

## TABLA DE CONTENIDO

Canales de comunicación Características.....	2
Modos de transmisión .....	2
Simplex (SX).....	2
Semiduplex (HDX) half duplex .....	2
Dúplex total (FDX, de full duplex) .....	2
Clasificación con respecto al tipo de medio físico usado. ....	3
Medios guiados.....	3
Medios no guiados.....	3
Tipos de canales de comunicación del rango de frecuencias.....	3
Características y parámetros.....	4
Atenuación.....	4
Ancho de banda y velocidad máxima de transmisión .....	4
Modulación en los sistemas de comunicaciones .....	5
El proceso de modulación.....	5
Modulaciones analógicas.....	5
Modulación Analógica.....	6
Modulación en Amplitud.....	7

## CANALES DE COMUNICACIÓN CARACTERÍSTICAS

El canal de comunicación es el medio de transmisión por el que viaja la señal portadora de la información procedente de un emisor y dirigida al receptor. En la actualidad los sistemas de comunicaciones tienen a su disposición multitud de tecnologías que nos permiten elegir un medio u otro en función de las prestaciones que necesitemos del mismo. Podemos pensar, por ejemplo, en cómo nos llega Internet actualmente a nuestras casas; por ADSL, que utiliza un medio de tipo par trenzado, por cable-módem, que emplea el tipo coaxial, o mediante las últimas incorporaciones, inalámbricamente o por fibra óptica.

### MODOS DE TRANSMISIÓN

Los sistemas de comunicación se pueden diseñar para manejar la transmisión sólo en una dirección, en ambas direcciones, sólo en una a la vez, o en ambas direcciones al mismo tiempo.

#### SIMPLEX (SX)

Las transmisiones sólo se hacen en una dirección, se los llama *sólo en un sentido*, *sólo recibir* o *sólo transmitir*. Una estación puede ser un transmisor o un receptor, pero no ambos a la vez. Como ejemplo está la emisión comercial de radio o televisión: la estación de radio sólo transmite a uno, y uno siempre recibe.

#### SEMIDUPLEX (HDX) HALF DUPLEX

las transmisiones se pueden hacer en ambas direcciones, pero no al mismo tiempo.

Una estación puede ser transmisora y receptora, pero no al mismo tiempo. Los sistemas de radio en dos sentidos que usan botones para hablar (PTT, de *push-to-talk*) para conectar sus transmisores, como son los radios de banda civil y de policía.

#### DÚPLEX TOTAL (FDX, DE FULL DUPLEX)

puede haber transmisiones en ambas direcciones al mismo tiempo. Una estación puede transmitir y recibir en forma simultánea; sin embargo, la estación a la que se transmite también debe ser de la que se recibe. Un sistema telefónico normal es un ejemplo.

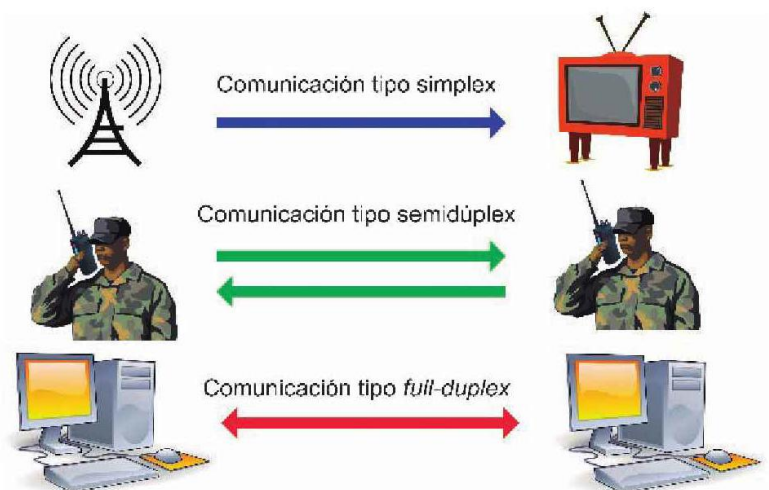


Figura 1.18. Canales según el sentido de la transmisión.

## CLASIFICACIÓN CON RESPECTO AL TIPO DE MEDIO FÍSICO USADO.

### MEDIOS GUIADOS

Comunicaciones alámbricas, las señales se propagan por un cable eléctrico u óptico.

### MEDIOS NO GUIADOS.

Comunicaciones inalámbricas, no conducidas por ningún cable, por lo general radiofrecuencias.

## TIPOS DE CANALES DE COMUNICACIÓN DEL RANGO DE FRECUENCIAS

El espectro electromagnético está formado por un conjunto de ondas electromagnéticas que se propagan a la velocidad de la luz, abarcando desde las radiaciones de infrarrojos hasta los rayos cósmicos, pasando por la luz visible, los rayos X, las microondas, etcétera. Por lo que es común dividirlo en segmentos o bandas para su estudio, tal y como se muestra en la **Tabla 1.1**.

No obstante, existe un concepto más práctico en los sistemas de comunicaciones radioeléctricos, que es el concepto de **espectro radioeléctrico o espacio radioeléctrico**, entendido como el medio a través del cual se transmiten las frecuencias de las ondas de radio electromagnéticas que posibilitan los servicios de telecomunicaciones como son la radio, la televisión, Internet, la televisión digital terrestre, etcétera, el cual es administrado por el gobierno de cada país.

El organismo encargado de su gestión es la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), que divide el espectro radioeléctrico en bandas de frecuencia, tal y como se muestra en la **Tabla 1.2**.

**Tabla 1.1.** Bandas del espectro electromagnético

Banda	Longitud de onda (m)	Frecuencia (Hz)
Rayos gamma	$< 10 \times 10^{-12}$	$> 30,0 \times 10^{18}$
Rayos X	$< 10 \times 10^{-9}$	$> 30,0 \times 10^{15}$
Ultravioleta extremo	$< 200 \times 10^{-9}$	$> 1,5 \times 10^{15}$
Ultravioleta cercano	$< 380 \times 10^{-9}$	$> 7,89 \times 10^{14}$
Luz visible	$< 780 \times 10^{-9}$	$> 384 \times 10^{12}$
Infrarrojo cercano	$< 2,5 \times 10^{-6}$	$> 120 \times 10^{12}$
Infrarrojo medio	$< 50 \times 10^{-6}$	$> 6,00 \times 10^{12}$
Infrarrojo lejano/ submilimétrico	$< 1 \times 10^{-3}$	$> 300 \times 10^9$
Microondas	$< 10^{-2}$	$> 3 \times 10^8$
Ultra alta frecuencia - Radio	$< 1$	$> 300 \times 10^6$
Muy alta frecuencia - Radio	$< 10$	$> 30 \times 10^6$
Onda corta - Radio	$< 180$	$> 1,7 \times 10^6$
Onda media - Radio	$< 650$	$> 650 \times 10^3$
Onda larga - Radio	$< 10 \times 10^3$	$> 30 \times 10^3$
Muy baja frecuencia - Radio	$> 10 \times 10^3$	$< 30 \times 10^3$

Tabla 1.2. Designación de bandas del espacio radioeléctrico según la UIT

Nombre	Abreviatura	Banda UIT	Frecuencias	Longitud de onda
			< 3 Hz	> 100.000 km
Extra baja frecuencia	ELF	1	3-30 Hz	100.000–10.000 km
Súper baja frecuencia	SLF	2	30-300 Hz	10.000–1000 km
Ultra baja frecuencia	ULF	3	300–3000 Hz	1000–100 km
Muy baja frecuencia	VLF	4	3–30 KHz	100–10 km
Baja frecuencia	LF	5	30–300 KHz	10–1 km
Media frecuencia	MF	6	300–3000 KHz	1 km – 100 m
Alta frecuencia	HF	7	3–30 Mhz	100–10 m
Muy alta frecuencia	VHF	8	30–300 Mhz	10–1 m
Ultra alta frecuencia	UHF	9	300–3000 Mhz	1 m – 100 mm
Súper alta frecuencia	SHF	10	3-30 Ghz	100-10 mm
Extra alta frecuencia	EHF	11	30-300 Ghz	10–1 mm
			> 300 Ghz	< 1 mm

## CARACTERÍSTICAS Y PARÁMETROS.

Podemos encontrar otros parámetros que son relevantes en un canal de comunicación: algunos dependen del tipo de medio físico, como la impedancia del cable, por ejemplo, o el tipo de apantallamiento, en medios guiados; otros expresan magnitudes que resultan vitales en cuanto a la capacidad y calidad de la señal que llega al destino de la comunicación, como podrían ser la atenuación o el ancho de banda del canal.

### ATENUACIÓN

La atenuación en un canal de comunicación son las pérdidas que se producen en la potencia o amplitud de la señal transmitida cuando la señal se propaga a lo largo del medio de transmisión. Estas pérdidas pueden ser homogéneas, es decir, iguales para todas las frecuencias que se transmiten, en cuyo caso se habla de canales sin distorsión por atenuación, o distintas, en función de la frecuencia, en cuyo caso se dice que el canal presenta distorsión por atenuación.

Las pérdidas o atenuación producida en una señal cuando se propaga a lo largo de un canal suele expresarse en una unidad logarítmica llamada decibelio (dB), de tal modo que una característica técnica que podemos encontrar, por ejemplo, en los cables, es su atenuación por unidad de distancia.

### ANCHO DE BANDA Y VELOCIDAD MÁXIMA DE TRANSMISIÓN

El *ancho de banda de un canal* de comunicación es el rango de frecuencias que dicho canal permite transmitir por él. Es un concepto asociado sobre todo a transmisiones analógicas donde las señales a enviar tienen un espectro determinado (comprendido entre dos frecuencias) y el ancho de banda del canal debe abarcar el espectro de la señal para que esta se transmita sin pérdida de información. El término *velocidad máxima de transmisión* de un canal se emplea sobre todo en comunicaciones digitales, en las cuales la información suele ser binaria (ceros y unos) y las señales que se transmiten por el medio suelen codificarse en forma de transiciones discretas. El número de transiciones por unidad de tiempo de estas señales es lo que se denomina baudios y es una de las magnitudes que se emplean para caracterizar la velocidad máxima de transmisión de señales digitales por un canal de comunicación.

## MODULACIÓN EN LOS SISTEMAS DE COMUNICACIONES

En un sistema de comunicaciones, la información procedente de una fuente es convertida por un transductor, para generar una señal eléctrica. Sin embargo, en muchas ocasiones es preciso realizar transformaciones sobre las señales que deseamos enviar por el medio físico de comunicación. Los principales motivos por los que es preciso realizar este proceso son:

\* **La señal de información no puede transmitirse directamente por el medio.**

Es el caso de las señales de radiofrecuencia, que precisan ser desplazadas en frecuencia para poder ser radiadas, ya que sino las antenas tendrían tamaños imposibles y se requeriría una potencia excesiva.

\* **Resulta preciso mejorar las características de la transmisión.**

Un ejemplo muy frecuente lo encontramos en sistemas donde existen ciertas interferencias o ruidos que entorpecen la comunicación, como entornos industriales, donde encontramos inversores de tensión, contactores, motores, etc

\* **Se necesita compartir el medio con otras señales de información.**

El espacio radioeléctrico, es único y debemos compartirlo con multitud de emisiones: radio FM, radio AM, telefonía celular, señal de televisión digital terrestre, comunicaciones por satélite, etc.

## EL PROCESO DE MODULACIÓN.

Consiste en modificar las características de una señal analógica (normalmente una senoide), conocida como **señal portadora**, empleando para ello la señal de información, conocida como **señal moduladora**, para obtener como resultado una onda o **señal modulada** que transporta la información que deseamos enviar y es adecuada para ser transmitida por el medio físico de comunicación.

### Recuerda que...

En los sistemas de comunicaciones, para poder transmitir simultáneamente varias señales analógicas con el mismo espectro en banda base, por un medio físico, bien sea el espacio radioeléctrico o un medio cableado, es preciso «trasladarlas» cada una a una frecuencia distinta, de tal manera que cada una ocupe una «ranura» del espectro radioeléctrico. El receptor deberá, a su vez, ser capaz de seleccionar y desplazar a la banda base la señal analógica de información deseada.

Pensemos, en un sistema analógico de comunicación como podría ser la radio comercial; para poder transmitir las señales de las distintas emisoras por el mismo medio, es preciso separar las señales en distintas bandas de frecuencia. Si empleamos para cada radiolocución una señal portadora senoidal de distinta frecuencia y modificamos uno de sus parámetros, por ejemplo su amplitud, con la señal de información, conseguiremos transmitir cada señal de información (radiolocución) empleando una banda de frecuencia distinta, de tal manera que no se interferirán entre ellas. Esta idea fue la que dio origen a la conocida radio AM, que no es más que una modulación en amplitud.

## MODULACIONES ANALÓGICAS.

La señal de información es analógica; tal es el caso de la transmisión de señales de radio comercial, por ejemplo. Entre las más importantes tenemos:

- Modulación en amplitud (AM).
- Modulaciones angulares:
  - ✓ Modulación en fase (PM).
  - ✓ Modulación en frecuencia (FM).

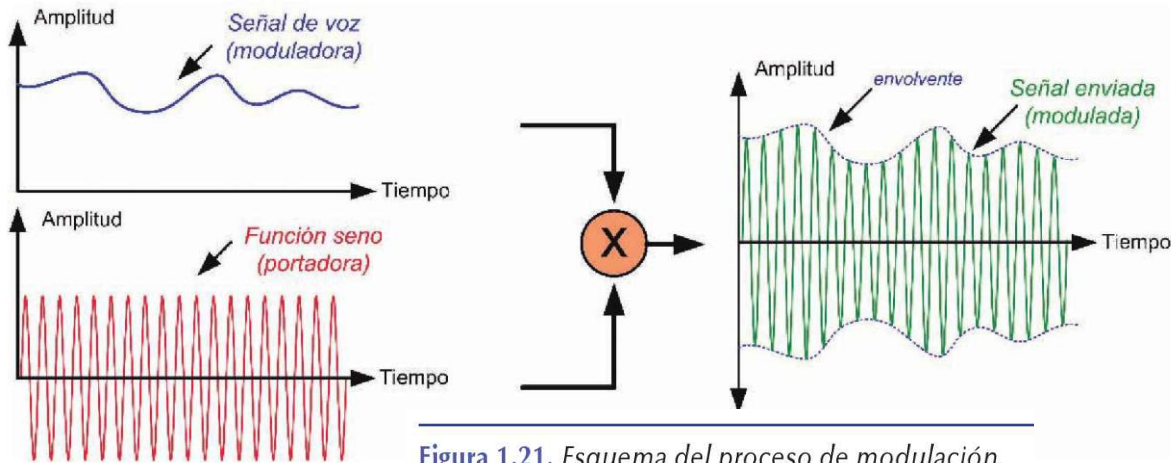


Figura 1.21. Esquema del proceso de modulación.

**MODULACIÓN ANALÓGICA.**

El proceso de modulación convierte una señal de información en banda base en una señal centrada en la frecuencia de la señal portadora. Cuando la señal de información es analógica, estamos frente a una modulación analógica.

El proceso de modulación requiere modificar alguna característica de la señal portadora, normalmente de tipo senoidal, de acuerdo a una señal de información en banda base.

Si la señal portadora tiene la siguiente expresión matemática:

$$p(t) = A_0 \cos(\omega_c t + \varphi_0)$$

donde  $A_0$ , es la amplitud,  $\omega_c$ . es la frecuencia angular y  $\varphi_0$  es la fase de la señal, entonces modificando cualquiera de sus parámetros en base a la señal de información obtendremos un tipo u otro de modulación.

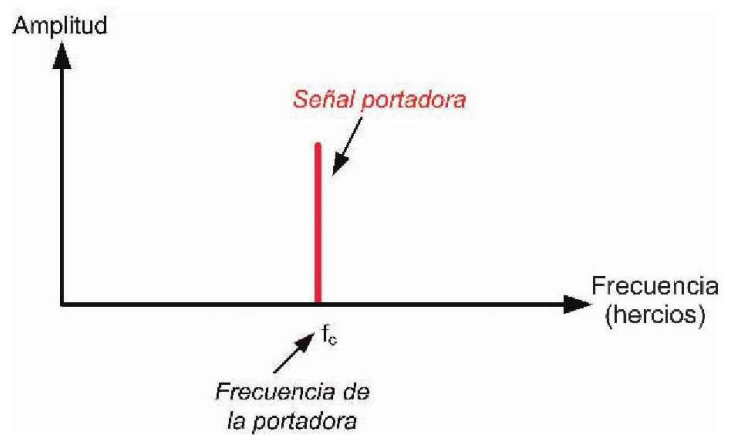


Figura 1.23. Señal portadora de información en el dominio de la frecuencia.

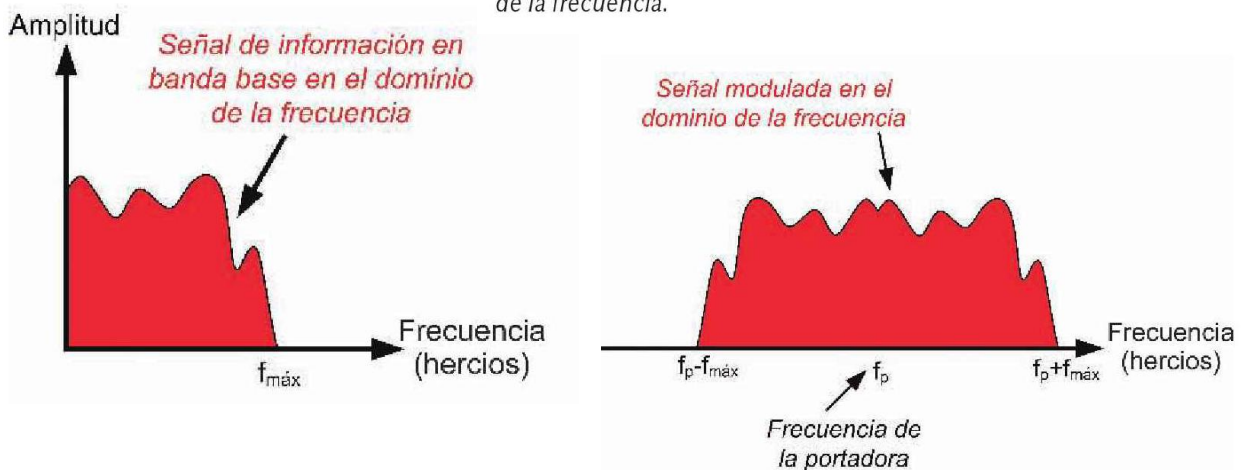


Figura 1.22. Ejemplo de desplazamiento en la frecuencia de señal de información al ser modulada.

**MODULACIÓN EN AMPLITUD.**

En una modulación en amplitud el parámetro que se modifica en la portadora es **Ao**, es decir, su amplitud. Una **señal modulada en amplitud**, mA (t), tendrá la siguiente expresión matemática:

$$m_A(t) = A_0 [1 + m \cdot i(t)] \cos(\omega_c t)$$

donde **m** es una constante que se denomina índice de modulación e i(t) sería la señal de información moduladora, debiéndose cumplir en todo momento que m·i(t) <= 1, ya que en caso contrario la amplitud se podría hacer negativa y también se estaría modificando la fase de la señal modulada.

Pensemos en el caso particular en el que la señal de información, **i(t)**, sea una señal senoidal con la expresión matemática i(t) = Ai \* cos(wi\*t). La forma de la señal moduladora, portadora y modulada se muestra en la **Figura 1.24**.

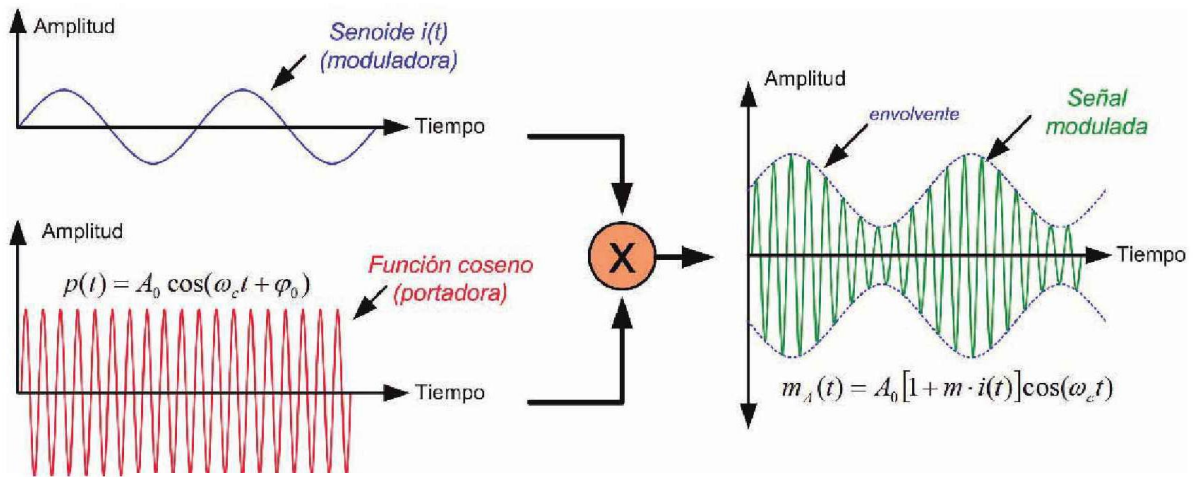


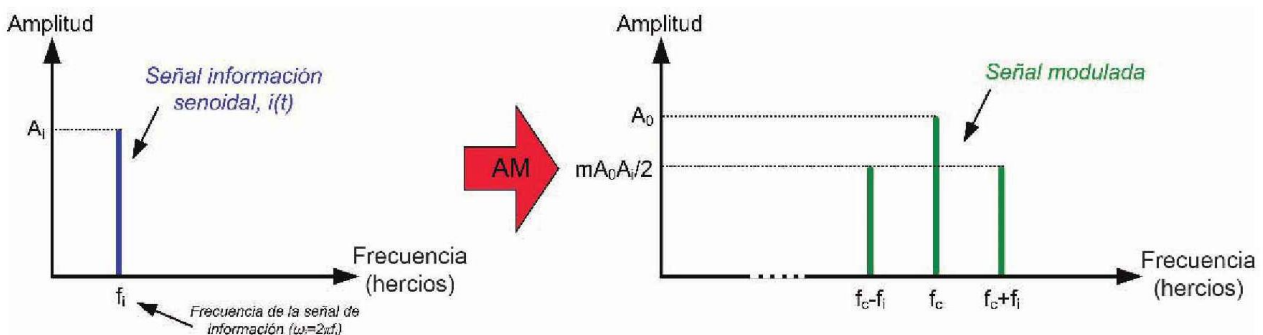
Figura 1.24. Ejemplo de modulación en amplitud con moduladora senoidal en el dominio del tiempo.

Como podemos observar, la **envolvente** de la señal modulada tiene la forma de la señal de información.

Si estudiamos qué sucede en el dominio de la frecuencia, matemáticamente la señal moduladora tendrá la siguiente expresión:

$$m_A(t) = A_0 [1 + m \cdot A_i \cos(\omega_i t)] \cos(\omega_c t) = A_0 \left[ \cos(\omega_c t) + \frac{m \cdot A_i}{2} (\cos((\omega_c + \omega_i)t) + \cos((\omega_c - \omega_i)t)) \right]$$

Podremos observar cómo el espectro en el dominio de la frecuencia de la señal en banda base, al ser modulada por p(t), da como resultado una señal centrada en la frecuencia de la portadora con dos «imágenes» de la señal de información a ambos lados, a las frecuencias wc + wi y wc - wi.



En el caso de disponer de una señal de información genérica,  $i(t)$ , como podría ser la señal analógica procedente de un locutor de radio, limitada en banda, al verse sometida al proceso de modulación en amplitud conseguimos que su espectro en banda base sea desplazado en la frecuencia, tal y como se muestra en la **Figura 1.26**.

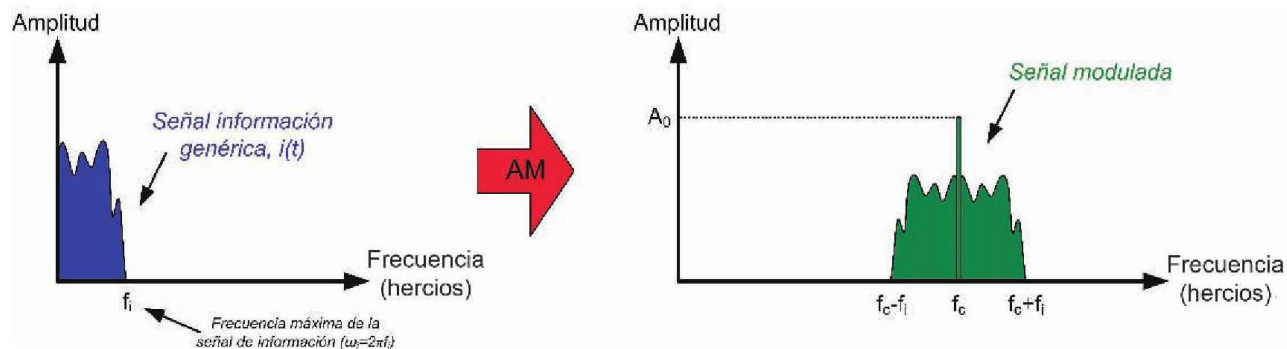


Figura 1.26. Espectro de una señal genérica en banda base y espectro de su modulación en amplitud.



### Vocabulario

Doble banda lateral con portadora suprimida = DSB-SC (*Double-Side Band Suppressed-Carrier*).

Modulación en amplitud = AM (*Amplitude Modulation*).



### Vocabulario

Banda Lateral Única (BLU) = SSB (*Single Side Band*).