykin, S. (2001). *Communication systems* (4th ed.). Wiley.

Proakis, J. G., & Salehi, M. (2007). *Digital communications* (5th ed.). McGraw-Hill.

Taub, H., & Schilling, D. L. (1986). *Principles of communication systems*. McGraw-Hill.

González, J. (2020). Simples y económicas. En *Comunicación por Modulación de Amplitud (AM)*. Recuperado de <https://www.lifeder.com/amplitud-modulada/>

Smith, J. (2020). *Communication Systems*. John Wiley & Sons.

Proakis, J. G., & Salehi, M. (2007). *Digital Communications*. McGraw-Hill.