

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS,
AGRIMENSURA E INGENIERIA.

Telecomunicaciones.

Transmisión de información por radiación
electromagnética. Radios. Antenas.

La presente monografía fue realizada por Cairone, Diego Javier. Alumno de segundo año de la licenciatura en Física. Noviembre de 2002.

Índice.

- Introducción.
- Transmisor.
- Métodos de transmisión.
- Bandas de frecuencia.
- Antenas de transmisión y recepción.
- Recepción y receptores.
- Bibliografía consultada.
- Autor.

Introducción.

Las ondas de radio son un tipo de radiación electromagnética con frecuencias que van desde algunos kilohertzios a varios gigahertzios, lo cual al utilizarla como medio de transporte de información ofrece a la radio comunicación tres ventajas importantes:

- No es necesario un medio físico para la propagación de información, las ondas electromagnéticas se propagan incluso en el vacío.
- La información viaja rápidamente, esto es: a 300.000 Km/s.
- Objetos que a nuestra vista resultan opacos son transparentes a las ondas de radio.

No obstante y al igual que las ondas sonoras, las ondas electromagnéticas se atenúan con la distancia. Sin embargo, esta desventaja puede minimizarse al elevar la potencia del generador de onda y la sensibilidad de los receptores de la misma.

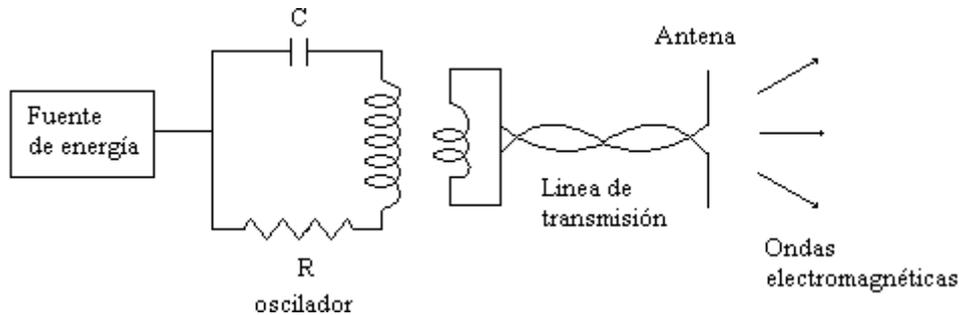
Los sistemas de radio comunicación constan, básicamente, de dos componentes: un **transmisor** y un **receptor**. El primero genera oscilaciones eléctricas con una frecuencia determinada denominada **frecuencia portadora** que se irradian en la **antena** en forma de ondas electromagnéticas, irradiación llamada **onda portadora**, que en combinación con la información a transmitir, **onda moduladora**, constituyen el conjunto de la transmisión que viaja por el espacio hasta ser detectada por el receptor que efectúa el proceso inverso de **desmodulación** para obtener a través de un **convertidor** la información originalmente transmitida.

Transmisor.

La función principal de un transmisor es la de generar una onda llamada **onda portadora**, que es la encargada de transportar la información hasta el receptor. Esta onda portadora, en forma de corriente alterna generada en un circuito RLC llamado **circuito oscilador** es transportada hasta la antena, donde se irradia al medio exterior en forma de campos magnéticos y eléctricos oscilantes perpendiculares entre si y, a su vez, perpendiculares a la dirección de propagación de estos, por la **línea de transmisión**.

En la figura siguiente se muestra el esquema básico de un circuito oscilador conectado a una fuente externa que restituye la energía disipada como radiación. La corriente en el circuito varía senoidalmente con una frecuencia $\omega \approx (LC)^{-1/2}$ cuando la

carga resistiva es pequeña. El oscilador está acoplado con un transformador a la línea de transmisión, que conduce la corriente a la antena.



La información a transmitir es agregada a esta onda en un proceso denominado **modulación**, previa captura de la misma a través de un transductor que convierte la información en un voltaje variable y proporcional a cada valor instantáneo de la intensidad, como por ejemplo un micrófono en el caso de sonidos o un dispositivo fotosensible en el caso de imágenes.

El transmisor no solo debe generar la corriente de alta frecuencia para la onda portadora, sino que también debe mantener la exactitud de la misma dentro de límites muy reducidos, ya que si varía la frecuencia de una emisora pueden producirse interferencias con otras o resultar en una recepción defectuosa de la señal. De esto se encarga también el circuito oscilador, para lo cual se le agrega un cristal de cuarzo, piezoeléctrico, que al aplicársele una corriente alterna, este comienza a vibrar mecánicamente con una amplitud bastante grande y con una frecuencia determinada por su espesor. La frecuencia del cristal regula todo el circuito oscilador, de modo que con un cristal adecuadamente seleccionado, la frecuencia puede mantenerse constante dentro de límites muy reducidos, siempre que la temperatura del cristal se mantenga también constante. Para ello, el cristal está encerrado en una caja metálica, y una resistencia eléctrica, combinada con un termostato, mantiene constante la temperatura. En un circuito eléctrico bien diseñado, dicho oscilador no varía en más del 0.01% en la frecuencia.

Métodos de transmisión.

La modulación nace de la necesidad de transportar una información a través del espacio. Este es un proceso mediante el cual dicha información, onda moduladora, se inserta a un soporte de transmisión, la onda portadora.

La modulación de la portadora se puede realizar a nivel bajo o alto. En el primer caso, la onda con la información, con una amplificación pequeña o nula, sirve para modular la salida del oscilador y la frecuencia modulada de la portadora se amplifica antes de conducirla a la antena; en el segundo caso, las oscilaciones de la onda portadora y la señal con la información, onda moduladora, se amplifican de forma independiente y la modulación se efectúa justo antes de transmitir las oscilaciones a la antena.

Una portadora puede modularse de diferentes modos dependiendo del parámetro, amplitud o frecuencia, de la misma sobre el que se actúe.

- *Modulación por amplitud (AM)*

Se modula en amplitud a una onda portadora cuando se hace variar a la amplitud o intensidad de la misma en función de la amplitud de la onda moduladora. Esto es, la amplitud de la información a transmitir es la que varía la amplitud de la onda portadora.

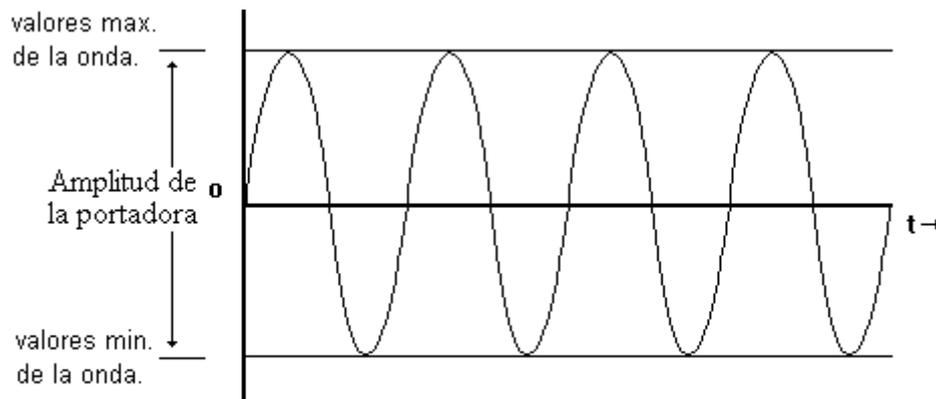


fig 2. Representación de la onda portadora.

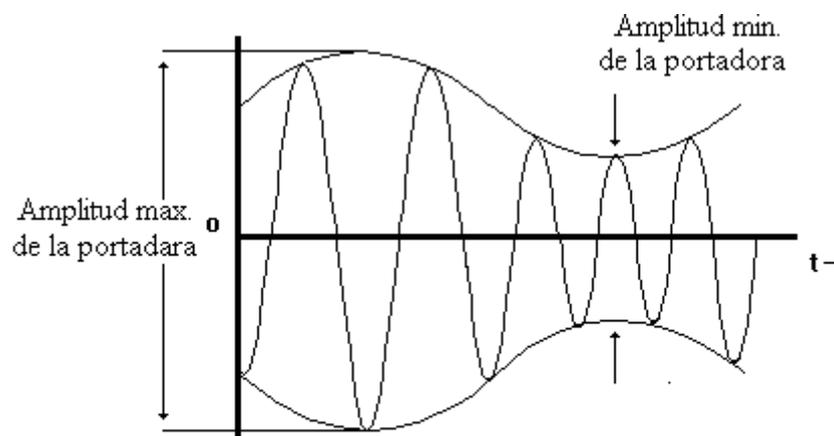


fig 2. Onda modulada en amplitud.

Y resulta que, al añadir esta información se obtienen tres frecuencias:

1. La frecuencia de la portadora f
2. La frecuencia suma de la portadora y la información.
3. La frecuencia diferencia de la portadora y la información.

Por ejemplo:

En una onda portadora de $f_p = 1000$ KHz. y que se module con una información, con un sonido, cuya frecuencia sea de $f_i = 1000$ Hz. (1 KHz.) presentará estas tres frecuencias:

- $f_p = 1000$ KHz.
- $f_p + f_i = 1000$ KHz. + 1 KHz. = 1001 KHz.
- $f_p - f_i = 1000$ KHz. - 1 KHz = 999 KHz.

Debido a que para barrer el rango de frecuencias audibles por el oído humano (20 Hz a 20.000 Hz) implicaría un ancho de banda muy grande y puesto que este ancho de banda para una emisión está limitado, esta clase de emisión se dedica a usos que no requieren gran calidad de sonido o en los que la información sea de frecuencias próximas entre sí; por otra parte, en la recepción es difícil eliminar las interferencias producidas por descargas atmosféricas, motores, etc. ya que el ruido modula en amplitud a la onda portadora contaminando la información transmitida.

- *Modulación por frecuencia (FM)*

La modulación por frecuencia consiste en variar la frecuencia de la onda portadora de acuerdo con la intensidad o amplitud de la onda de moduladora. La frecuencia de la portadora oscila según la onda moduladora, esto es, si aplicamos una moduladora de 100 Hz, la onda modulada se desplaza arriba y abajo cien veces en un segundo respecto de su frecuencia central, que es la portadora; además el grado de esta variación dependerá del volumen con que modulemos la portadora, a lo que denominamos **índice de modulación**.

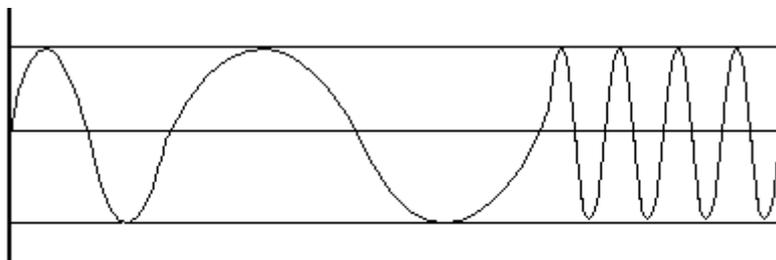


fig 5. Onda modulada en frecuencia.

Debido a que los ruidos o interferencias que se mencionaron anteriormente alteran la amplitud de la onda, no afecta a la información transmitida en FM, puesto que la información se extrae de la variación de frecuencia y no de la amplitud.

Como consecuencia de estas características de modulación se puede ver cómo la calidad de sonido o imagen es mayor cuando se modula en frecuencia que cuando se hace en amplitud.

Otros usos de la frecuencia modulada son la telefonía móvil, servicios de comunicación y televisión. En este último caso, los sonidos se modulan en frecuencia y las imágenes en amplitud.

Bandas de frecuencia.

Internacionalmente se ha dividido todo el espectro de frecuencia en las denominadas bandas de frecuencia. Esto se hace así para poder delimitar el acceso de los usuarios a estas bandas. Hay que mencionar que esta clasificación no es global y que algunos países difieren en su delimitación, pero podemos aceptarlas como generales.

Denominación	Siglas	Margen de frecuencias
Frecuencias muy bajas	VLF	3 - 30 KHz.
Frecuencias bajas	LF	30 - 300 KHz.
Frecuencias medias	MF	300 - 3000 KHz.
Frecuencias altas	HF	3 - 30 MHz
Frecuencias muy altas	VHF	30 - 300 MHz
Frecuencias ultra altas	UHF	300 - 3000 MHz
Frecuencias super altas	SHF	3 - 30 GHz
Frecuencias extra altas	EHF	30 - 300 GHz

Las bandas de frecuencia más baja se reservan para las emisoras que transmiten en AM, mientras que las de FM transmiten sobre los 100 MHz.

La única banda que está libre para cualquier uso (como radio control) y para cualquier persona es la banda de los 27 MHz, pero debido a esto está bastante saturada y sólo es conveniente utilizarla para practicar con montajes caseros y sistemas de poco alcance, no más de 100 m.

Aun cuando determinadas zonas de las diferentes bandas de radio, onda corta, onda larga, onda media, frecuencia muy alta y frecuencia ultra elevada, están asignadas a muy diferentes propósitos, la designación *radio de onda corta* se refiere generalmente a emisiones de radio en la rango de frecuencia altas (3 a 30 MHz) que cubren grandes distancias, especialmente en el entorno de las comunicaciones internacionales. Sin embargo, la comunicación mediante microondas a través de un satélite de comunicaciones, proporciona señales de mayor fiabilidad y libres de error.

Por lo general se suele asociar a los *radioaficionados* con la onda corta, aunque tienen asignadas frecuencias en la banda de onda media, la de muy alta frecuencia y la de ultra alta, así como en la banda de onda corta. Algunas conllevan ciertas restricciones pensadas para que queden a disposición del mayor número posible de usuarios.

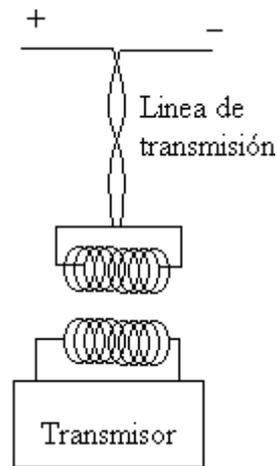
Antenas de transmisión y recepción.

Una vez que el transmisor ha generado una poderosa onda portadora y la misma ha sido modulada por la señal, la onda resultante es llevada a una antena. La antena es el dispositivo que permite irradiar la onda portadora ya modulada al espacio en forma de ondas electromagnéticas. En realidad, es un trozo de material conductor al cual se le aplica una señal y esta es radiada por el espacio libre.

Para que una antena resulte eficaz, esta debe ser apta para la frecuencia que debe irradiar, las antenas de transmisión suelen tener longitudes de $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, o $\frac{1}{8}$ de la longitud de onda que transmiten; por ejemplo, para una portadora de 1000 Khz. puede utilizarse una antena de 150 m de alto. Además, el diseño debe incluir la posibilidad de dirigirla en alguna dirección de transmisión determinada con el fin de economizar energía. Es por esto que se han definido algunos parámetros fundamentales que caracterizan a las antenas:

- **Densidad de potencia radiada:** La densidad de potencia radiada se define como la potencia por unidad de superficie en una determinada dirección. Las unidades son watios por metro cuadrado. Se puede calcular a partir de los valores eficaces de los campos E y B.
- **Directividad:** La Directividad de una antena se define como la relación entre la densidad de potencia radiada en una dirección, a una distancia, y la densidad de potencia que radiaría a la misma distancia una antena isotrópica, a igualdad de potencia total radiada.
- **Ganancia:** La ganancia de una antena se define como la relación entre la densidad de potencia radiada en una dirección y la densidad de potencia que radiaría una antena isotrópica, a igualdad de distancias y potencias entregadas a la antena.
- **Polarización:** La polarización de una antena es la polarización de la onda radiada por dicha antena en una dirección dada. La polarización de una onda es la figura geométrica determinada por el extremo del vector que representa al campo eléctrico en función del tiempo, en una posición dada. Para ondas con variación sinusoidal dicha figura es en general una elipse. Hay una serie de casos particulares. Si la figura trazada es una recta, la onda se denomina linealmente polarizada, si es un círculo circularmente polarizada. El sentido de giro del campo eléctrico, para una onda que se aleja del observador, determina si la onda está polarizada circularmente hacia la derecha o hacia la izquierda. Si el sentido de giro coincide con las agujas del reloj, la polarización es circular hacia la derecha. Si el sentido de giro es contrario a las agujas del reloj, la polarización es circular hacia la izquierda. El mismo convenio se aplica a las ondas con polarización elíptica.
- **Impedancia:** La impedancia de una antena se define como la relación entre la tensión y la corriente en sus terminales de entrada. Dicha impedancia es en general compleja. La parte real se denomina resistencia de antena y la parte imaginaria, reactancia de antena.

Una antena transmisora básica consiste en dos conductores rectos y paralelos unidos cada uno en su extremo a los extremos de una bobina por medio de la línea de transmisión, como se muestra en la figura, y cuya distribución de carga se alterna a una frecuencia dada por el transmisor.



Este tipo de antena es conocida como **antena de dipolo eléctrico**. A veces es más conveniente un conductor vertical cuyo extremo inferior está permanentemente al potencial de tierra. En esta configuración la corriente inducida hará que el extremo superior de la antena sea positivo y negativo, alternativamente, con respecto a la tierra.

En el proceso inverso, la detección de señales transmitidas, se pueden utilizar este mismo tipo de antenas. El campo eléctrico oscilante de la radiación que llega a la antena induce sobre esta una corriente alterna que se acopla al sistema amplificador del receptor por medio de un transformador. También puede detectarse el paso del campo magnético B mediante una antena en forma circular. Cuando la onda pasa por este tipo de antena, el flujo cambiante en la espira induce una Fem que se puede detectar. Esta antena se conoce con el nombre de **antena de dipolo magnético** y puede utilizarse para establecer la dirección de donde proviene la señal porque al rotar la espira de la antena cambia el flujo magnético y con él la Fem inducida. Esta Fem es máxima si la dirección de propagación de la onda está en el plano de la espira.

Recepción y receptores.

Los componentes fundamentales de un receptor de radio son:

- una antena de dipolo eléctrico o magnético para recibir las ondas electromagnéticas y convertirlas en oscilaciones eléctricas;
- amplificadores para aumentar la intensidad de dichas oscilaciones;
- equipos para la desmodulación;
- un convertidor que transforma los impulsos eléctricos obtenidos en la desmodulación en la información que fue originalmente transmitida, por ejemplo, un altavoz para convertir los impulsos en ondas sonoras (y en televisión, un tubo de imágenes para convertir la señal en ondas luminosas visibles); y en la mayoría de los receptores,
- unos osciladores para generar ondas de radiofrecuencia que puedan mezclarse con las ondas recibidas.

De aquí se ve que un receptor es una serie de circuitos por los cuales pasa la señal hasta que, finalmente, llega al convertidor, como por ejemplo, un altavoz.

La selección de una onda que viene de una emisora se efectúa mediante un circuito eléctrico que consta de una bobina de inductancia L y un condensador de capacitancia variable C . La onda electromagnética entrante genera en el **circuito RLC sintonizador** o **circuito oscilador primario**, que es un circuito resonante, una tensión variable V consistente en la superposición de varias ondas portadoras generadas en diversas estaciones emisoras que transmiten simultáneamente. Una característica fundamental de los receptores de radio es poder distinguir una señal en particular entre todas las detectadas, proceso denominado **sintonización**. Para un dado valor de L y C del circuito, este tiene una frecuencia natural de resonancia para la cual la intensidad o amplitud de la señal eléctrica generada en él es máxima. Si la tensión V generada en el circuito y originada por los campos electromagnéticos tiene una frecuencia distinta a la de estos últimos, entonces dicha tensión es casi nula, no detectándose ninguna señal. Sin embargo, si coinciden se produce el fenómeno de resonancia y la tensión generada en el circuito es una onda de corriente alterna que contiene la misma modulación de la onda electromagnética detectada por la antena receptora. De esto se sigue que si se modifican los valores de L o C se consigue otra frecuencia natural de resonancia, y de esta manera se logra sintonizar a una emisora en particular: se ajusta L o C para que la frecuencia de resonancia sea igual a la de la onda portadora de la emisora de interés.

En la práctica, los receptores de radio son de tipo superheterodino, en el que un segundo oscilador, **circuito oscilador secundario**, genera una onda de radio en el receptor que se mezcla con la onda portadora entrante, produciendo así una tercera onda de frecuencia menor; esta última se denomina **onda de frecuencia media**. Esta tercera frecuencia debe mantener siempre su mismo valor y, por consiguiente, el circuito oscilador secundario que genera la segunda frecuencia es controlado por el mismo condensador variable que controla la sintonía. Al seleccionar una emisora en particular, este circuito oscilador secundario es sintonizado para producir otra frecuencia diferente. Por ejemplo: si un receptor se sintoniza a una frecuencia de 800 Khz., el circuito oscilador secundario se sintoniza automáticamente en 700 Khz. y la onda de frecuencia media queda fija en 100 Khz. Si, ahora, se cambia de emisora para sintonizar una onda portadora de 600 Khz., el circuito oscilador secundario es nuevamente sintonizado en forma automática en 500 Khz. y la onda de frecuencia media se mantuvo constante en 100 Khz. Debido a que es más difícil amplificar la señal de distintas frecuencias correspondiente a distintas emisoras, conviene incorporar un circuito oscilador secundario para que, según lo explicado precedentemente se pueda amplificar una onda, la onda de frecuencia intermedia, independientemente de la frecuencia sintonizada.

Una vez que la frecuencia intermedia haya sido amplificada en forma suficiente, proceso que puede consistir en varias etapas de amplificación, se la puede eliminar, quedando únicamente la modulación de la información originalmente transmitida. En la etapa de obtención de la onda de frecuencia media se suelen incluir circuitos auxiliares como el control automático de volumen.

Al receptor también le incumbe la tarea de desmodulación, que es el proceso inverso a la modulación. Esto es, generar una tensión o voltaje variable en función de la variación de frecuencia o amplitud de la onda portadora detectada.

Bibliografía consultada.

- Enciclopedia práctica Jackson, tomo XII, páginas 149 a 158 correspondientes al capítulo **RADIO, TELEVISION Y RADAR.**
- Física. Halliday, Resnick y Krane. Volumen 2, páginas 315 a 317 correspondientes al capítulo 41: **ONDAS ELECTROMAGNETICAS.**
- Física. Feynman, Leighton, Sands. Volumen 1, páginas 25-3 a 25-7 correspondientes al capítulo 25: **SISTEMAS LINEALES Y REPASO.**
- Fundamentos de Física. Blatt. Páginas 635 a 642 correspondientes al capítulo 24: **ONDAS ELECTROMAGNETICAS Y NATURALEZA DE LA LUZ.**
- Enciclopedia Microsoft® Encarta® 98 © 1993-1997.

Fuentes consultadas en Internet:

- **Principios básicos de la transmisión por radio.** Autor: Miguel Angel Montejo Ráez. Origen: <http://orbita.starmedia.com/~javiercapalbo/informatica/taller/varios/radio.htm>
- **Tipos de modulación.** Autor: Miguel Sánchez. Alumno de 3º FPII (Rama Electricidad) IES "Río Cuerpo de Hombre" 16 - 10 -1.999. Origen: <http://olmo.pntic.mec.es/~jmarti50/radio2/radio2.html>
- **Antenas. Teoría.** UPV. Origen: <http://www.upv.es/antenas>