

MANUAL DE FUNDAMENTOS TÉCNICO PARA RADIOAFICIONADOS

Esteban – LU1JES

Este manual pretende presentar cuestiones técnicas básicas, para los radioaficionados.

Dentro de los conceptos básicos está: ELECTRICIDAD, ELECTRONICA, MAGNETISMOS, FUENTES DE ALIMENTACION, GENERADORES DE CORRIENTE, GENERADORES DE FRECUENCIA, TRANSMISION RADIOELECTRICA, PROPAGACION Y ANTENAS.

INTRODUCCIÓN

Estos apuntes pretenden ayudar a los radioaficionado novicios a dar sus primeros pasos en el camino de la radiotécnica. Están orientados a aquellas personas cuyos conocimientos técnicos son escasos y por ello, se tratara de explicar los fenómenos radioeléctricos de la manera más simple y didáctica.

TEMA: 1 Electricidad

En los conductores existen partículas invisibles llamadas electrones libres que están en constante movimiento en forma desordenada. La **electricidad** es el movimiento ordenados de estos electrones a través de un cuerpo conductor. La electricidad es una forma de energía que sólo se percibe por sus efectos, y los mismos son posibles debido a dos factores: la **Tensión** y la **Corriente eléctrica**.

Magnitudes eléctricas

TENSIÓN ELÉCTRICA: es la fuerza necesaria para que estos electrones libres pasen a tener un movimiento ordenado Se simboliza con la letra U o E y su unidad es el volt (V). La tensión eléctrica también se la puede definir como f.e.m. o diferencia de potencial.

INTENSIDAD DE CORRIENTE ELÉCTRICA: es la corriente que se forma gracias a este movimiento ordenado de electrones dentro de los cables. Y es la encargada de distribuir la energía dentro de un circuito. Esta corriente posibilita que funcionen los elementos que están en el circuito. Se simboliza con la letra I, y su unidad es el Amper (A).

RESISTENCIA ELÉCTRICA: es la oposición que presenta un material al paso de la corriente eléctrica, se simboliza con la letra R, y su unidad es el ohm (Ω).

La ley de OHM

Es la ley que reúne las tres magnitudes básicas y dice:

QUE LA INTENSIDAD DE CORRIENTE QUE CIRCULA POR UN CIRCUITO ES DIRECTAMENTE PROPORCIONAL A LA TENSIÓN APLICADA E INVERSAMENTE PROPORCIONAL A LA RESISTENCIA.

De la ley de Ohm se desprenden estas tres ecuaciones:

$$R = \frac{U}{I} \qquad I = \frac{U}{R} \qquad U = I \cdot R$$

POTENCIA ELÉCTRICA: Cuando una resistencia eléctrica es atravesada por una corriente eléctrica, la energía eléctrica suministrada a la misma se transforma en energía térmica, es decir se genera calor. Este efecto se utiliza en la construcción de calentadores, estufas, planchas, etc. La energía térmica así generada se denomina POTENCIA ELÉCTRICA, se representa normalmente con la letra P y su unidad de medida es el WATT o VATIO (W) y queda determinada numéricamente por el producto entre la corriente eléctrica que atraviesa el elemento a considerar y la diferencia de potencial que aparece entre sus bornes.

La ecuación que la define es:

$$P = U \cdot I$$

Existe una relación que podemos hacer con la ley de ohm.

⚡ Primero reemplazamos en la ecuación de la potencia, el valor de U según la ley de ohm:

$$P = R \cdot I \cdot I = R \cdot I^2$$

⚡ Segundo reemplazamos en la ecuación de potencia, el valor de I según la ley de ohm nos queda de la siguiente manera:

$$P = U \cdot \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R}$$

Si bien el proceso de calentamiento es utilizable en muchos casos (estufa, etc.) cuando se trata de componentes eléctricos, que han de colocarse en un circuito, una elevación de temperatura resulta perjudicial y hasta puede llegar a destruir al mismo. Mientras más grande sea físicamente el elemento, mayor será la capacidad que tenga para disipar el calor generado y podrá soportar mayores corrientes.

Ejercicios de aplicación

- ✓ Sobre una resistencia de 400W se aplica una tensión de 20 Volt. ¿Cuál será su potencia?

$$1 \text{ Watt Porque: } P = U^2/R = 20v \times 20v / 400\Omega = 1 \text{ W}$$

- ✓ Hay cuatro resistencias en paralelo R1=50 Ω, R2=10 Ω, R3=120 Ω, y R4=4700 Ω, si se aplican 12 Volt, ¿Cuál es la potencia sobre R1?

$$2,88 \text{ Vatios. } P = U^2/R1 = 12V \times 12V / 50\Omega = 2,88 \text{ W}$$

- ✓ Si tenemos tres resistencias de 10 Ohm en serie, la R total será 30 Ohm, si le aplicamos una tensión de 30 Volt.

La corriente será de 1 Amperio según la Ley de Ohm.

- ✓ Se dispone de cuatro resistencias (R1= 50 Ohm, R2= 10 Ohm R3= 120 Ohm y R4= 4700 Ohm conectadas en paralelo a una fuente de alimentación de 12 Volts. Que corriente circulara por R2?

1200 mA. Porque $I = U/R = 12/10 = 1,2 \text{ A}$ o 1200 mA.

- ✓ Se dispone de cuatro resistencias (R1= 50 Ω , R2= 10 Ω , R3= 120 Ω y R4= 4700 Ω) conectadas en paralelo a una fuente de alimentación de 12 Volts. ¿Qué corriente circulará por R1?

240 mA

- ✓ A una resistencia de 5000 Ohm se le aplican 250 Volt, entonces la intensidad que circula es de $250 \text{ Volt}/5000 \text{ Ohm} = 0,05 \text{ A}$

Múltiplos y Submúltiplos

Cuando hablamos de grandes distancias, generalmente no usamos el metro, sino que las expresamos en kilómetros, al igual que si hablamos de un cuerpo muy pesado lo hacemos en kilogramos o en toneladas. Si la distancia es pequeña hablamos de centímetros o milímetros. Todo esto se hace por una cuestión de práctica y conveniencia. Lo mismo ocurre con las unidades de tensión, intensidad de corriente y resistencia eléctrica.

A continuación presentaremos una tabla con los múltiplos y submúltiplos más utilizados en la práctica:

AMPERE (A)	MÚLTIPLO	Kilo Ampere	(KA)	10^3 A
	SUBMÚLTIPLO	miliampere	(mA)	10^{-3} A
		Microampere	(μA)	10^{-6} A
		Nanoampere	(nA)	10^{-9} A
		Picoampere	(pA)	10^{-12} A
VOLT (V)	MÚLTIPLO	KiloVolt	(KV)	10^3 V
	SUBMÚLTIPLO	milivolt	(mV)	10^{-3} V
		Microvolt	(μV)	10^{-6} V
		Nanovolt	(nV)	10^{-9} V
		Picovolt	(pV)	10^{-12} V
OHM (Ω)	MÚLTIPLO	Kilohm	(k Ω)	$10^3 \Omega$
		Megaohm	(M Ω)	$10^6 \Omega$
	SUBMÚLTIPLO	miliohm	(m Ω)	$10^{-3} \Omega$
		Microhm	($\mu\Omega$)	$10^{-6} \Omega$

Tipos de conexión o asociación de componentes

Los elementos eléctricos o los componentes electrónicos se pueden conectar o asociar de tres diferentes maneras las cuales la veremos a continuación

Conexión o asociación en serie

Una conexión en serie es aquella en que los dispositivos o elementos están dispuestos de tal manera que la totalidad de la corriente pasa a través de cada elemento.

Conexión o asociación en paralelo

En esta conexión cada elemento está conectado de forma independiente, aunque tengan un tramo en común, por eso si el cable de uno de los elementos se desconecta los demás sigue funcionando. En este circuito la corriente circula por dos caminos distintos e independientes.

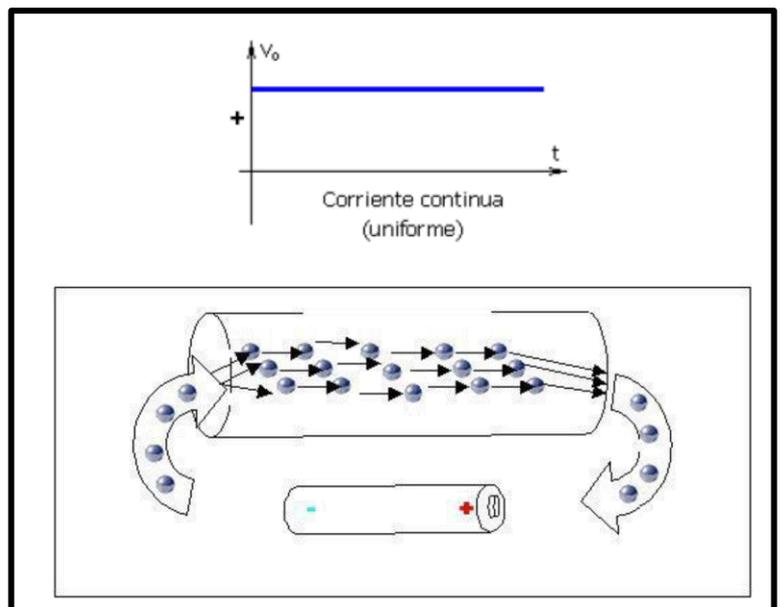
Conexión o asociación mixta

La conexión mixta consiste en combinar las conexiones vistas anteriormente (serie y paralelo).

Corriente continua o directa y corriente alterna



La **corriente continua** (CC en español, en inglés DC, de Direct Current) es el flujo continuo de electrones a través de un conductor entre dos puntos de distinto potencial. A diferencia de la corriente alterna (CA en español, AC en inglés), en la corriente continua las cargas eléctricas circulan siempre en la misma dirección (es decir, los terminales de mayor y de menor potencial son siempre los mismos). Aunque comúnmente se identifica la corriente continúa con la corriente constante (por ejemplo la suministrada por una batería), es continua toda corriente que mantenga siempre la misma polaridad.



Polaridad: Generalmente los aparatos de corriente continua no suelen incorporar protecciones frente a un eventual cambio de polaridad, lo que puede acarrear daños irreversibles en el aparato. Para evitarlo, y dado que la causa del problema es la colocación inadecuada de las baterías, es común que los aparatos incorporen un diagrama que muestre cómo deben colocarse; así mismo, los contactos se distinguen empleándose convencionalmente un muelle metálico para el polo negativo y una placa para el polo positivo. En los aparatos con baterías recargables, el transformador – rectificador tiene una salida tal que la conexión con el aparato sólo puede hacerse de una manera, impidiendo así la inversión de la polaridad

En los casos de instalaciones de gran envergadura, tipo centrales telefónicas y otros equipos de telecomunicación, donde existe una distribución centralizada de corriente continua para toda la sala de equipos se emplean elementos de conexión y protección adecuados para evitar la conexión errónea de polaridad.

La polaridad de la circulación de la corriente continua, se establece por convenio desde el polo positivo hacia el polo negativo. No obstante el movimiento de electrones (cargas negativas) se produce desde el polo negativo al positivo. Y cada vez que se mueve un electrón deja un hueco positivo, que atrae a otro electrón. Este flujo de huecos, es el que se produce en sentido positivo a negativo.

Corriente alterna: (abreviada CA en español y AC en inglés, de Alternating Current) es la corriente eléctrica en la que la magnitud y dirección varían cíclicamente. La forma de onda de la corriente alterna más comúnmente utilizada es la de una onda senoidal, puesto que se consigue una transmisión más eficiente de la energía. Sin embargo, en ciertas aplicaciones se utilizan otras formas de onda periódicas, tales como la triangular o la cuadrada.

Utilizada genéricamente, la CA se refiere a la forma en la cual la electricidad llega a los hogares y a las empresas. Sin embargo, las señales de audio y de radio transmitidas por los cables eléctricos, son también ejemplos de corriente alterna. En estos usos, el fin más importante suele ser la transmisión y recuperación de la información codificada (o modulada) sobre la señal de la CA.



$$f = \frac{1}{T}$$

f es la frecuencia en hercios (Hz) y equivale a la inversa del período.

Los valores más empleados en la distribución de tensión alterna son 50 Hz y 60 Hz.

Junto a la idea de movimiento de partículas, la noción de corriente eléctrica lleva asociada la de transporte de carga eléctrica de un punto a otro. La importancia de dicho transporte en términos de cantidad se expresa mediante la magnitud intensidad de corriente eléctrica que se define como la carga total que circula por el conductor en la unidad de tiempo. En forma de ecuación se puede escribir como: Intensidad es igual a la carga que pasa por un conductor en un cierto tiempo, o I (corriente) = q (carga) / t (tiempo)

Valor RMS

La corriente alterna y los voltajes (cuando son alternos) se expresan de forma común por su valor efectivo o RMS (Root Mean Square – Raíz Media Cuadrática). Cuando se dice que en nuestras casas tenemos 120 o 220 voltios, éstos son valores RMS o eficaces.

¿Qué es RMS y por qué se usa?

Un valor en RMS de una corriente es el valor, que produce la misma disipación de calor que una corriente continua de la misma magnitud, o sea 220 VCC es equivalente a 220 VCA, pueden ambas tensiones hacer el mismo trabajo eléctrico, por ejemplo si conectamos una lámpara de 100 watts o vatios a 220V CA o CC encenderá con la misma intensidad y emitirá el mismo calor. En otras palabras: El valor RMS es el valor del voltaje o corriente en C.A. que produce el mismo efecto de disipación de calor que su equivalente de voltaje o corriente directa (Por ejemplo 12 VCA o 12 VCC)

Ejemplo: 1 amperio (ampere) de corriente alterna (C.A.) produce el mismo efecto térmico que un amperio (ampere) de corriente directa (C.D.) Por esta razón se utiliza el término “efectivo”. El valor efectivo de una onda alterna se determina multiplicando su valor máximo por 0,707. Entonces

$$VRMS = VPICO \times 0,707$$

Ejemplo: Encontrar el voltaje **RMS** de una señal con VPICO = 311,17 voltios

311,17 Voltios \times 0,707 = 220 Voltios **RMS** es decir en la red de CA de nuestras casas existen picos de 311,17 Voltios.

Ejemplo: El valor máximo de una corriente alterna es de 200 mA (0,2 A) \times 0,707 = 141,1 mA.

Valor Pico

Si se tiene un voltaje **RMS** y se desea encontrar el **voltaje pico**:

$$VPICO = VRMS / 0,707$$

Ejemplo: encontrar el voltaje **Pico** de un voltaje **RMS** = 120 Voltios

$$VPICO = 120 \text{ V} / 0,707 = 169,7 \text{ Voltios Pico.}$$

Valor promedio

El valor promedio de un ciclo completo de voltaje o corriente es cero (0). Si se toma en cuenta solo un hemisiclo (supongamos el positivo) el valor promedio es:

$$VPR = VPICO \times 0.636$$

La relación que existe entre los valores RMS y promedio es:

$$VRMS = VPR \times 1.11$$

$$VPR = VRMS \times 0.9$$

Ejemplo: Valor promedio de senoide = 50 Voltios, entonces:

$$VRMS = 50 \times 1.11 = 55.5 \text{ Voltios}$$

$$VPICO = 50 \times 1.57 \text{ Voltios} = 78.5 \text{ Voltios}$$

Resumiendo en una tabla:

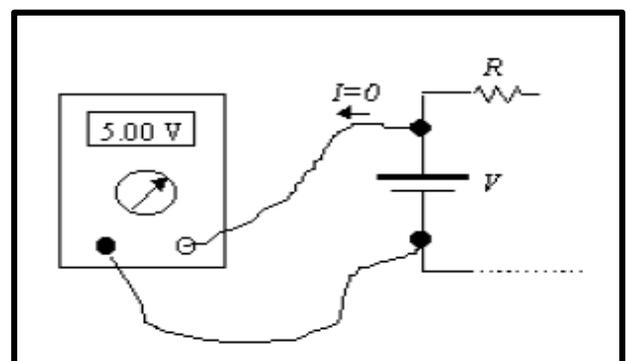
Valores dados	Para encontrar los valores		
www.unicrom.com	Máximo (pico)	RMS	Promedio
Máximo (pico)		$0.707 \times \text{Valor Pico}$	$0.636 \times \text{Valor Pico}$
RMS	$1.41 \times V_{RMS}$		$0.9 \times V_{RMS}$
Promedio	$1.57 \times \text{Promedio}$	$1.11 \times \text{Promedio}$	

Notas: El valor pico-pico es $2 \times \text{Valor pico}$ - Valor RMS = Valor eficaz = Valor efectivo

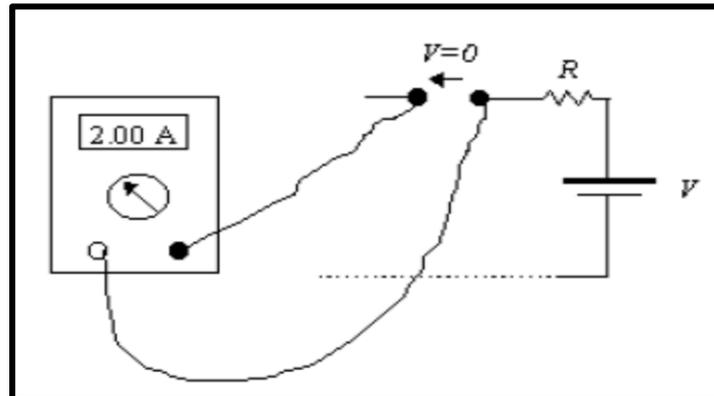
Instrumentos de medición

Los instrumentos de medición son los aparatos destinados para medir magnitudes eléctricas, como intensidad de corriente, tensión, energía, resistencia eléctrica, potencia.

Voltímetro: Este instrumento sirve para medir la tensión de un circuito. Se conectan en paralelo con la fuente y las cargas del circuito. Hay voltímetros para corriente continua y para corriente alterna, y vienen en diferentes escalas.



Amperímetro: es el instrumento que mide la intensidad de la corriente que fluye por el circuito, al que se conecta en serie.

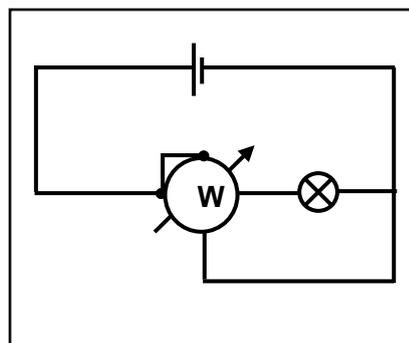
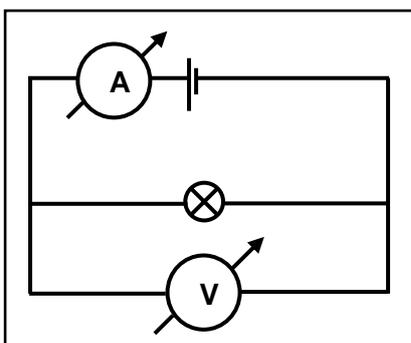


Óhmetros: Sirven para medir resistencias (ohm) y consta básicamente de una caja que aloja todos los componentes, un instrumento con escala digital o analógica calibrada en ohm, un conmutador de rangos de selección, una perilla reguladora de ajuste en cero (en el caso de los analógicos) y dos bornes de conexión con puntas de prueba. Los óhmetros se conectan luego de desconectar la fuente de energía.

Medición de la potencia

Una forma de medir la potencia es conectando un amperímetro y un voltímetro al circuito, tomando los dos valores y luego realizando el cálculo. La otra forma es utilizando un watímetro.

Watímetro: La potencia consumida por cualquiera de las partes de un circuito se mide con un watímetro o vatímetro. El watímetro tiene cuatro bornes y se conectan dos en serie y dos en paralelo. De manera tal que pueda medir la intensidad y tensión al mismo tiempo, obteniendo así la potencia.

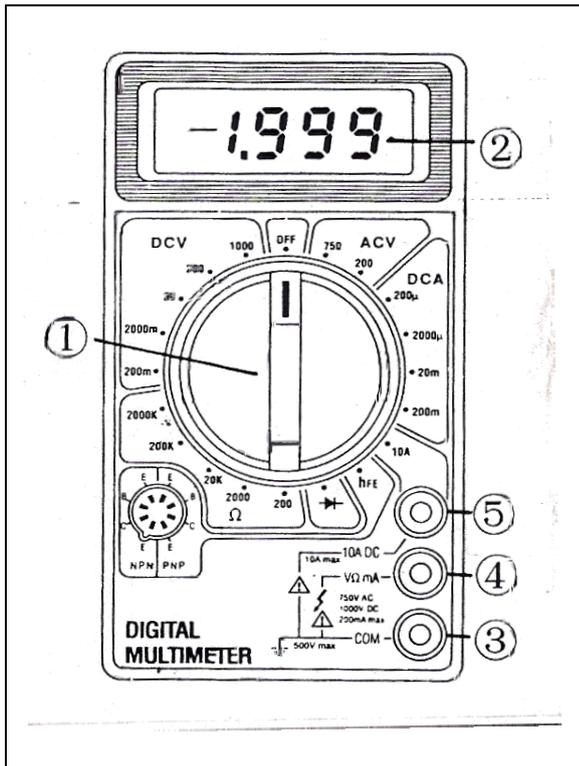


El watímetro o vatímetro es un instrumento que se utiliza para medir la potencia de un transmisor.

Multímetros: son instrumentos que nos permiten realizar mediciones de diferentes magnitudes, todo en un solo dispositivo, y forma portátil. Se pueden medir intensidad en C.C., tensión en C.A. y C.C., resistencia y algunos elementos electrónicos.

En muchos modelos se puede medir también frecuencia, capacitancias, inductancias y otras magnitudes.

Se componen básicamente de un dispositivo indicador, llave de función o rango y los bornes para conectar las puntas de prueba. Pueden ser digitales o analógicos, y son muy utilizados comunes por su sencillez, portabilidad y tamaño compacto.



1. **Llave de función o rango:** esta llave es utilizada para seleccionar la función o rango deseado, como así también encender el instrumento.

2. **Dispositivo indicador:** puede ser una pantalla en el caso de los digitales o sino una escala con una aguja indicadora en los analógicos.

3. **Borne común:** conexión de la punta negra (negativa)

4. **Borne VΩmA:** conexión de la punta roja (positivo o fase)

5. **Borne 10 A:** conexión de la punta roja (positivo o fase) para mediciones de 10 A.

Frecuencímetro: Un frecuencímetro es un instrumento que sirve para medir la frecuencia, contando el número de repeticiones de una onda en un intervalo de tiempo, mediante el uso de un contador que acumula el número de periodos. Dado que la frecuencia se define como el número de eventos de una clase particular ocurridos en un período, es generalmente sencilla su medida.



La frecuencia se mide con el frecuencímetro.

TEMA: 2 Electrónica

La electrónica es una rama de la electricidad que se ocupa de estudiar el comportamiento de los electrones y desarrolla elementos que controlan o modifican señales eléctricas. Esos elementos se denominan componentes electrónicos.

Los materiales semi conductores

Los semi conductores son sustancias sólidas no metálicas que conducen la corriente eléctrica en un solo sentido y cuya conductividad crece rápidamente al aumentarse la temperatura. El material más empleado actualmente en electrónica es el silicio.

Los semi conductores pueden ser de dos tipos, según su composición química, tendremos semiconductores positivos y negativos. A los positivos los llamamos tipo P y los negativos tipo N

Componentes electrónicos

Como dijimos anteriormente son los elementos que controlan o modifican las señales eléctricas, y se desarrollan a partir del estudio de los electrones.

Estos componentes son los siguientes:

- ✦ Resistencias o resistores
- ✦ Termistores.
- ✦ Condensadores o capacitares.
- ✦ Diodos.
- ✦ Transistores.
- ✦ Válvulas termoiónicas.

Resistencias o resistores

Como ya sabemos todos los materiales ofrecen una oposición al paso de la corriente eléctrica, algunos más y otros menos. A esta oposición la llamamos resistencia eléctrica y la medimos en ohm (Ω).

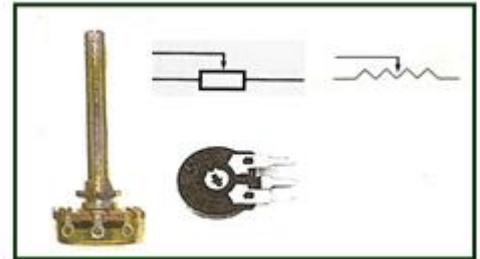
Esta propiedad de los materiales es aprovechada para construir dispositivos que permitan regular la cantidad de corriente eléctrica que circulan por un circuito. Estos componentes llamamos Resistencias o resistores cuanto mayor sea el valor de la resistencia menor será la corriente que pase por ese circuito.

Tipos de resistores

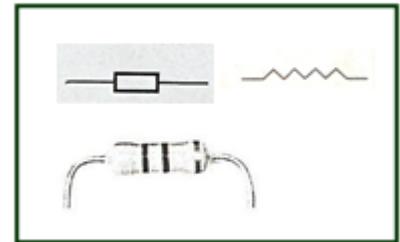
Existen diferentes tipos de resistores, alguno trabajan con temperatura, otros con la luz, los más usados son los variable y los fijos.

Resistores variables: llamados comúnmente potenciómetros, presentan un contacto deslizante que permiten modificar el valor de su resistencia. Se utilizan para controlar el volumen, la luminosidad de la pantalla del televisor, etc.

Un resistor variable es llamado: a) Potenciómetro



Resistores fijos: son aquellos cuyos valores no se modifican. Tienen formas y tamaños diversos, en función de la potencia que disipan en forma de calor el valor de la resistencia se indica con unas bandas de colores, dibujadas sobre la superficie del componente, estas bandas responden a un código de colores. (Fig. 2)



Características físicas de una resistencia

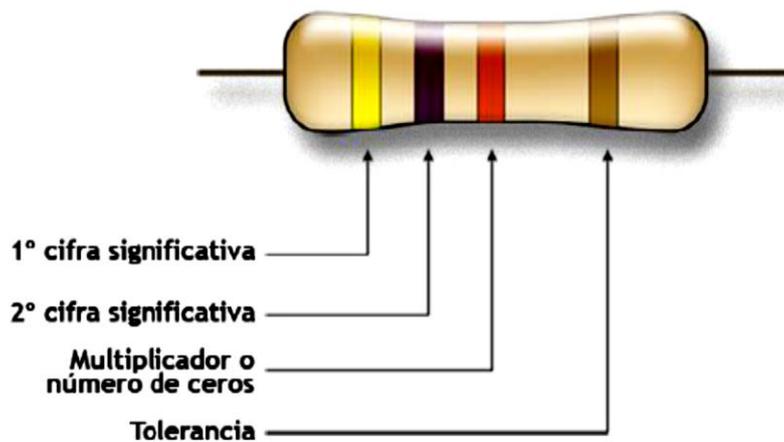
En un circuito electrónico podemos identificar rápidamente las resistencias ya que se tratan de pequeños cilindros de color marrón en donde se han pintado tres o cuatro franjas de color que nos indican su valor en ohm y la tolerancia. Tienen, además, terminales de alambre en sus extremos

Es un componente imprescindible en la construcción de cualquier equipo electrónico, ya que permite distribuir adecuadamente la tensión y la corriente en todos los puntos necesarios. Se utilizan materiales con resistividades altas para la fabricación de resistencias de los cuales mencionaremos los más utilizados: Carbón, Alambre de Nícrón y Metal depositado.

En cuanto a la tolerancia de una resistencia diremos que este término aparece como consecuencia de la imposibilidad de obtener un valor óhmico totalmente exacto en la fabricación de la misma. Se hace necesario, entonces establecer los extremos máximos y mínimos entre los que estará comprendida la resistencia. Estos valores, normalmente se expresan como un porcentaje del valor en ohm asignado teóricamente. Existen resistencias de gran precisión en su valor, lo que implica valores de tolerancias muy bajos, pero habrá que tener en cuenta que su precio aumentará considerablemente y sólo serán necesarias en aplicaciones muy especiales. Normalmente las tolerancias estandarizadas son las de $\pm 5\%$, $\pm 10\%$, $\pm 20\%$, aunque esta última está desapareciendo del mercado debido a su poca utilización y a que los procesos de fabricación han mejorado progresivamente.

Código de colores

Para identificar el valor de una resistencia se utiliza un sistema por medio de colores que permite obtener toda la gama de valores comerciales. A este sistema se lo llama código de colores y consiste en pintar alrededor de la resistencia y en un extremo, cuatro anillo valor de la tabla, el tercero es el número de ceros (o multiplicador) que es necesario agregar y el cuarto, la tolerancias de colores determinados, correspondiendo los dos primeros a los números indicativos del



La tabla de los colores se da a continuación:

	COLOR	1º CIFRA	2º CIFRA	MULTIPLICADOR	TOLERANCIA
	<i>Negro</i>	0	0	x 1	-
	<i>Marrón</i>	1	1	x 10	±1 %
	<i>Rojo</i>	2	2	x 100	±2 %
	<i>Naranja</i>	3	3	x 1.000	---
	<i>Amarillo</i>	4	4	x 10.000	---
	<i>Verde</i>	5	5	x 100.000	---
	<i>Azul</i>	6	6	x 1.000.000	---
	<i>Violeta</i>	7	7	-----	---
	<i>Gris</i>	8	8	-----	---
	<i>Blanco</i>	9	9	-----	---
	<i>Dorado</i>	--	-	x 0,1	±5 % (P 4)
	<i>Plateado</i>	-	-	x 0,01	±10 %

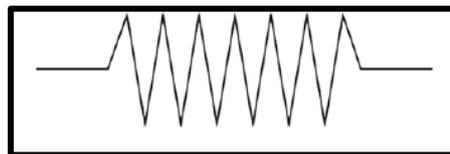
Para el dibujo en donde la primera franja es AMARILLO, la segunda franja es VIOLETA y la tercera es ROJO, el valor será de 4.700 OHMS y es de una tolerancia de $\pm 5\%$ ya que la cuarta franja es DORADO.

Ejemplo: Una resistencia que tenga los colores Rojo-Naranja-Rojo tiene un valor de 2,3 KOhm o 2300 Ohm.

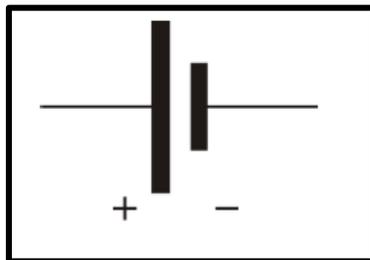
Cuando en una resistencia existen dos bandas de color dorado, la primera es un multiplicador por 0,1 o un divisor por 10, y la segunda hacia la derecha significa 5% de tolerancia.

Símbolo de la resistencia

Como todos los componentes reales de un circuito, las resistencias se representan mediante un símbolo. El símbolo para la resistencia eléctrica es:



También el generador de corriente continua, pila o batería tiene su símbolo, y es:

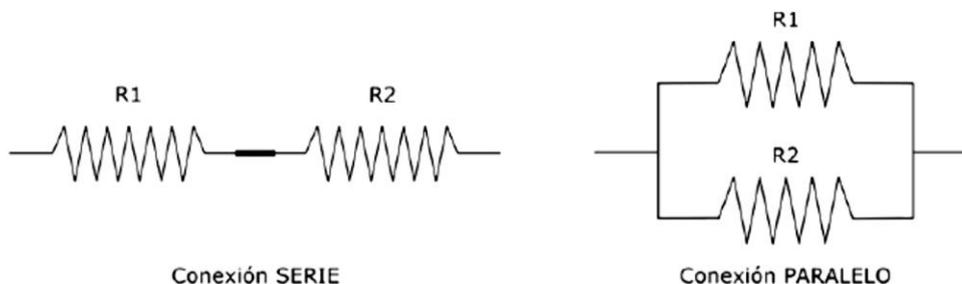


En el que la barra más larga representa el polo o borne positivo. En la medida que se estudien otros componentes veremos su simbología.

En el símbolo de la batería, la línea más corta, ¿qué terminal indica? Negativo.

Asociación de resistencias

Si observamos un circuito electrónico veremos que hay más de una resistencia interconectada en el mismo. En la gran mayoría de los casos, estas resistencias eléctricas se encuentra conectadas de una de las siguientes dos formas:



En ambos casos, siempre es posible encontrar un único valor de resistencia que sea equivalente al conjunto de resistencias que forman el circuito. Esa resistencia se llama precisamente **RESISTENCIA EQUIVALENTE**.

Se puede demostrar matemáticamente que la resistencia equivalente en un circuito con resistencias en serie es igual a la suma de las resistencias que forman dicho circuito.

Expresado en forma matemática diremos que:

$$R_e = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

En el caso de tener resistencias en paralelo, la inversa de la resistencia equivalente es igual a la suma de las inversas de las resistencias que forman el circuito. Esto es:

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_n}}$$

En el circuito paralelo la tensión aplicada es la misma en todas las resistencias conectadas.

Se conectan una resistencia de 500 Ohm y otra de 1200 Ohm en paralelo:
 $R_1 \times R_2 / R_1 + R_2 = 500 \times 1200 / 1700 =$ aproximadamente 353 Ohm

Por una resistencia de 20 KOhm circulan 150 mA ¿Cuál es la caída de tensión sobre ella? : $V = I \times R = 0,150 \text{ A} \times 20000 \text{ Ohm} = 3000 \text{ Volt}$

Se dispone de cuatro resistencias ($R_1 = 50 \Omega$, $R_2 = 10 \Omega$, $R_3 = 120 \Omega$ y $R_4 = 4700 \Omega$) conectadas en paralelo a una fuente de alimentación de 12 Volts. ¿Qué corriente circulará por R_4 ?
2,55 mA.

Si dos resistencias de igual valor están conectadas en paralelo. ¿Cuánto vale la resistencia total del circuito? La mitad de una de ellas.

Si dos resistencias de igual valor están conectadas en serie. ¿Cuánto vale la resistencia total del circuito? La suma de las dos.

Se dispone de cuatro resistencias ($R_1 = 50 \Omega$, $R_2 = 10 \Omega$, $R_3 = 120 \Omega$ y $R_4 = 4700 \Omega$) conectadas en paralelo a una fuente de alimentación de 12 Volts. ¿Cuál será la resistencia total (aproximada) del circuito? 7,77 Ω .

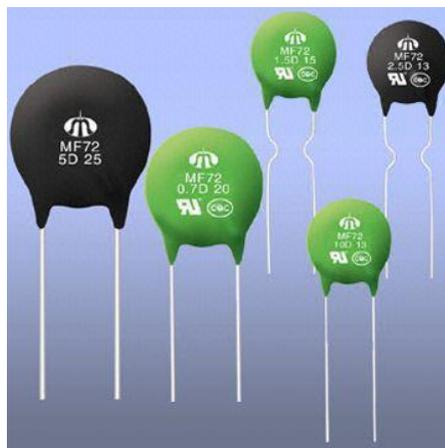
Según el código de colores para resistencias, ¿cuál sería la combinación correcta para 87 Ω ? Gris, violeta, negro.

Termistores

Un termistor es un sensor resistivo de temperatura. Su funcionamiento se basa en la variación de la resistividad que presenta un semiconductor con la temperatura. El término termistor proviene de Thermally Sensitive Resistor.

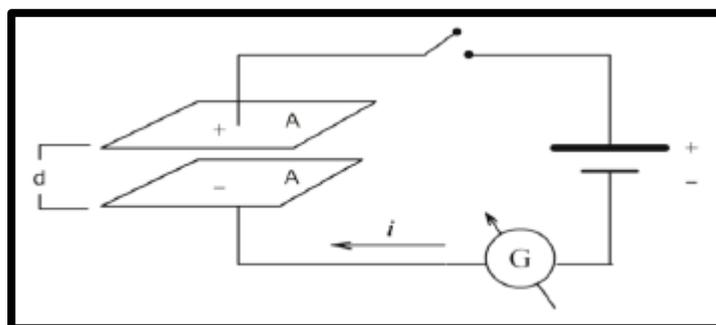
Existen dos tipos de termistor:

- ✓ NTC (Negative Temperature Coefficient) – coeficiente de temperatura negativo
- ✓ PTC (Positive Temperature Coefficient) – coeficiente de temperatura positivo



Capacitores

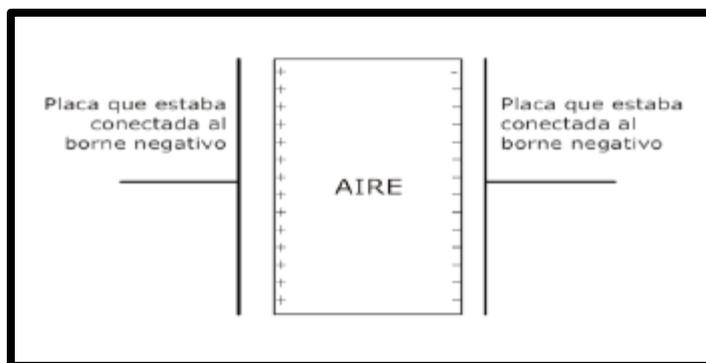
Otro de los componentes más utilizados en la construcción de equipos electrónicos, son los condensadores o también llamados **CAPACITORES**. Comenzaremos explicando la filosofía de funcionamiento de estos componentes de una manera sencilla para el aspirante. Supongamos que tenemos dos placas conductoras de área A , paralelas, enfrentadas y separadas una distancia d . Conectadas a los extremos de un generador de corriente continua, como indica la figura.



Las dos placas no se tocan, están separadas por aire. El aire es un mal conductor de la corriente eléctrica es decir es un DIELECTRICO o AISLANTE. En el instante de cerrar el interruptor vemos que la aguja del instrumento se ha movido rápidamente y ha vuelto, luego, a su posición de equilibrio. El movimiento de la aguja nos dice que ha habido una circulación de corriente en el circuito.

Pero ¿cómo es esto posible, si el circuito está interrumpido por el aire que hay entre las placas metálicas?

Pues bien, el aire está formado por átomos, que a su vez están formados por protones y electrones. Los electrones se mueven a gran velocidad alrededor del núcleo, y la diferencia entre un buen conductor y un mal conductor es la cantidad de electrones que hay en la última órbita. Es decir que un buen conductor tiene más electrones disponibles que un mal conductor. Cuando cerramos el interruptor, los electrones disponibles en la placa metálica, son atraídos por el borne positivo de la batería, y llegan a la otra placa metálica pasando por el instrumento y la batería.

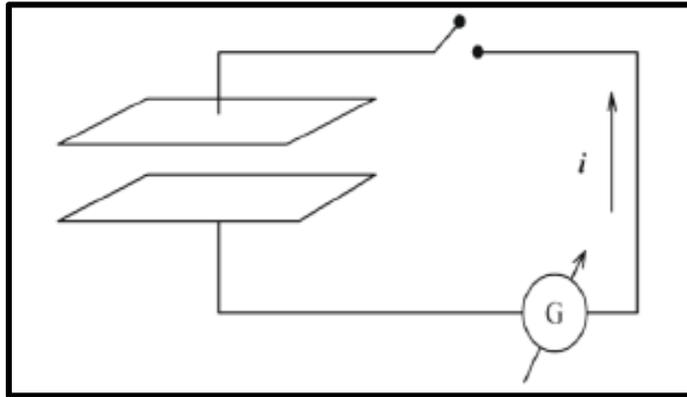


Pero, al llegar aquí no pueden seguir su camino puesto que se encuentran con el circuito abierto (está el dieléctrico) y por ello la corriente eléctrica cesa inmediatamente y el instrumento deja de indicar. La placa conectada al borne positivo de la batería ha quedado con un defecto de electrones es decir con carga positiva y la placa conectada al borne negativo de la batería ha quedado con un exceso de electrones es decir que ha quedado con carga negativa. Las dos placas cargadas producen un campo eléctrico y el aire está sometido a ese campo eléctrico.

Cuando un cuerpo descargado (conductor o dieléctrico) se coloca dentro de un campo eléctrico como el formado por las dos placas metálicas se produce una redistribución de las cargas del cuerpo.

Estudiaremos especialmente lo que ocurre con un dieléctrico dentro de un campo eléctrico. Los electrones y los protones de las moléculas del aire que separa las dos placas (dieléctrico), se desplazan por la acción del campo eléctrico formado por las placas metálicas cargadas, y ciertas regiones adquieren un exceso de carga positiva o negativa.

Cuando desconectamos la batería, el campo eléctrico cesa, pero el dieléctrico queda polarizado como indica la figura. Si ahora conectamos este dispositivo "cargado" en un circuito como el de la figura, veremos que cuando cerramos el interruptor, la aguja del instrumento indica por un instante pasaje de corriente pero en sentido contrario al anterior, es decir cuando estaba la batería conectada.



Podemos concluir que el dispositivo formado por las dos placas metálicas (o conductoras) paralelas enfrentadas y separadas por un material dieléctrico, que en este caso es aire, ha sido capaz de retener carga eléctrica (electrones), o dicho de otra manera, es capaz de almacenar energía eléctrica. Tal dispositivo recibe el nombre de CAPACITOR PLANO o simplemente CAPACITOR.

La carga o cantidad de electricidad Q que puede almacenar un capacitor es proporcional a la tensión aplicada V y a la CAPACIDAD o CAPACITANCIA C del capacitor. Por lo que podemos decir que la CAPACIDAD es:

$$Q = V C$$

$$C = \frac{Q}{V}$$

Donde Q es la carga almacenada medida en COULOMB y V es la tensión aplicada medida en VOLT.

En un capacitor la corriente adelanta a la tensión.

Como todos los factores que intervienen en la electricidad (resistencia, inductancia, etc.) se miden de acuerdo a unidades de comparación bien establecidas; la capacidad tiene también su unidad de medida que se llama unidad de capacidad o CAPACITANCIA y recibe el nombre de FARADIO en memoria al físico MICHAEL FARADAY, que estudió los fenómenos inherentes a los capacitores.

El Faradio se define de la siguiente manera: se dice que un capacitor tiene una capacidad de un Faradio cuando al aplicar una diferencia de potencial de un Volt, se almacena una carga eléctrica de un Coulomb. El Faradio es una unidad muy grande que en la práctica no tiene mayor aplicación, por esta razón se utilizan submúltiplos del Faradio.

SUBMÚLTIPLOS	{	MICROFARADIOS	(μ F)	10^{-6} FARADIOS
		NANOFARADIOS	(nF)	10^{-9} FARADIOS
		PICOFARADIOS	(pF)	10^{-12} FARADIOS

El material que separa las placas de un capacitor se llama dieléctrico.

La capacidad "C" de un capacitor o condensador, dependerá del tamaño del área "A" de las placas enfrentadas, de la distancia "d" que separa las placas y del tipo de aislante utilizado en la construcción. Lo dicho podemos expresarlo matemáticamente mediante la siguiente fórmula:

$$C = \frac{K \times \epsilon_0 \times A}{d}$$

Donde ϵ_0 es una constante y **K** es un coeficiente que nos permite comparar la calidad del aislante utilizado en la fabricación del capacitor, con respecto al vacío y se llama coeficiente dieléctrico.

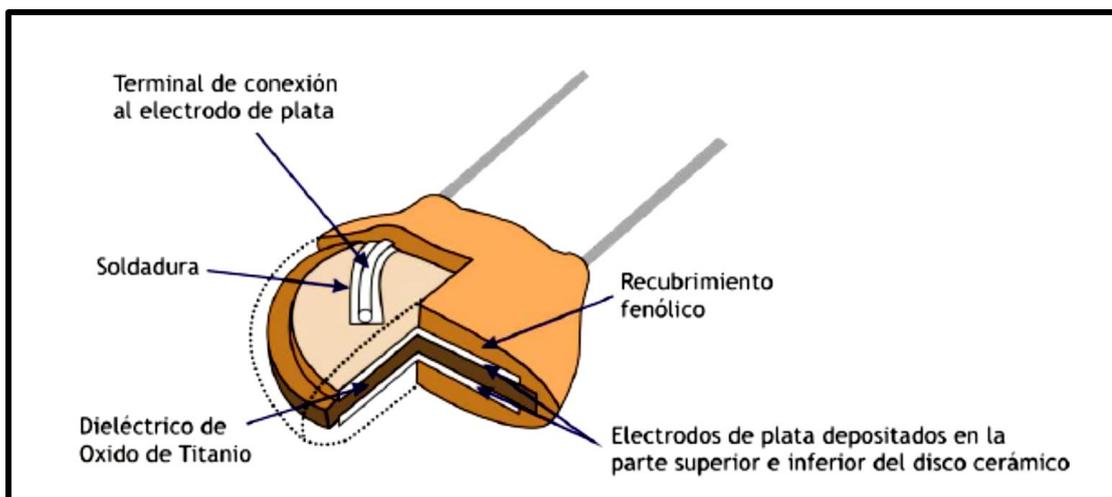
Para el vacío K es igual a 1 (uno). A continuación se listan algunos materiales usados en la fabricación de capacitores y su correspondiente coeficiente dieléctrico.

☞ VACÍO: 1,0

☞ POLIESTIRENO: 2,5

☞ MICA: 6,8

☞ CERÁMICOS: 6 a 20



De acuerdo con la fórmula, la capacidad de un capacitor será mayor, cuanto mayor sea su área, menor sea su distancia entre placas y mejor la calidad del dieléctrico utilizado. Así, por ejemplo, dos capacitores que tengan igual área e igual distancia entre placas, pero están contruidos con distintos materiales dieléctricos, tendrán capacidades distintas.

El tipo de dieléctrico utilizado en la construcción de capacitores sirve para clasificarlos. Es por eso que encontramos capacitores de polyester, cerámicos, mica, de papel, etc.

Otro tipo de capacitores que encontramos son los capacitores electrolíticos, cuya característica más sobresaliente es el elevado valor de capacidad que pueden tener en un reducido volumen. Están formados por dos electrodos metálicos sumergidos en una solución conductora o electrolítica. Deben conectarse con la polaridad indicada en el envase para que se forme sobre los electrodos una película aislante que es el dieléctrico.

El símbolo eléctrico de un capacitor es:



Hasta ahora hemos hablado de capacitores fijos de aplicación general, pero a veces es necesario poder variar la capacidad y es por ello que existen los CAPACITORES VARIABLES. Ellos permiten variar el valor de la capacidad dentro de ciertos límites.

Están contruidos por dos conjuntos de placas metálicas entrelazadas, uno de los conjuntos es fijo llamado vulgarmente “chapas fijas” y el otro móvil, llamado “chapas móviles” solidario a un eje alrededor del cual pueden girar. Al girar el eje varía el área enfrentada de las chapas y por lo tanto varía la capacidad.

La mayoría de estos tipos de capacitores son de dieléctrico de aire. El control de sintonía de un receptor de radio, es un capacitor de este tipo. Otro tipo de capacitor ajustable son los llamados TRIMMER, pero se los utiliza en circuitos donde se los ha de ajustar una sola vez para poner a punto el circuito. Son de tamaño más reducido y el dieléctrico generalmente es mica o polyester.



Capacitores variables



Capacitores electrolíticos



Capacitores cerámicos

Asociación de capacitores

Los capacitores pueden conectarse, al igual que las resistencias, en **SERIE** y en **PARALELO**.

Cuando asociamos dos o más **capacitores en paralelo**, podemos encontrar el valor de la capacidad equivalente de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$C_t = C_1 + C_2 + C_3 \dots + C_n$$

Al poner dos o más capacitores en paralelo lo que hacemos es incrementar el área "A" enfrentada y por ello la capacidad aumenta.

Ejemplo se conectan en paralelo 22, 33 y 5 microfaradios: $22+33+5 = 60$ microfaradios.

Cuando asociamos **capacitores en serie** la capacidad equivalente se encuentra de acuerdo con:

$$C_t = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \dots \dots + \frac{1}{C_n}}$$

Tres capacitores de 6 η F conectados en serie, equivale a la tercera parte del valor o sea 2 η F.

Al poner dos o más capacitores en serie lo que hacemos es incrementar la distancia "d" entre placas y por lo tanto disminuye la capacidad.

La asociación de capacitores es exactamente a la inversa de la asociación de resistencias. Si tenemos dos capacitores de igual valor conectados en serie, la capacidad equivalente será igual a la mitad del valor de uno de ellos. Si tenemos dos capacitores de igual valor conectados en paralelo, la capacidad equivalente será igual al doble de la capacidad de uno de ellos.

Tensión de ruptura

Cuando se aplica tensión a las placas de un capacitor, se ejerce una fuerza considerable sobre los electrones y protones de los átomos del dieléctrico. Como se trata de un aislador, los electrones no se desprenden de los átomos como lo hacen en los materiales conductores. Sin embargo, si la tensión aplicada es demasiado grande la fuerza sobre los electrones también lo será y el dieléctrico será "roto", se perforará y permitirá el paso de corriente. Ese valor de tensión se lo conoce como TENSIÓN DE RUPTURA y depende del tipo de dieléctrico y del espesor del mismo.

Es un dato que debe tenerse en cuenta y normalmente está indicado por el fabricante sobre el componente. Por ejemplo, si un condensador lleva impreso: 22 μF - 35 Volt, indica que es un capacitor de 22 μF y que soporta como máximo una tensión de 35 Volt. Superado este valor, se perforará el dieléctrico y el componente quedará inutilizado. Vulgarmente se dice que se “pincha”.

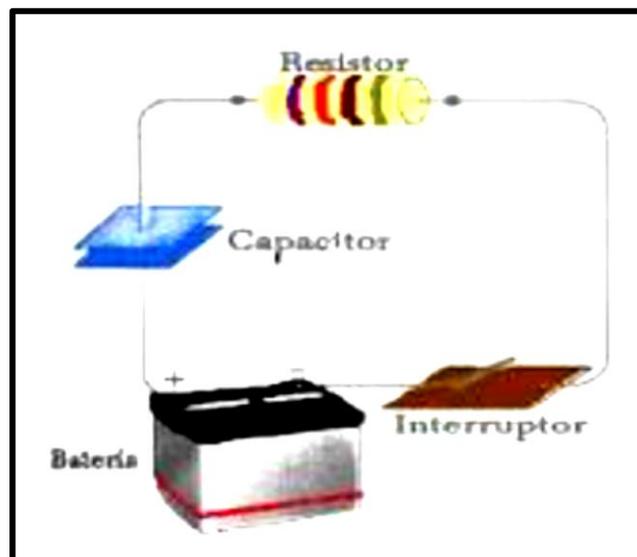
Aplicaciones

Las aplicaciones de los capacitores son muchas y las iremos viendo a medida que avance el curso, pero ya estamos en condiciones de decir que los capacitores bloquean el paso de una corriente continua entre dos puntos de un circuito.

Circuitos RC (resistencia capacidad)

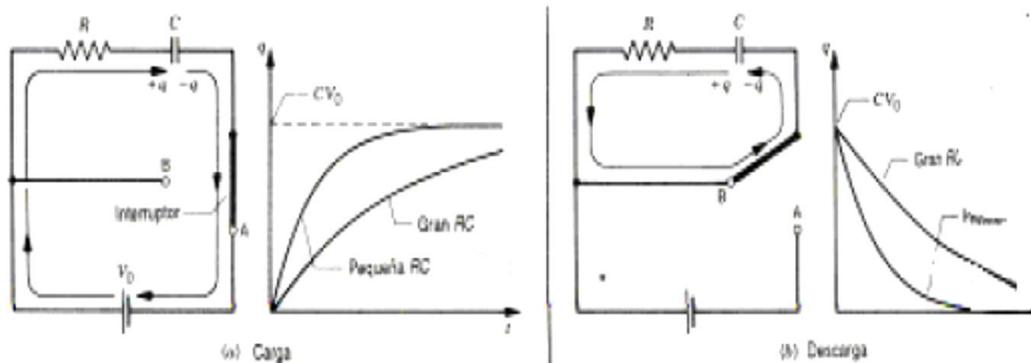
Si conectamos un capacitor a una batería la tensión de batería se establece inmediatamente en el capacitor el que queda cargado, hasta que le conectamos por ejemplo un resistor sobre el cual podrá circular corriente y descargar al capacitor.

Si lo hacemos poniendo en serie un resistor se cargará después de un tiempo que estará dado por el producto $R \times C = \tau$, llamado constante de tiempo.



Circuitos RC

La figura ilustra un ejemplo de un circuito resistor-capacitor, o circuito RC. En la parte a del dibujo un interruptor completa el circuito en el punto A, de modo que la batería puede cargar las placas del capacitor. Cuando el interruptor está cerrado, el capacitor no se carga de inmediato. En vez de lo anterior, la carga llega gradualmente a su valor de equilibrio de $q = C V_0$, en donde V_0 es la tensión de la batería.



Carga y descarga de un capacitor

Si cargamos al capacitor de la figura siguiente al poner el interruptor **S** en la posición **a**. ¿Qué corriente se crea en el circuito cerrado resultante?, aplicando el principio de conservación de energía tenemos:

Constante de tiempo

Después de un tiempo igual a $R \times C$, la corriente en el circuito R- C disminuye a $1/e$ (cerca de **0.38**) de su valor inicial.

En este momento, la carga del capacitor ha alcanzado $(1 - 1/e) = 0.632$ de su valor final $Q_f = C \times U$.

El producto RC es, pues una medida de que tan rápido se carga el capacitor. RC se llama constante de tiempo o tiempo de relajación del circuito y se representa con τ :

$$\tau = RC \text{ (constante de tiempo para un circuito R - C).}$$

Cuando τ es pequeña, el capacitor se carga rápidamente; cuando es más grande, la carga lleva más tiempo. Si la resistencia es pequeña, es más fácil que fluya corriente y el capacitor se carga en menor tiempo.

Ejemplos. Carga de un capacitor en un circuito RC

1) Un capacitor descargado y una resistencia se conectan en serie con una batería como se muestra en la figura siguiente. Si $U= 12v$, $C= 5 \mu F$ y $R= 8 \times 10^5 \Omega$, determínese la constante de tiempo del circuito.

Solución: La constante de tiempo del circuito es:

$$\tau = R \times C = (8 \times 10^5 \Omega) \times (5 \times 10^{-6} F) = 4s.$$

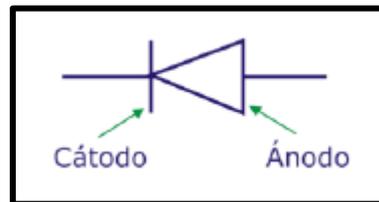
Diodos

La palabra diodo, deriva de “dos electrodos” y su misión es dejar pasar corriente en un sólo sentido.

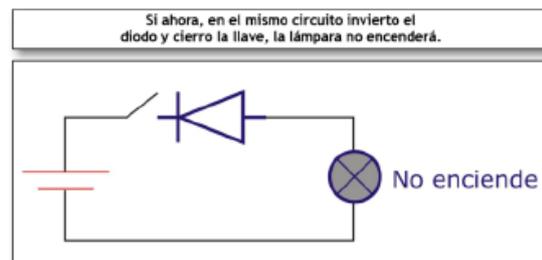
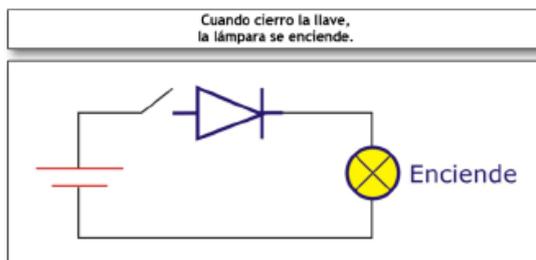
El diodo semiconductor está constituido fundamentalmente por una unión P-N, añadiéndole un terminal de conexión a cada uno de los contactos metálicos de sus extremos y una cápsula que aloja todo el conjunto, dejando al exterior los terminales que corresponden al ánodo (zona P) y al cátodo (Zona N)

El diodo deja circular corriente a través suyo cuando se conecta el polo positivo de la batería al ánodo, y el negativo al cátodo, y se opone al paso de la misma si se realiza la conexión opuesta. Esta interesante propiedad puede utilizarse para realizar la conversión de corriente alterna en continua, a este procedimiento se le denomina rectificación.

Actúa como un interruptor que permite o no la circulación de corriente, siempre que se lo polarice de manera directa, es decir el + en el ánodo y el – en el cátodo.



SIMBOLO ELECTRICO



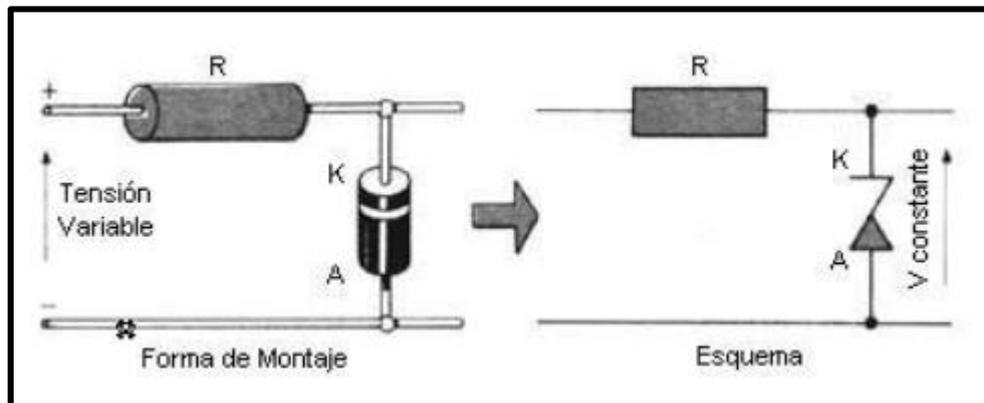
Generalmente se utilizan los diodos para dejar pasar corriente en un sólo sentido.



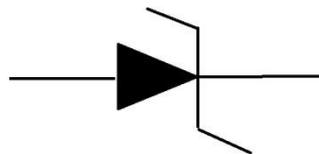
Distintos tipos de diodos

Diodos zener

Son diodos estabilizadores de tensión se emplean, como su nombre indica, para producir una tensión entre sus extremos constante y relativamente independiente de la corriente que los atraviesa. Aprovechan, para su funcionamiento, una propiedad muy interesante que presenta la unión semi-conductora cuando se polariza inversamente por encima de un determinado nivel.

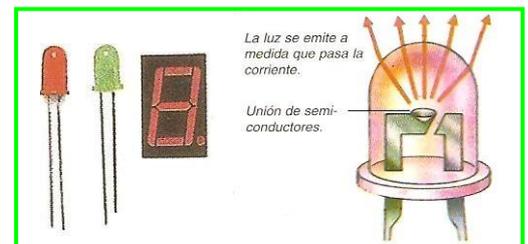


El símbolo del diodo zener es el siguiente

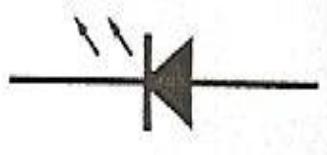


Diodos LED

Son diodos emisores de luz, la sigla LED significa en ingles “**Light Emitting Diode**”. Están constituidos por la unión de dos materiales semiconductores, uno tipo N y otro tipo P, dispuestos de tal manera que al ser atravesados por una corriente eléctrica emiten radiaciones luminosas, funcionando como pequeñas fuentes luz. Se utilizan en remplazo de lamparitas en los display digital de los relojes, de calculadoras, de radios. Y en la actualidad se utiliza mucho para iluminación.



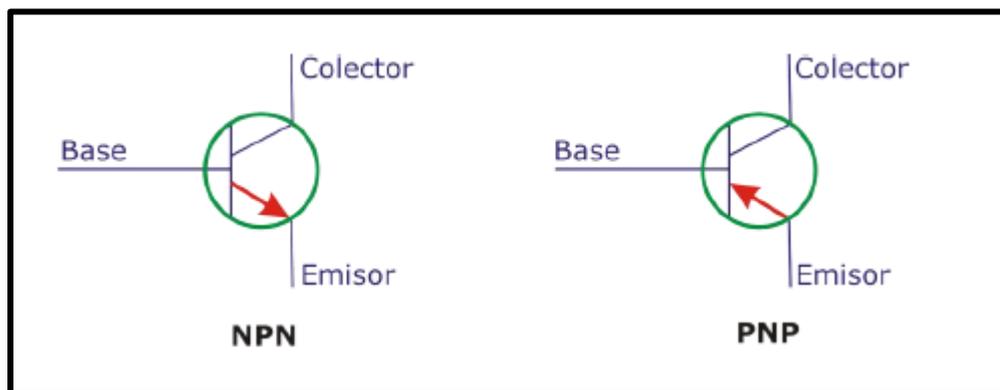
Su símbolo es el siguiente:



Transistores

El transistor es, actualmente, un componente fundamental en cualquier circuito electrónico que realice funciones de amplificación, control, radio, TV, estabilización de corriente, etc. El transistor es un elemento semiconductor (normalmente de tres terminales) que tiene la propiedad de poder gobernar a voluntad la intensidad de corriente que circula entre dos de sus tres terminales, a través de la acción de una pequeña corriente, mucho más baja que la anterior aplicada al tercer terminal. Los dos primeros se llaman **emisor** y **colector** y el tercero recibe el nombre de **base**.

Básicamente existen dos tipos de transistores, los NPN y PNP cuyo símbolo se muestran en la figura.



El efecto descrito es una amplificación de corriente ya que gracias a la acción de una débil intensidad que puede tener cualquier forma de variación en el tiempo, tales como señales de TV, radio, audio, etc., se consigue obtener la misma forma sobre una corriente mayor, proporcionada ésta por un circuito de alimentación, lo que permite el poder realizar, en las sucesivas etapas, la transformación de una señal debilísima, en otra lo suficientemente fuerte como para ser capaz de producir sonido en un parlante, imagen en un TV., etc.

La palabra transistor se obtuvo de la composición de otras dos (TRANsfer - reSISTOR) que describen su aplicación más inmediata, la de transferencia de resistencia. Se descubrió en el año 1948 por Shockley como resultado de los trabajos efectuados, previamente, por Bardeen y Brattain sobre fenómenos eléctricos en la superficie de los semiconductores. Los tres científicos recibieron el premio Nobel de Física en el año 1956.

La función básica del transistor es amplificar señales débiles.

Los elementos que conforman un transistor son: colector, base y emisor.

¿Qué simboliza la “flecha” en un transistor tipo PNP?

La flecha es el emisor y apunta hacia adentro del círculo.

Válvulas termoiónicas

Puede ser que a algunas personas les llame la atención que hablemos de válvulas termoiónicas en la era del INTEL I5 sin embargo, estas son las que posibilitan hoy manejar potencias importantes en las bandas de radioaficionados con costos relativamente bajos, dado que los transistores de potencia de RF son muy costosos.

Estos dispositivos electrónicos basan su funcionamiento en la emisión de electrones por calentamiento de un electrodo. Sabemos que si aumentamos la temperatura de un metal, sus electrones adquirirán una mayor velocidad, cuando el metal alcanza una temperatura suficientemente elevada, algunos electrones adquieren tal velocidad que “escapan” de la superficie del metal. En la válvula se hace uso de ésta acción para producir la emisión electrónica necesaria, pero el metal se calienta en el vacío.

Esto se consigue colocando los electrodos dentro de una ampolla de vidrio o una cubierta metálica, a la que luego se le extrae el aire. Diremos que una válvula consta de un cátodo, que emite electrones, y de uno o más electrodos adicionales, los que controlan y reciben esos electrones.

El cátodo, que tiene forma de tubo, se calienta por medio de un filamento, que está en el interior del **cátodo**. Los electrones emitidos por el cátodo, son atraídos por otro electrodo que está a un potencial positivo y que recibe el nombre de **placa**. Si se coloca un tercer electrodo, en forma de alambre arrollado (llamado **grilla**), entre medio de la placa y el cátodo tendremos una válvula de tres electrodos o Tríodo.

Su símbolo es como indica la figura:



Si la grilla se conecta a un pequeño potencial negativo, no dejará pasar la totalidad de los electrones desde el cátodo a la placa. Como vemos, podemos regular el flujo de electrones que circula desde el cátodo a la placa. Si ponemos en la grilla un potencial negativo elevado, los electrones que se emiten desde el cátodo no pasarán a la placa y por lo tanto no circulará corriente. En este caso se dice que la válvula está al corte.

Existen otras válvulas además del tríodo, como son los tetrodos (cuatro electrodos), tetrodos de haces dirigidos, pentodos (cinco electrodos), heptodos (siete electrodos).

Cuando es necesario utilizar potencias elevadas en radiofrecuencia (500 watts o más), la válvula aún no ha sido superada por el transistor. Es por ello que el aspirante a radioaficionado podrá ver que los amplificadores lineales usados en las bandas de HF, están contruidos con válvulas termoiónicas.

¿Qué elemento de una válvula es el ánodo?
Placa.

TEMA 3 Magnetismo – electromagnetismo

Introducción

El estudio del magnetismo tiene especial importancia en la radiotécnica, puesto que el conocimiento de sus fenómenos nos permite entender las leyes del electromagnetismo.

Todos los equipos de radio tienen que trabajar bajo la influencia de los campos magnéticos. Sin ir más lejos las ondas de radio que se emiten en una antena, son ondas electromagnéticas. Los generadores de energía eléctrica que nos brindan la electricidad para nuestras casas y para la industria tienen su origen en el magnetismo.

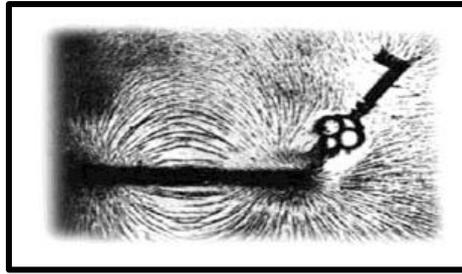
Como sucede con la electricidad, no podemos ver el magnetismo, pero podemos estudiar los numerosos fenómenos magnéticos que se presentan en la vida diaria, medirlos y por lo tanto compararlos. El fenómeno del magnetismo fue conocido por la humanidad en épocas muy remotas, en distintos lugares y en diferentes épocas. Hace muchos siglos el hombre descubrió que suspendiendo de un hilo un trozo de cierta clase de mineral de hierro, de manera que pudiera moverse libremente, éstos señalaban invariablemente la estrella polar (que daba la dirección del polo norte). Este dispositivo (llamado brújula) fue usado por los navegantes escandinavos y por los chinos en el año 218 de nuestra era.

Este mineral de hierro es óxido de hierro ($Fe_3 O_4$) se lo llama magnetita y es el denominado **“IMÁN NATURAL”**. El nombre de magnetita se debe a que las mejores muestras de óxido de hierro se encontraron originariamente en la ciudad de Magnesia en el Asia Menor. Se denominan imanes naturales porque se los encuentran en la tierra ya imantados, veremos más adelante que es posible fabricar nuestros propios imanes.

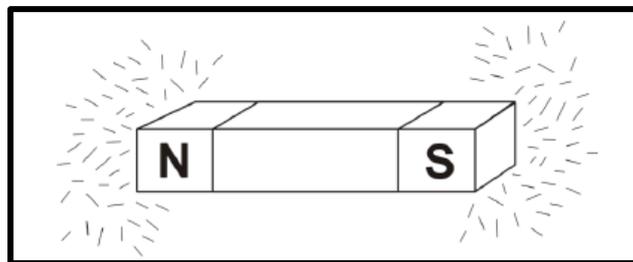
Todos hemos visto la acción de un imán sobre un trozo de hierro. Un clavo, una aguja, cualquier trozo pequeño de hierro son atraídos por un imán cuando lo acercamos a ellos. Como dijimos anteriormente no podemos ver al magnetismo pero si podemos estudiar los fenómenos que causan.

Tomaremos una barra de imán y le ataremos un hilo de manera que gire libremente. Acercaremos la barra a un recipiente con limaduras de hierro y observaremos que la mayoría de las limaduras han sido atraídas por los extremos de la barra imantada y muy pocas limaduras hay en el centro de la barra.

Podemos decir con toda certeza que hay zonas en el imán que atraen a los elementos con mayor o menor facilidad. En la fotografía se puede apreciar este fenómeno.



Dichas zonas se las llama POLOS del imán y se les dio, arbitrariamente, POLO NORTE y POLO SUR. La fuerza de atracción del imán es mayor en los polos.



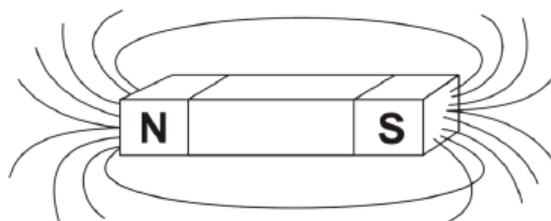
Es también conocido que los polos de igual nombre se repelen y polos de distinto nombre se atraen. Esto se puede comprobar fácilmente con dos barras imantadas enfrentadas.

Campo magnético

Todo el espacio que rodea a la barra de imán se lo denomina CAMPO y cualquier elemento de hierro que esté en ese campo estará bajo la influencia del imán. Para especificar aún mejor las cosas se dice que está bajo la influencia de un CAMPO MAGNÉTICO.

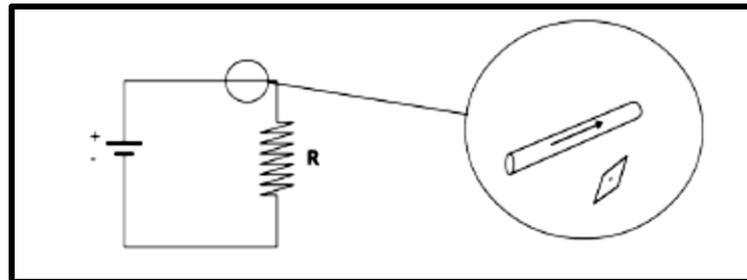
Al campo magnético no lo vemos, pero para poder estudiarlo lo representamos con líneas que rodean al imán. Estas líneas imaginarias llamadas LÍNEAS DE CAMPO están más concentradas donde el campo magnético es más intenso, es decir en la cercanía de los polos y menos concentradas donde el campo es menos intenso.

También se les da un sentido que es desde el polo norte al polo sur por afuera del imán y del polo sur al polo norte por dentro del imán, es decir que son líneas cerradas.



Si sobre una barra imantada colocamos un papel o cartulina delgada, y esparcimos limaduras de hierro sobre el papel, veremos lo que se denomina espectro o fantasma magnético. Es decir que las limaduras de hierro se agrupan de acuerdo a la intensidad del campo magnético. Lo que vemos no es el campo magnético sino una imagen de éste.

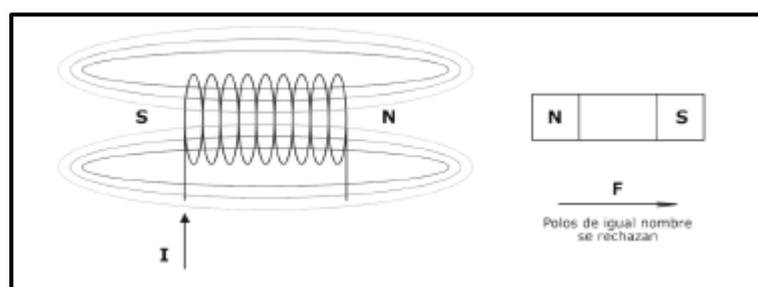
Ahora que ya se ha dado una introducción sobre el tema, avanzaremos un poco más. Consideremos un circuito eléctrico, como se indica en la figura:



Si a este circuito le acercamos una aguja imantada (o una brújula), veremos que cuando circula corriente la aguja se desvía de su posición, es decir que ocurre un fenómeno de magnetismo.

Este experimento fue realizado por el físico Danés Hans Oersted en 1819 y demostró que cada vez que circula corriente por un conductor, se genera alrededor de mismo un campo magnético. Si pudiéramos colocar alrededor del conductor un papel o cartulina y esparciéramos limaduras de hierro, veríamos que las limaduras se acomodan en anillos concéntricos al-rededor del conductor.

Ésta es la distribución que tiene el campo magnético que se forma alrededor de un conductor cuando circula por él una corriente eléctrica. Ahora bien, si en lugar de tener un conductor rectilíneo, hiciéramos un arrollamiento con el alambre y le hiciéramos circular una corriente, veríamos que el efecto sobre la aguja imantada se acentúa y si colocáramos un papel y esparciéramos limaduras de hierro, el espectro del campo magnético formado alrededor del arrollamiento sería igual al formado por una barra de imán.



Si hiciéramos circular corriente por el arrollamiento en el sentido indicado y acercáramos un imán a un extremo como indica la figura, veríamos que el imán es repelido con una fuerza F.

Lo que me indicaría que el polo formado en el extremo del arrollamiento es norte, pues polos de igual nombre se repelen y de distinto nombre se atraen. Si cambiamos el sentido de circulación de la corriente en el arrollamiento el imán será atraído lo que significa que el polo formado en el extremo del arrollamiento ahora es sur.

El físico Ampere llamó al alambre arrollado SOLENOIDE, también se lo conoce con el nombre de bobina.

Inducción

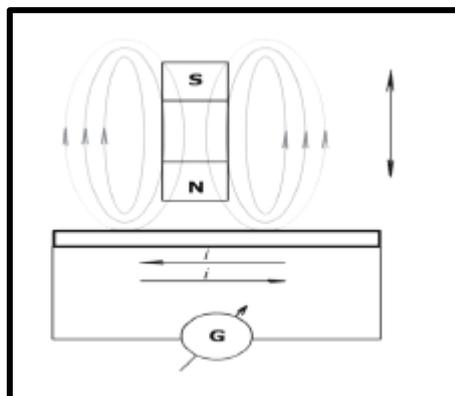
En 1831 el físico inglés Miguel Faraday pensó que el efecto inverso al descubrimiento de Oersted era posible por lo que realizó el siguiente experimento: Colocó un conductor dentro de un campo magnético y de alguna manera hizo variar el campo magnético.

Tomó un imán y lo acercó a un conductor, que tenía conectado en sus extremos un instrumento que detecta el pasaje de corrientes muy pequeñas (galvanómetro). Observó que si el imán está quieto, no ocurría nada, pero si movía el imán en dirección perpendicular al conductor, de manera que el conductor cortara a las líneas de campo, el instrumento acusaba pasaje de corriente.

Si lo movía en forma paralela al conductor, tampoco ocurría nada. La explicación de este fenómeno es que los electrones del conductor son desviados por el efecto del campo magnético cuando el imán se acerca al conductor, ese movimiento de electrones no es otra cosa que una corriente eléctrica que es detectada por el instrumento.

Cuando alejo el imán los electrones vuelven a su posición original causando una corriente eléctrica pero en sentido contrario. Podemos notar que se ha conseguido una corriente eléctrica en el conductor sin la intervención de pilas, generadores, etc. Esta corriente se la llama **CORRIENTE INDUCIDA** y a la fuerza eléctrica que da origen a esa corriente se la llama **FUERZA ELECTROMOTRIZ INDUCIDA (F.E.M. inducida)**.

Este importantísimo descubrimiento dio origen a los generadores de corriente, dínamos, alternadores, etc., pues su funcionamiento está basado en el principio que acabamos de explicar.



Si en lugar de usar un conductor rectilíneo usáramos un solenoide observaríamos que la F.E.M. inducida es mayor. Además mientras más vueltas tenga el solenoide o si movemos el imán cada vez más rápido (aumento el número de vaivenes por segundos), o si ponemos un imán más grande (mayor intensidad de campo magnético), más grande será la F.E.M. inducida. Esto lo puedo expresar matemáticamente como:

$$F.E.M. Inducida = N^{\circ} \times \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Ley de Lenz

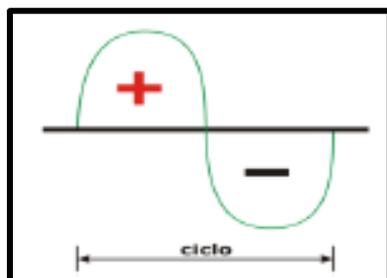
Hasta ahora sabemos que si hacemos circular corriente por un conductor de genera alrededor de él un campo magnético, si la corriente es constante (corriente continua) el campo magnético también lo será, pero si la corriente es variable, es decir que aumenta y disminuye en el tiempo, el campo magnético variará de la misma forma. También sabemos que si movemos un conductor dentro de un campo magnético se induce una corriente en dicho conductor.

El físico alemán H.F. LENZ experimentalmente observó que cuando introducimos un imán dentro del solenoide, se genera una corriente inducida. Pero esa corriente inducida al circular por el solenoide crea un campo magnético y la polaridad de ese campo magnético es tal que se opone a que el imán siga introduciéndose dentro de la bobina. Si ahora trato de sacar el imán, cambia el sentido de circulación de la corriente inducida y esa corriente crea un campo magnético cuya polaridad es tal que se opone a que retiremos el imán.

Esto es lo que expresa la ley de Lenz:

El sentido de una F.E.M. inducida es tal que se opone a la causa que la produce.
Autoinducción

Estudiaremos ahora lo que ocurre cuando el solenoide es atravesado por una corriente que varía su amplitud en el tiempo. Dicha corriente se dice que es alterna ya que toma valores positivos y negativos en forma alternada. Podemos apreciar en la figura que la corriente toma el valor cero, crece hasta llegar a un máximo positivo, luego disminuye hasta llegar a cero nuevamente, continúa disminuyendo hasta llegar a un máximo negativo y luego crece hasta hacerse cero nuevamente. Este ciclo se cumple indefinidamente y por ello se dice que es corriente ALTERNADA.



Si se hace pasar una corriente alternada por una bobina de alambre, se forma un campo magnético alrededor de la bobina. Conforme aumenta la corriente (hemiciclo positivo) se expande el campo magnético que cruza transversalmente los conductores de la misma bobina, induciendo en ellos una segunda corriente. Esa corriente tiene una dirección.

Dirección tal que se opone a la corriente original (de acuerdo a la ley de LENZ). En otras palabras la dirección de la corriente inducida es tal que tenderá a reducir la corriente original y de tal modo tenderá a oponerse a la expansión del campo magnético.

Cuando la corriente original comienza a disminuir el campo magnético que rodea a la bobina comienza a retraerse, igual que el caso anterior, cruza transversalmente las espiras de la bobina y otra vez se induce una segunda corriente en la bobina. La dirección de esta corriente inducida es tal que se opone a la corriente original que está disminuyendo. La corriente inducida tenderá a mantener una circulación de corriente en la bobina durante cierto tiempo, después que la corriente original haya cesado. La corriente inducida, por lo tanto tiende a oponerse a la desaparición del campo magnético. Lo mismo ocurre en el hemiciclo negativo.

Inductancia

La propiedad de un circuito de oponerse a todo cambio de la circulación de corriente que pasa por él, se llama INDUCTANCIA, debido a que esta oposición está motivada por tensiones inducidas en el propio circuito por el campo magnético variable, cualquier causa que afecte la cantidad de flujo magnético afectará también a la inductancia. La unidad empleada para medir la inductancia de un circuito se llama HENRY (Hay) o **Henrio** en honor al físico norteamericano JOSEPH HENRY. Se puede definir al Henry como la inductancia que existe en un circuito cuando una variación de corriente de un Ampere por segundo produce una F.E.M. inducida de un Voltio. El símbolo con que se representa la inductancia es L. También se dice que es la propiedad de un circuito eléctrico en el cuál los cambios en el flujo de corriente producen cambios en el campo magnético. Es considerada como una inercia eléctrica. En radio resulta conveniente emplear el mili Henry (mHy) que es 10^{-3} Hay o el micro Henry (μ Hy) que es 10^{-6} Hay

Inductores en serie y en paralelo

Los inductores, como las resistencias se pueden conectar en serie, en paralelo o en circuitos combinados serie-paralelo. La inductancia total de varios inductores conectados en serie (siempre que el campo magnético de un inductor no pueda actuar sobre las espiras del otro), es igual a la suma de las inductancias de cada inductor. La fórmula es:

$$L_{\text{total}} = L_1 + L_2 + L_3 + \dots \text{ etc}$$

Si dos o más inductores se conectan en paralelo (siempre que no haya acoplamiento entre sus campos magnéticos) su inductancia total puede hallarse aplicando la siguiente fórmula:

$$\frac{1}{L_{\text{total}}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots \text{ etc}$$

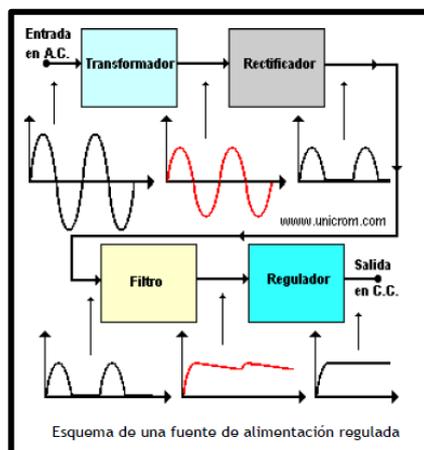
TEMA 4 Fuente de alimentación

Concepto y componentes

Una de los elementos más imprescindibles en una estación de radio fija, es la fuente de alimentación regulada, ya que los equipos de radio funcionan todos con bajos voltajes y con corriente continua, en nuestro hogares o dentro de la ciudad la tensión de línea es 220V.

Las fuentes de alimentación regulada están conformadas por:

- Transformador.
- Rectificador. (puente diodo)
- Filtro. (capacitor)
- Regulador.
- Fusible.



Transformadores

Se denomina transformador o trafo (abreviatura), a un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la frecuencia. La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal (esto es, sin pérdidas), es igual a la que se obtiene a la salida. Las máquinas reales presentan un pequeño porcentaje de pérdidas, dependiendo de su diseño, tamaño, etc.

El transformador es un dispositivo que convierte la energía eléctrica alterna de un cierto nivel de tensión, en energía alterna de otro nivel de tensión, por medio de la acción de un campo magnético. Está constituido por dos o más bobinas de material conductor, aisladas entre sí eléctricamente por lo general enrolladas alrededor de un mismo núcleo de material ferromagnético. La única conexión entre las bobinas la constituye el flujo magnético común que se establece en el núcleo.

En su versión sencilla, un transformador está constituido por:

- a) Un arrollamiento primario.
- b) Uno o varios arrollamientos secundarios.
- c) Un circuito magnético en el cual se encuentran arrollados los devanados primarios y secundarios.

Se puede decir que la potencia eléctrica consumida en el primario se transforma en magnética, volviendo a la forma primitiva de potencia, inducida en el secundario.

Cuando se devana una bobina en el núcleo de hierro y se conecta a una fuente de energía de C.A., se produce un campo magnético variable, cuya intensidad dependerá del número de espiras de la bobina y de la intensidad de la corriente que la atraviesa.

Si en el mismo núcleo se coloca otra bobina, se obtiene una corriente inducida en ella, en virtud de encontrarse en el campo magnético de la primera, o sea, de la bobina excitadora, y cuya f.e.m. inducida dependerá del número y relación de espiras entre una y otra.

Podemos decir que la tensión inducida es proporcional al número de espiras. Por lo tanto, si una bobina excitadora tuviera 660 espiras y la tensión de la red de alimentación fuera de 220 V, y la segunda bobina tuviera 1200 espiras, la tensión en bornes de esta bobina será de:

$$\frac{660}{220} = 3 \quad \text{y de esta forma} \quad \frac{1200}{3} = 400 \text{ voltios}$$

Para comprender mejor esto, tenemos la siguiente relación:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

En la que V_1 es la tensión en bornes del primario y V_2 la del secundario, siendo N_1 el número de espiras del primario y N_2 el de las del secundario. Esta relación, llamada relación de transformación, sólo es válida cuando el secundario no está conectado a otro circuito, es decir, está abierto. Si reemplazamos los valores podemos calcular V_2 V_1 .

Tenemos entonces:

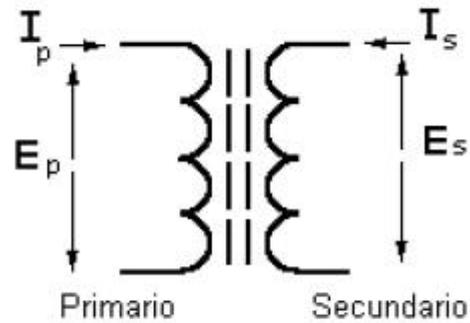
$$V_2 = \frac{1200 \times 220}{660} = 400 \text{ voltios}$$

Ejemplo: un transformador es alimentado con 220 Volt y 50 Hz y tienen 1100 espiras en el primario, y su secundario deberá entregar 15 Volt. ¿Cuántas espiras deberá tener el secundario? $220/15 = 1100/N_2$ entonces $N_2 = 1100 \times 15 / 220 = 75$ espiras

En un transformador reductor, el número de vueltas del primario es: Menor que el secundario

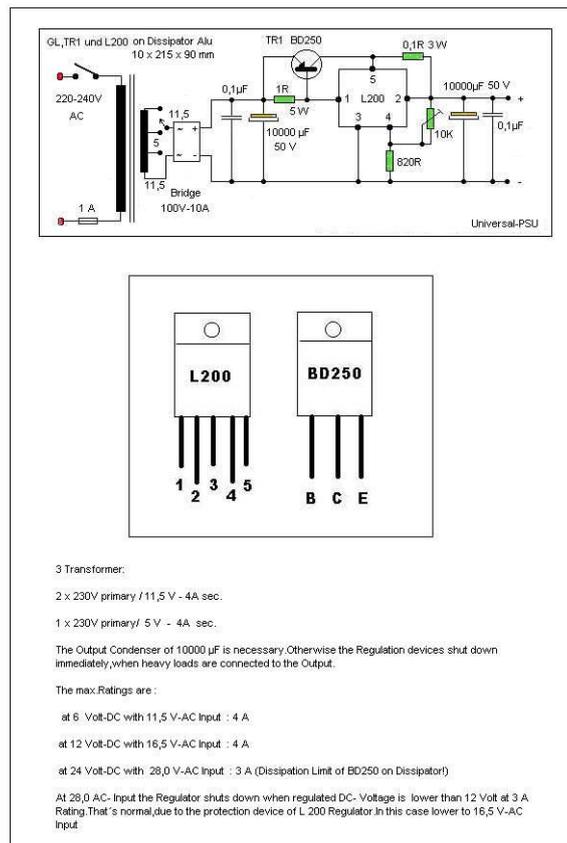
Relación de transformación: permite al transformador reducir o aumentar la tensión secundaria.

Ejemplo: $N_1 = 60$ vueltas o espiras de alambre, $N_2 = 300$ espiras.
 Si alimentamos el primario con 12 Volt, ¿Qué tensión tendremos en el secundario?
 $12 / x = 60 / 300 \Rightarrow x = (12 \times 300) / 60 = 60$



Transformado de baja potencia clásico

Símbolo de un transformador



Circuito eléctrico de una fuente de alimentación elemental que entrega corriente continúa.

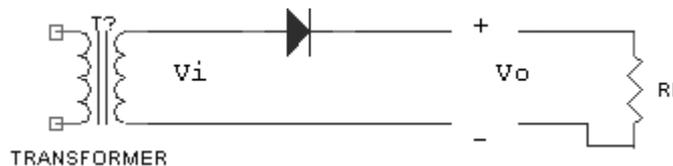
Rectificador

El rectificador es el que se encarga de convertir la tensión alterna que sale del transformador en tensión continua, para ello se utilizan diodos.

Hay diferentes tipos de rectificador ahora veremos dos de los más usados

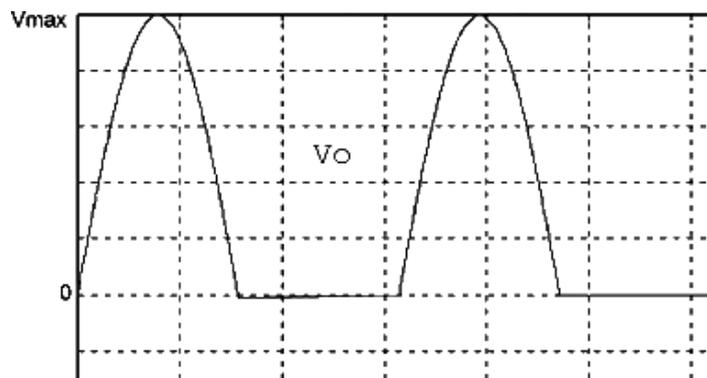
Rectificador a un diodo

El rectificador más sencillo es el que utiliza solamente un diodo, su esquema es este:



Cuando V_i sea positiva la tensión del ánodo será mayor que la del cátodo, por lo que el diodo conducirá: en V_o veremos lo mismo que en V_i . Mientras que cuando V_i sea negativa la tensión del ánodo será menor que la del cátodo y el diodo no podrá conducir, la tensión V_o será cero.

Según lo que acabamos de decir la tensión V_o tendrá esta forma:



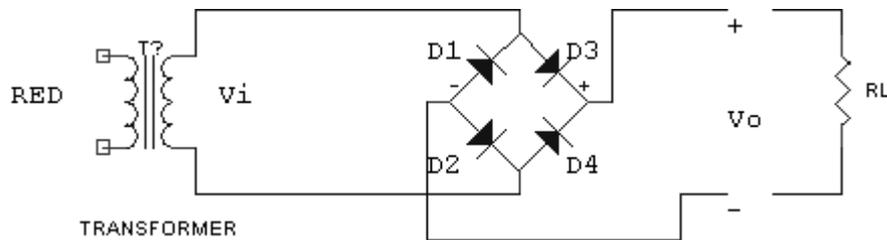
Como puedes comprobar la tensión que obtenemos con este rectificador no se parece mucho a la de una batería, pero una cosa es cierta, hemos conseguido rectificar la tensión de entrada ya que V_o es siempre positiva. Aunque posteriormente podamos filtrar esta señal y conseguir mejor calidad este esquema no se suele usar demasiado.

Este circuito se conoce como **RECTIFICADOR DE MEDIA ONDA**, puesto que sólo deja pasar media onda o ciclo.

Lo que hemos conseguido es convertir una onda alterna (que tomaba alternadamente valores positivos y negativos) en una onda que siempre es positiva. Como no cambia de polaridad, se dice que es una **ONDA CONTINUA PULSANTE**, pues, como vemos, son solamente pulsos positivos los que quedan a la salida.

Rectificador en puente

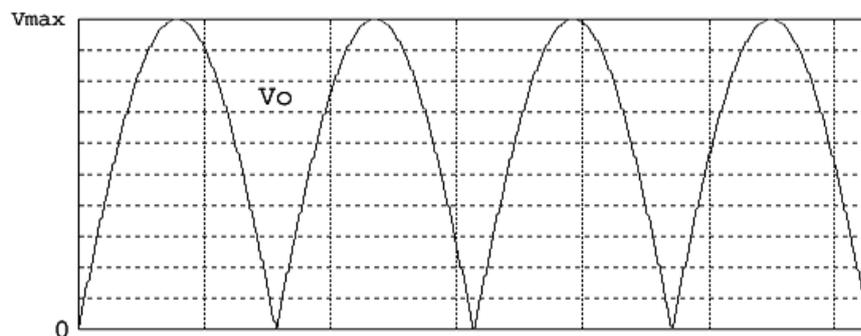
El rectificador más usado es el llamado rectificador en puente o puente rectificador que se compone de cuatro diodos (**Preg** y, su esquema es el siguiente:



Cuando V_i es positiva los diodos D2 y D3 conducen, siendo la salida V_o igual que la entrada V_i .

Cuando V_i es negativa los diodos D1 y D4 conducen, de tal forma que se invierte la tensión de entrada V_i haciendo que la salida vuelva a ser positiva.

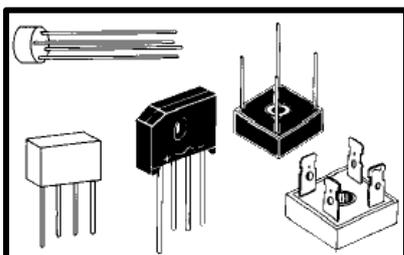
El resultado es el siguiente:



Vemos en la figura que todavía no hemos conseguido una tensión de salida demasiado estable, por ello, será necesario filtrarla después.

Es tan común usar este tipo de rectificadores que se venden ya preparados los cuatro diodos en un solo componente. Suele ser recomendable usar estos puentes rectificadores, ocupan menos que poner los cuatro diodos y para corrientes grandes vienen ya preparados para ser montados en un disipador de calor.

Tienen cuatro terminales, dos para la entrada en alterna del transformador, uno la salida positiva y otro la negativa o masa. Las marcas en el encapsulado suelen ser:



- ~ Para las entradas en alterna
- + Para la salida positiva
- Para la salida negativa o masa.

Filtrado

La tensión en la carga que se obtiene de un rectificador es en forma de pulsos. En un ciclo de salida completo, la tensión en la carga aumenta de cero a un valor de pico, para caer después de nuevo a cero. Esta no es la clase de tensión continua que precisan la mayor parte de circuitos electrónicos. Lo que se necesita es una tensión constante, similar a la que produce una batería. Para obtener este tipo de tensión rectificada en la carga es necesario emplear un filtro.

Si quisiéramos tener una onda continua pura deberíamos tratar de “alisar” los pulsos y ese trabajo lo conseguimos poniendo un capacitor en la salida. Durante el ciclo positivo el capacitor se carga al valor pico de la tensión alterna, luego durante los picos negativos en los que el diodo no conduce, el capacitor se descarga.

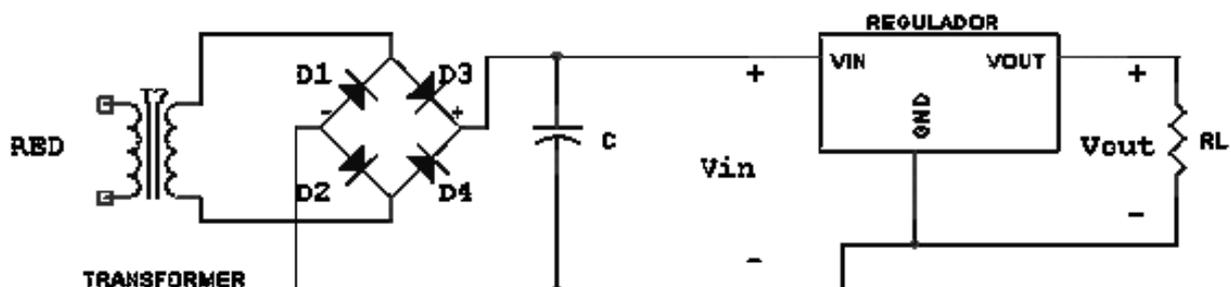
La rapidez con que se descarga depende del tamaño del capacitor, mientras más grande sea el capacitor más tiempo tardará en descargarse. En forma exagerada la onda rectificada presentaría la siguiente forma.



Regulador

Un regulador o estabilizador es un circuito que se encarga de reducir el rizado y de proporcionar una tensión de salida exacta a la que queremos. En esta sección nos centraremos en los reguladores integrados de tres terminales que son los más sencillos y baratos que hay, en la mayoría de los casos son la mejor opción.

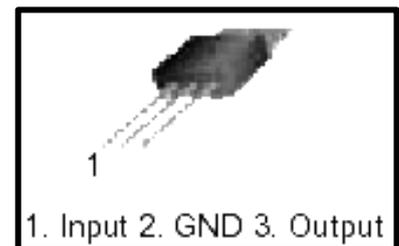
Este es el esquema de una fuente de alimentación regulada con uno de estos reguladores:



Las ideas básicas de funcionamiento de un regulador de este tipo son:

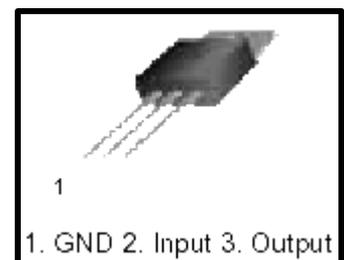
1. La tensión entre los terminales Vout y GND es de un valor fijo, no variable, que dependerá del modelo de regulador que se utilice.
2. La corriente que entra o sale por el terminal GND es prácticamente nula y no se tiene en cuenta para analizar el circuito de forma aproximada. Funciona simplemente como referencia para el regulador.
3. La tensión de entrada Vin deberá ser siempre unos 2 o 3 V superior a la de Vout para asegurarnos el correcto funcionamiento.

Reguladores de la serie 78XX: Este es el aspecto de un regulador de la serie 78XX. Su característica principal es que la tensión entre los terminales Vout y GND es de XX voltios y una corriente máxima de 1A. Por ejemplo: el 7805 es de 5V, el 7812 es de 12V... y todos con una corriente máxima de 1 Amperio. Se suelen usar como reguladores fijos.



Existen reguladores de esta serie para las siguientes tensiones: 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18 y 24 voltios. Se ponen siguiendo las indicaciones anteriores anteriores y ya está, obtenemos una Vout de XX Voltios y sin rizado. Es posible que tengas que montar el regulador sobre un disipador para que disipe bien el calor.

Reguladores de la serie 79XX: El aspecto es como el anterior, sin embargo este se suele usar en combinación con el 78XX para suministrar tensiones simétricas. la tensión entre Vout y GND es de - XX voltios, por eso se dice que este es un regulador de tensión negativa. La forma de llamarlos es la misma: el 7905 es de 5V, el 7912 es de 12... pero para tensiones negativas.



Fusibles

Los fusibles son elementos de protección constituidos por un alambre o una lámina metálica dimensionados para fundirse a partir de una determinada intensidad de corriente.

Su capacidad de ruptura debe ser igual o un poco mayor a la calculada para su punto de utilización. En todos los casos el fusible estará encapsulado y debe ser desechado luego de su fusión (nunca reparado).



Para calcular el fusible de protección de un equipo de radio, debemos multiplicar por 1,5 el valor de la intensidad de trabajo del equipo que vamos a proteger con dicho fusible.

Entonces si tenemos un consumo de 1 KW y una tensión de 220 Volts, dividimos y obtenemos 4,54 Amperios, multiplicamos por 1,5 y nos da un valor de 6,81 A sin embargo usemos 6 A y será adecuado también.

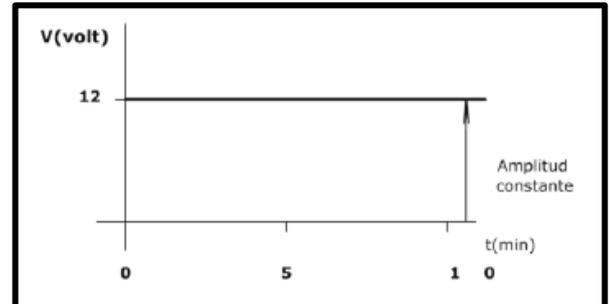
TEMA 5 Generadores de corriente

Introducción

Todos los circuitos eléctricos o electrónicos necesitan una fuente de energía eléctrica para su funcionamiento. Estos dispositivos reciben el nombre de GENERADOR DE TENSIÓN, FUENTE DE ALIMENTACIÓN o simplemente FUENTE. De acuerdo como entregan energía eléctrica a través del tiempo, clasificaremos a los generadores en: generadores de tensión de corriente continua y de corriente alterna.

Generadores de tensión de corriente continúa

Las pilas que adquirimos en el comercio, la batería del automóvil, los paneles solares de los satélites, el pack de baterías del Handy o equipo portátil son generadores de corriente continua. Esto significa que si la batería es de, por ejemplo de 12 volts, nos entregará ese valor de tensión en forma constante (en realidad se descarga lentamente). Si representamos lo dicho anteriormente en un gráfico, vemos que el valor de tensión se mantiene constante en el tiempo es decir que a los 5 minutos tenemos 12 v. y a los 10 minutos también y así sucesivamente. Decimos que la AMPLITUD de la tensión se mantiene constante. La tensión o la corriente que se comporta de ésta manera se llama CONTINUA, pues su amplitud continuamente tiene el mismo valor.



Acumulador o batería



Dinamo



Alternador

Los dispositivos que trabajan con tensiones de corriente continua vienen indicados por el fabricante con las letras DCV o DC que significan Direct Current Volt (Volt de Corriente Continua) y Direct Current (Corriente Continua) respectivamente.

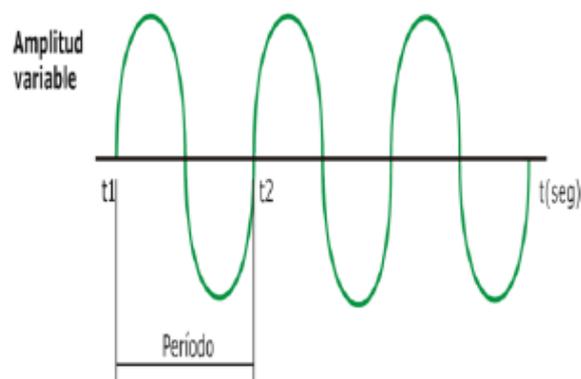
Una de las características más importantes de estos generadores es que poseen polaridad es decir que un borne tiene polaridad positiva y viene indicado con “+” y otro borne tiene polaridad negativa y viene indicado con “-”. Nunca debe invertirse la polaridad en los dispositivos que trabajan con DCV pues se corre el riesgo de causarle severos daños.

Otra característica de los generadores de corriente continua es la capacidad para entregar corriente, este valor viene indicado en la batería y es un dato de fábrica. Si el generador dice 12 volt - 1 Amper significa que podrá entregar como máximo 1 Amper de corriente. Si le conectamos una carga que le obligue a entregar más de 1 Amper, la tensión caerá y se dice que la fuente se “aplata”.

Generadores de tensión de corriente alterna

El toma corriente que tenemos en nuestro domicilio es un generador de corriente puesto que de él podemos tomar energía eléctrica para alimentar los electrodomésticos (heladera, T.V. radio, horno de microondas, etc.). El valor de la tensión de ese generador es de 220 volt pero difiere de un generador de corriente continua en que su amplitud no es constante en el tiempo, sino que varía y va tomando alternadamente valores positivos y negativos. Este tipo de tensión (o corriente) recibe el nombre de ALTERNA.

En particular, si la variación de la amplitud sigue las variaciones de la función trigonométrica seno, se dice que es alterna sinodal, y su representación gráfica la siguiente:



Como se ve el valor instantáneo cambia permanentemente pasando por cero (t_1) y creciendo hasta un valor máximo positivo para luego comenzar a disminuir y hacerse nuevamente cero. Ahora su polaridad ha cambiado y vemos que aumenta pero en sentido negativo hasta llegar a un máximo (negativo) luego comienza a disminuir hasta hacerse cero (t_2) y así sucesivamente.

A diferencia de una tensión de corriente continua en la que solo es necesario conocer el valor de tensión que entrega (que es constante en el tiempo) y su polaridad, en una tensión de corriente alterna senoidal será necesario conocer más detalles como ser: El tiempo que tarda en pasar de t_1 a t_2 . La cantidad de veces que la onda se repite por segundo, etc.

Así podemos definir:

- **CICLO:** Es el intervalo en el cual la onda no se repite. En el gráfico tenemos un ciclo entre los tiempos t_1 y t_2
- **PERÍODO:** Se define como el tiempo que tarda la onda en completar un ciclo, generalmente se representa con la letra T o P y su unidad de medida es el segundo. En la figura el tiempo transcurrido entre los puntos t_1 y t_2 resulta ser el período de la onda dibujada.
- **FRECUENCIA:** Se define como la cantidad de ciclos que tiene una onda alterna durante el intervalo de tiempo de 1 segundo. Dicho de otra manera es la cantidad de ciclos que hay por segundos. Matemáticamente la frecuencia resulta ser la inversa del período T de una onda, se la representa generalmente con la letra f y su unidad de medida es el ciclo sobre segundos o HERTZ, en honor al físico HEINRICH HERTZ y se abrevia Hz.

A veces es necesario usar múltiplos de esta unidad como ser:

$$\text{KILOHERTZ (KHz)} = 10^3 \text{ Hz} = 1000 \text{ Hz}$$

$$\text{MEGAHERTZ (MHz)} = 10^6 \text{ Hz} = 1.000.000 \text{ Hz}$$

$$\text{GIGAHERTZ (GHz)} = 10^9 \text{ Hz} = 1.000.000.000 \text{ Hz}$$

Matemáticamente la frecuencia es:

$$f = \frac{1}{T} [\text{Hz}]$$

Frecuencia (f) es igual a la inversa del periodo (tiempo) y se mide en Hertz (ciclo/segundo)

Así, la onda senoidal suministrada por la empresa eléctrica local es de 50 ciclos por segundos o dicho de otra forma es de 50 Hz. Lo que quiere decir esto es que en un tiempo de un segundo hay 50 ciclos. En Europa la frecuencia industrial también es de 50 Hz, pero en Estados Unidos y Canadá es de 60 Hz.

En base a la frecuencia las ondas se clasifican mediante un convenio internacional de frecuencias en función del empleo a que están destinadas:

- a) **SONORAS:** Ondas comprendidas entre 20 Hz y 15 KHz.
- b) **ULTRASONIDOS:** Ondas comprendidas entre 15 KHz y 30 KHz
- c) **ELECTROMAGNÉTICAS:** Ondas con frecuencias superiores a 30 KHz

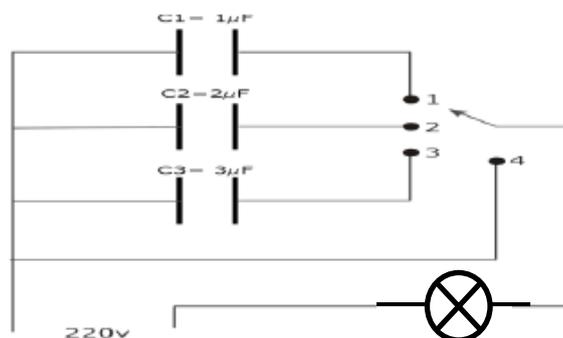
Las ondas electromagnéticas se las denominan también de Radiofrecuencia (R.F.) porque son utilizadas en radio comunicaciones y dentro de esta clasificación se las subdivide en bandas de frecuencias de la siguiente manera:

FRECUENCIAS	CLASIFICACIÓN	DESIGNACIÓN		USO
30 a 300 KHz	Baja Frecuencia	BF	(LF)	Radio-Navegación
300 a 3000 KHz	Media Frecuencia	MF	(MF)	Radio - O. Media
3 a 30 MHz	Frecuencia	AF	(HF)	Radio - O. Corta
30 a 300 MHz	Muy Alta Frecuencia	MAF	(VHF)	T.V. - F. Modulada
300 a 3000 MHz	Ultra Alta Frecuencia	UAF	(UHF)	T.V. - Radar - Radio
3 a 30 GHz	Súper Alta Frecuencia	SAF	(SHF)	Radar- Enlace Radio
30 a 300 GHz	Extremadamente Alta Frec.	EAF	(EHF)	Radar - Enlace Radio

Una señal de 725 Hz., ¿a qué rango de frecuencia pertenece?
Audio frecuencia.

Reactancia capacitiva

Veremos ahora cómo se comporta un capacitor y una bobina cuando lo alimentamos con tensión alterna. Comenzaremos con el capacitor y para entender lo que ocurre partiremos de un experimento sencillo:



Supongamos que tenemos tres capacitores cuyos valores son: 1 μF , 2 μF y 4 μF respectivamente, conectados en paralelo entre sí y alimentados por una tensión alterna de 220v. Además tenemos una llave selectora que permite ir conectando de a un capacitor a la vez y una lámpara incandescente.

Si ponemos la llave en la posición 1 notaremos que la lámpara se enciende, tomando su filamento un color rojizo. ¿Cómo puede ser esto posible si el circuito está interrumpido por el dieléctrico del capacitor? Lo que ha sucedido es que por tratarse de corriente alterna, el capacitor comienza a cargarse hasta un valor máximo que corresponde al valor máximo que alcanza el voltaje de la fuente, a partir de ese punto el valor del voltaje decrece hasta llegar a cero. Como el condensador se halla cargado cuando el voltaje tiende a disminuir, resulta que la diferencia de potencial que adquirió el condensador es mayor que el voltaje aplicado, puesto que éste, después de llegar a un valor máximo, disminuye hasta cero.

Resultando que si el potencial del condensador es mayor que el del circuito, entonces el condensador se descargará dando origen a una corriente en sentido contrario al de la carga y que atravesará el filamento de la lámpara. Así llegamos a un momento en que el voltaje de la fuente eléctrica es cero y a partir de ese punto, se invierte la polaridad produciéndose una corriente que cargará al condensador en el sentido contrario al anterior, hasta un valor máximo cuando el voltaje aplicado alcance al valor máximo negativo a partir del cual irá disminuyendo hasta llegar al valor cero. En este momento el condensador que se había cargado, se descargará en el circuito dando origen a una corriente en sentido contrario al de la carga. Esta carga y descarga se repite 50 veces por segundo por lo que la rapidez con que la corriente atraviesa el filamento en ambos sentidos lo mantiene encendido.

Si la llave la colocamos en la posición 2, conectaremos ahora el C2 de 2 μF (el doble del anterior). Veremos que el filamento se enciende más que con el capacitor de 1 μF . La explicación de este fenómeno es que por ser C2 de mayor capacidad que C1, la carga que admite será mayor y entregará mayor corriente durante la descarga.

Si ahora colocamos la llave en la posición 3, la lámpara se encenderá aún más, debido a que el capacitor es de 4 μF . En la posición 4 no hay capacitor y por lo tanto la lámpara enciende normalmente. Se puede demostrar matemática-mente que en un circuito capacitivo puro la intensidad de corriente adelanta 90° con respecto a la tensión que la produce. Vemos que el capacitor en corriente alterna se comporta como una "resistencia". El término correcto es REACTANCIA, que por tratarse de un capacitor se llama REACTANCIA CAPACITIVA. La reactancia se mide en Ohm (Ω) si la capacidad está ex-presada en Faradios y la frecuencia en Hz y se la representa con la letra XC.

Matemáticamente la reactancia capacitiva está dada por:

$$X_C = \frac{1}{2 \times \pi \times f \times C} \quad [\Omega]$$

Es decir que la reactancia es inversamente proporcional a la frecuencia y a la capacidad. A mayor capacidad, menor reactancia. Si la frecuencia es cero (el caso de corriente continua) la reactancia capacitiva es un valor infinitamente grande, que equivale a decir que el circuito está abierto y no circula corriente, y es lo que ocurre cuando colocamos un capacitor en corriente continua.

Reactancia inductiva

Recordemos cuando estudiamos inductancia lo que ocurría cuando una corriente variable atravesaba la bobina. Si se hace pasar una corriente alternada por una bobina de alambre, se forma un campo magnético alrededor de la bobina. Conforme aumenta la corriente (semiciclo positivo) se expande el campo magnético que cruza transversalmente los conductores de la misma bobina, se induce una F.E.M. que da origen a una segunda corriente. Esa corriente tiene una dirección tal que se opone a la causa que la produce (ley de Lenz).

En otras palabras, la dirección de la corriente inducida es tal que tenderá a reducir la corriente original y tenderá a oponerse a la expansión del campo magnético. Cuando la corriente original comienza a disminuir, el campo magnético que rodea la bobina comienza a retraerse, igual que en el caso anterior, cruza transversalmente las espiras de la bobina y otra vez se induce una segunda corriente cuya dirección es tal que tenderá a mantener la circulación de la corriente original durante un cierto tiempo, después que la corriente original haya cesado. Lo mismo ocurre para el semiciclo negativo. Vemos que hay una oposición a que la corriente aumente o disminuya según sea el caso. La bobina tiene la propiedad de retardar el cambio de la corriente que circula por ella, es decir retarda la variación de intensidad. A esa propiedad se la llama INDUCTANCIA.

Se puede demostrar que en un circuito inductivo puro la F.E.M. inducida está retrasada 90° respecto a la intensidad de corriente que la produce. Esa oposición a la variación de la corriente recibe el nombre de REACTANCIA, y por tratarse de un fenómeno que ocurre en la inductancia, recibe el nombre de REACTANCIA INDUCTIVA. Se mide en Ohm (Ω) si la inductancia está en Henry y la frecuencia en Hz, se la representa con las letras XL y matemáticamente la reactancia inductiva está dada por:

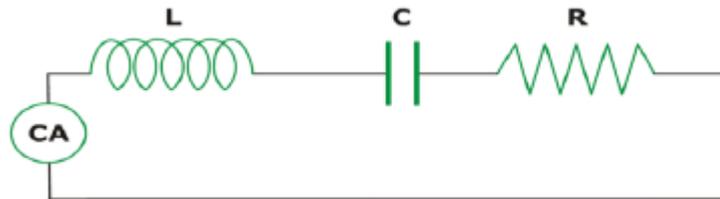
$$X_L = 2 \times \pi \times f \times L \quad [\Omega]$$

Es decir que es directamente proporcional a la frecuencia y a la inductancia. Si la frecuencia es cero (es el caso de la corriente continua), la reactancia inductiva es cero, es decir no hay ninguna oposición al paso de la corriente. Es un corto circuito.

Si se duplica la frecuencia de la corriente que atraviesa una inductancia, ¿qué sucede con la reactancia?
Se duplica.

Impedancia

Supongamos que tenemos un circuito formado por una bobina, un capacitor y una resistencia conectados en serie y alimentados con una tensión alterna senoidal como indica la figura.



Como el circuito está alimentado con corriente alterna, la bobina tiene una reactancia X_L (Ω), y el capacitor tiene una reactancia X_C (Ω), además de la resistencia R (Ω) que hay en el circuito. Se puede demostrar matemáticamente que el circuito presenta una “resistencia total” a la circulación de la corriente eléctrica y su nombre correcto es de IMPEDANCIA, puesto a que “impide” el paso de la corriente eléctrica. Se mide en Ohm y se la representa con la letra Z .

En el caso de los tres elementos en serie la impedancia está dada por:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2 - X_C^2} \quad [\Omega]$$

TEMA 6

Generadores de radiofrecuencia

Introducción

En el tema anterior vimos que las ondas de corriente alterna se podían clasificar en base a su frecuencia. En particular estudiaremos las ondas usadas en radiocomunicaciones (ondas electromagnéticas o de radiofrecuencia) que van desde los 30 KHz a 300GHz.

Generación de ondas de radiofrecuencia

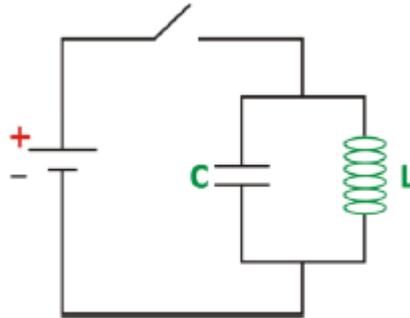
Una onda de corriente alterna se puede producir de varias maneras. La corriente alterna usada en nuestros domicilios y en la industria, se produce utilizando grandes generadores (llamados alternadores) instalados en usinas eléctricas. Este procedimiento se usa cuando tales corrientes son de baja frecuencia.

Cuando necesitamos generar una corriente de frecuencia elevada (radio frecuencia) debemos utilizar un “OSCILADOR”. Existen muchos tipos de osciladores, veremos solamente dos tipos de ellos: El oscilador L - C y el oscilador a cristal. El oscilador es el corazón de los transmisores, frecuentemente el transmisor mismo.

Oscilador L – C

Se trata de osciladores que trabajan con una bobina (con inductancia L) y un capacitor (con capacidad C).

El oscilador más elemental que podemos fabricar es:



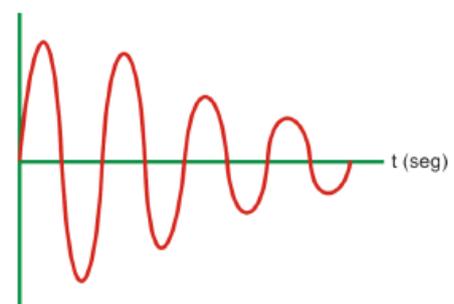
En donde tenemos una fuente de corriente continua, un capacitor conectado en paralelo a una bobina y un interruptor. Trataremos de explicar cómo funciona este circuito, con los conocimientos adquiridos hasta el momento. Lo primero que hacemos es cerrar el interruptor e inmediatamente lo abrimos.

Lo que ocurre en el circuito se detalla a continuación: al cerrar el interruptor, el capacitor se carga a su valor máximo, al abrir el interruptor, el capacitor que se halla cargado tiene conectado entre sus extremos una bobina y por lo tanto comenzará a descargarse a través de ella.

La corriente de descarga es una corriente variable en el tiempo (va disminuyendo a través del tiempo) por lo tanto al atravesar la bobina, se produce una fuerza electromotriz inducida que, de acuerdo con la ley de Lenz, se opone a la causa que lo produce. Esta F.E.M. inducida carga nuevamente el capacitor pero ahora en sentido opuesto al anterior. Nuevamente comienza a descargarse a través de la bobina y se repite el proceso.

Se puede decir que hay un intercambio de energía electrocinética del capacitor en energía electromagnética en la bobina. Vemos que se producen oscilaciones de energía entre L y C. El circuito formado por una bobina y un capacitor en paralelo recibe el nombre de “CIRCUITO TANQUE”.

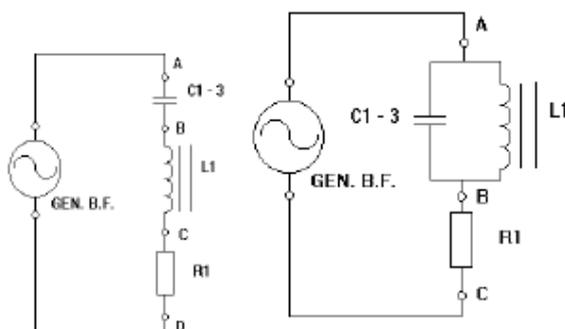
Esto ocurre en la teoría, pero en la práctica las cosas son un poco diferentes. Sabemos que en todo circuito está presente una resistencia (aunque sea la resistencia del conductor), por eso la energía se va disipando en el tiempo hasta hacerse cero. Una onda de éste tipo recibe el nombre de “ONDA AMORTIGUADA” y es como la muestra la figura.



Nótese que la frecuencia no varía, lo único que varía es la amplitud. Para evitar que la onda se amortigüe, debemos entregar al circuito una energía de mantenimiento. Podemos decir que es lo mismo que ocurre cuando a un niño que juega en una hamaca, debemos darle un nuevo empujón para que siga hamacándose, caso contrario transcurrido un cierto tiempo se detendría. Hay dispositivos electrónicos que son capaces de hacer este trabajo como lo son las válvulas electrónicas y los transistores.

Resonancia

Un circuito de resonancia está compuesto por una resistencia un condensador y una bobina en el cual se alimentan de corriente alterna. Hay dos tipos de circuitos resonantes: Uno es el circuito resonante serie y el otro es el circuito resonante paralelo.



Cuando a la entrada del circuito se le aplica una frecuencia el circuito reaccionará de una forma distinta. La reactancia de un condensador o de una bobina es el valor óhmico que se opone al paso de electrones. Cuando la frecuencia crece la reactancia de la bobina aumenta, en tanto que al del condensador disminuye.

Pero hay una determinada frecuencia que la cual los valores absolutos de ambas reactancias se igualan y a este fenómeno se llama "**Frecuencia de resonancia**". Su valor se deduce de esta manera:

$$X_L = 2 * \pi * F * L \quad X_C = 1 / 2 * \pi * F * C$$

Para la frecuencia de resonancia:

$$F = 1 / 2\pi * L * C$$

El factor de calidad es algo más amplio, puede definirse en el caso de una bobina, como la reacción:

$$Q = X_L / R_L$$

Hay un concepto más que es el ancho de banda que es el margen de frecuencias.

Observaciones: Para averiguar la frecuencia de resonancia en el circuito de resonancia serie, había que hacer un barrido de frecuencias midiendo al mismo tiempo la tensión en R1, y para saber la frecuencia de resonancia tenía que tener R1 la máxima tensión y en el circuito de resonancia paralelo tenía que tener en R1 la mínima tensión.

Cuando el circuito entraba en resonancia, tanto el de serie como el de paralelo, la tensión en la bobina es la misma tensión del condensador, entonces eso quiere decir que el valor óhmico se iguala ($X_L = X_C$).

Al realizar los cálculos de la frecuencia nos hemos dado cuenta de que nos saldría diferentes valores de frecuencia y parece ser debido a la (L) de la bobina que varía bastante de la teórica a la práctica.

Frecuencia de la señal

Podemos decir que para cada par de bobina - capacitor existe una única frecuencia de oscilación que es la frecuencia de resonancia y se puede calcular con la fórmula vista anteriormente.

A modo de ejemplo calcularemos la frecuencia de un circuito tanque que posee una bobina de 50 μH y un capacitor de 40 pF.

$$f = \frac{1}{2 \times \pi \times \sqrt{L \times C}} \qquad f = \frac{1}{2 \times 3,14 \times \sqrt{50 \times 10^{-6} \text{Hy} \times 40 \times 10^{-12} \text{F}}}$$
$$f = 3.558.812 \text{Hz} \cong 3,55 \text{MHz}$$

Nótese que la capacidad está en faradios y la inductancia en Henrios por lo que la frecuencia nos da en Hz.

En los libros de radio, existen tablas y ábacos que nos permiten encontrar los valores de un circuito oscilante.

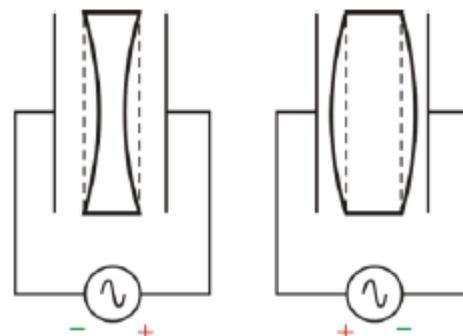
Oscilador a cristal

Los cristales de Cuarzo

El componente denominado cristal tiene externamente el aspecto de una caja metálica cerrada de la que asoman por su base un par de terminales de conexión. En el interior de este encapsulado se encuentra una lámina de cuarzo en forma circular o rectangular, que presenta sobre sus dos superficies unas metalizaciones unidas eléctricamente a los terminales de conexión, mediante dos hilos conductores. Esta lámina de cuarzo es la encargada de realizar la función principal de este componente, merced a sus propiedades piezoeléctricas.

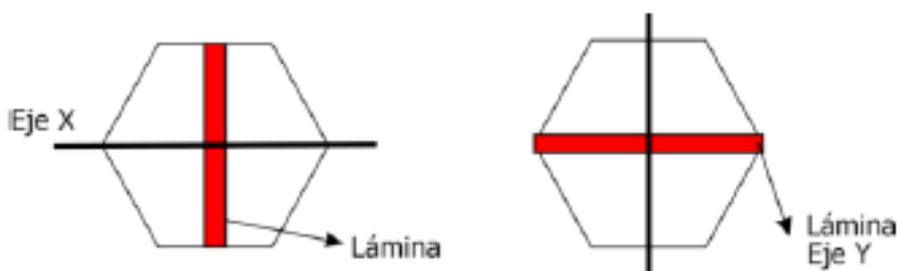
Explicaremos el fenómeno natural llamado “PIEZOELECTRICIDAD”. La palabra “piezo” proviene del griego y significa presión, esto da una idea del fenómeno. La piezo electricidad significa “electricidad por presión”. Se trata de una particularidad que presentan los cristales de ciertas sales minerales. Muchos son los cristales que poseen efectos piezoeléctricos, pero tres son los que han dado mejores resultados: sal de la ROCHELLE, TURMALINA y CUARZO.

Cuando se comprime uno de estos cristales, se desarrolla una diferencia de potencial entre sus dos caras. El aumento de presión da como resultado un aumento de la diferencia de potencial. Además si se aplica una tensión eléctrica entre sus dos caras paralelas se origina en éste una deformación mecánica.



Al eliminar esta tensión la lámina recupera su forma original, pero para llegar a ella pasará por una serie de estados intermedios semejantes a una oscilación ya que en la primera aproximación sobrepasará la forma primitiva, debido a la inercia mecánica, deformándose en sentido contrario y volviendo hacia atrás hasta que al cabo de un cierto tiempo se detendrá.

La frecuencia a la que se produce este fenómeno es fija y depende exclusivamente del cristal, pudiendo ser considerada como su frecuencia natural de oscilación. La lámina que debe formar el cristal oscilador se talla del cuerpo cristalino original en forma perpendicular a uno de los ejes eléctricos (x) o a uno de los mecánicos (y). Las láminas así obtenidas presentan el efecto piezoeléctrico descrito anteriormente.



Resonancia

Si en lugar de una tensión continua, se aplique otra que varíe con una frecuencia igual a la propia de la lámina, de forma que se encuentren en resonancia, se reforzarán notablemente las vibraciones propias del cristal, produciéndose así una oscilación mantenida por éste y estabilizada, al ser su propia de resonancia.

Esta resonancia desaparece en cuanto la frecuencia de la tensión de excitación se aparta un cierto número de Hertz de la propia de la lámina, deteniéndose la oscilación del cristal.

Oscilador de frecuencia variable (OFV en Inglés VFO)

Hasta ahora hemos visto osciladores de una sola frecuencia. Es más útil tener un oscilador que pueda cubrir varias frecuencias. Se puede tener un oscilador con varios cristales y con una llave selectora ir seleccionando la frecuencia deseada. Otra forma y tal vez la más usada es la de tener un oscilador L - C en el cual el capacitor no es un capacitor fijo sino que es un capacitor variable. Con esto se logra que cada vez que movemos el eje del capacitor, variamos la frecuencia del oscilador. Así, por ejemplo, podemos generar frecuencias que van desde 3.5 MHz hasta 3,75 MHz con una sola bobina y un capacitor variable del valor adecuado. Podríamos dejar fijo el capacitor y variar la inductancia (L) de la bobina y obtendríamos el mismo resultado. En la práctica es mucho más fácil variar la capacidad que la inductancia.

Las ondas electromagnéticas que genera un oscilador de radiofrecuencia, se propagan en forma de un campo magnético y eléctrico que oscilan perpendicularmente entre sí. Reciben el nombre de ondas electromagnéticas.

Velocidad de la luz

Todas las radiaciones electromagnéticas se propagan en el espacio libre a la misma velocidad, conocida con el nombre de velocidad de la luz. A esta velocidad se la suele representar con la letra c, es una de las constantes universales y su valor resulta ser:

$$c = 300.000 \text{ km. / segundo.}$$

Longitud de onda

Cuando las frecuencias de las ondas electromagnéticas son muy elevadas, se suele utilizar este concepto para caracterizarlas. La longitud de onda se define como la distancia que recorre una onda electromagnética de frecuencia f, durante un tiempo igual a su período T. Se representa la longitud de onda con la letra griega λ (lambda). Teniendo en cuenta que la señal viaja a la velocidad de la luz podemos calcularla haciendo el cociente entre el espacio recorrido (distancia) y el tiempo empleado en recorrerla, es decir:

$$\text{Velocidad} = \text{Distancia} / \text{tiempo}$$

O si lo ponemos en función de la distancia (que es el espacio recorrido) tenemos:

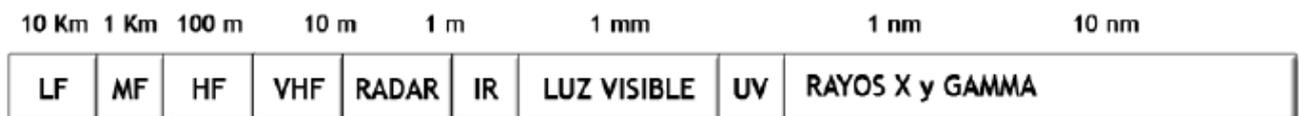
Dónde: Distancia es la longitud de onda, Velocidad es la velocidad de la luz
Tiempo es el período T

$$\lambda = c \times T$$

Recordando que $T = 1/f$ y reemplazando tenemos: $\lambda = \frac{c}{f}$

Si la velocidad se mide en m/seg. y la frecuencia en hertz, la longitud de onda se mide en metros. De acuerdo con la ecuación anterior, existe una relación perfectamente definida y muy importante entre la frecuencia de una radiación determinada y su longitud de onda. Por ejemplo, ondas de audio frecuencias tienen longitudes de onda del orden de los kilómetros, mientras que sistemas de comunicaciones radiales de alta frecuencia operan con ondas que tienen longitudes de onda del orden de los milímetros. Por acuerdos internacionales se han asignado determinadas bandas de longitudes de onda, posibles de ser empleadas en determinadas aplicaciones, especialmente en el área de las comunicaciones: radiodifusión, televisión, usos militares, radar, etc.

Se ilustra a continuación un gráfico que muestra el espectro de las ondas electromagnéticas.



La luz visible corresponde a solo una estrecha banda del espectro electromagnético que incluyen muchos tipos de onda. Los rayos gamma tienen una frecuencia extremadamente elevada y una longitud de onda baja. Las ondas de radio tienen una frecuencia mucho menor y una gran longitud de onda.

Cada color de la luz visible corresponde a una frecuencia particular del espectro. La luz violeta tiene la menor longitud de onda que puede detectar el ojo humano y el color rojo la mayor.

¿Cuál es la longitud de onda correspondiente a una frecuencia de 430,130 MHz?
0,697 m

TEMA 7 Transmisión radioeléctrica

Introducción

La limitación inherente a la comunicación por medio de ondas sonoras, a medias y grandes distancias, es un hecho conocido por todos, y ha constituido un verdadero caballo de batalla de muchos científicos e investigadores, que dedicaron gran parte de sus esfuerzos a la búsqueda de otras formas de enlace entre las personas que, de algún modo, salvaran las dificultades de la comunicación directa.

Así, en la década de 1830, Samuel F.B. Morse puso en práctica la comunicación telegráfica, y no fue hasta el año 1876, en que Alexander Graham Bell construyó su primer teléfono, resolviendo el problema de la comunicación hablada entre dos puntos lejanos. Con estos descubrimientos, el problema de la comunicación a distancia aún no estaba suficientemente resuelto, pues tanto el telégrafo como el teléfono exigen que un cable comunique los aparatos transmisor y receptor. En el año 1888, el físico alemán Heinrich Hertz comprueba la existencia real de las ondas electromagnéticas (que desde entonces llevan el nombre de ondas hertzianas), demostrando que tenían todas las propiedades de la luz: reflexión y refracción, interferencias, difracción, polarización y velocidad de propagación.

El francés Edouard Branly observó, en 1890, que la conductividad de las virutas de metal encerradas en un tubo de vidrio, podía ser alterada por las ondas hertzianas y en Pontecchio, cerca de Bolonia (Italia), un hombre de 22 años de edad experimentaba, en 1897, un invento producto de su ingenio, que supondría el inicio de lo que más tarde sería la revolución más grande de la humanidad en materia de comunicación. Nos referimos, como el aspirante puede suponer, a la radio y a su inventor Guillermo Marconi.

Casi simultáneamente en Kronstadt, Rusia, el profesor A.S. Popov mejoró el cohesor de Branly puesto que las virutas de metal una vez que habían recibido una onda, su resistencia caía y se mantenía baja paralizando el sistema hasta que las virutas se liberaran otra vez. Branly lograba esto, golpeando la mesa, pero Popov usó la misma señal para restablecer la sensibilidad del receptor. Al igual que Hertz, Popov tuvo una vida muy corta. Murió en 1906 a la edad de 45 años. A partir de aquí, la comunicación hablada con ondas hertzianas, que por aquel entonces se llamó telegrafía sin hilos, y que luego adoptó el apelativo de radiotelefonía, fue problema de pocos años.

A principio de los años veinte apareció la radio y cientos de emisoras proliferaron por todo el mundo. Las ondas hertzianas, pertenecientes a la familia de las ondas electromagnéticas, presentan dos grandes ventajas frente a las ondas sonoras, en lo que a comunicación se refiere. En primer lugar, no necesitan de ningún medio "físico" para trasladarse (al contrario de las ondas sonoras, que requieren el aire, el agua o algún otro soporte de transmisión); la prueba resulta patente: la luz del sol y de las estrellas (que, como luz, son ondas electromagnéticas), llegan hasta nosotros a través del vacío del espacio interestelar, lo que sería poco menos que imposible si, para su propagación, necesitaran un medio concreto.

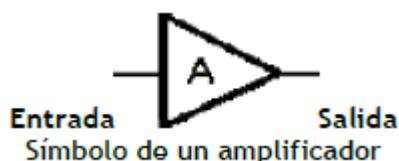
La segunda ventaja es su velocidad de propagación; mientras las ondas sonoras se propagan en el aire a una velocidad de 340 m/seg., las ondas electromagnéticas lo hacen a 300.000 Km/seg. (Cerca de un millón de veces más rápido).

A pesar de esta clara diferenciación entre los dos tipos de ondas, ambas presentan muchos puntos de utilización comunes, razón por la que hemos insistido tanto en los medios empleados en la comunicación sonora. Por ejemplo, las ondas electromagnéticas también se atenúan con la distancia y, aproximadamente, en la misma proporción que lo hacen las ondas sonoras.

No obstante, el aspirante a radioaficionado, se preguntará aún por qué razón, si ambos tipos de ondas tienen similares características de atenuación, lleguen más lejos las radiaciones electromagnéticas. La respuesta a esta cuestión se obtiene haciendo un sencillo cálculo, ya que cualquier receptor de los actuales es 100 veces más sensible que el oído humano mejor dotado (cada uno en su campo), y además hay emisoras que transmiten con una potencia 10.000 veces mayor que el grito más alto que pueda emitir una garganta del hombre. Sólo queda multiplicar y sacar conclusiones.

La amplificación

Los amplificadores son circuitos que se utilizan a aumentar (amplificar) el valor de la señal de entrada (generalmente muy pequeña) y así obtener una señal a la salida con una amplitud mucho mayor a la señal original.



Un amplificador incrementa la amplitud de una señal manteniendo la forma de onda.

Algunas veces la amplificación puede causar que la señal a la salida del amplificador salga distorsionada causada por una amplificación muy grande.

Hay que tomar en cuenta que un amplificador no puede tener en su salida niveles de voltaje mayores a los que la fuente de alimentación, que lo alimenta, le puede dar.

Ejemplo: Si el amplificador es alimentado por 12 Voltios. La señal de salida no podrá tener un voltaje mayor a este.

Nota: Para aumentar la potencia de salida de un amplificador normalmente se aumenta la cantidad de corriente que éste puede suministrar. Acordarse que:

$$P \text{ (potencia)} = V \text{ (voltaje)} \times I \text{ (corriente)}$$

Si no puede aumentar el voltaje hay que aumentar la corriente.

Un caso muy común de amplificador es el que usa transistores bipolares, hay otros que utilizan amplificadores operacionales, tubos o válvulas electrónicas, FETs, etc.

Un amplificador incrementa la amplitud de una señal manteniendo la forma de onda.

La modulación

Todos los argumentos en torno a las ventajas de las ondas electromagnéticas no servirían absolutamente para nada si todo se quedara ahí, ya que una onda electromagnética “pura” no es más que eso: un vehículo que no transporta ningún pasajero, es decir, una radiación que no conlleva ningún tipo de información. Es lo mismo que si nos asomamos una noche a una ventana de nuestra vivienda, nuestro oído será capaz de percibir un cierto ruido, un rumor más o menos lejano, que no nos dirá más que “algo” o “alguien” lo está produciendo: se trata, pues, de ondas sonoras sin información útil para nosotros.

La primera idea que se nos ocurre para que una onda electromagnética lleve algo de información (“porte” información), es la de interrumpirla a intervalos más o menos frecuentes. De esta forma se pondrán en evidencia dos situaciones perfectamente diferenciables: o hay una señal o no la hay. Incluso podemos avanzar un poco más, en el sentido de hacer que los intervalos en los que existe señal puedan tener duraciones diferentes. De esta forma seremos capaces de distinguir no sólo la existencia o no de la señal, sino su mayor o menor duración.

Así fue como se realizaron las primeras transmisiones de radio, aprovechando un código que Morse había inventado años antes (el “código Morse”), consistente en asignar a cada letra, número y/o signo ortográfico uno o varios intervalos de distinta duración (conocidos como rayas y puntos). Espaciando adecuadamente la transmisión de los códigos correspondiente a cada letra, puede enviarse un mensaje inteligible que puede ser descifrado por el receptor.

El código Morse puede asimilarse al lenguaje hablado, siempre y cuando exista un acuerdo preestablecido y conocido por el que lo emite y por el que va a recibirlo, haciendo así posible un entendimiento por medio de sonidos.

Ya sabemos, por tanto, como imprimir información a una onda electromagnética. Sin embargo, este sistema de comunicación requiere del aprendizaje del código Morse, de la misma forma que el lenguaje hablado precisa conocer el significado de cada palabra y la sintaxis correspondiente. Además el código Morse jamás sería capaz de transmitir una información de tipo musical o visual, que son las que más fácilmente traducimos. Por todas estas razones, es evidente que este sistema no resulta satisfactorio para la transmisión de la información que, habitualmente, el hombre utiliza.

El concepto de modulación comienza ya a visualizarse, y para comprender mejor su significado recurriremos a un ejemplo que ilustra mejor la idea.

Se llaman vocales, en lenguaje hablado, a las letras que se pronuncian con tan sólo emitir la voz. En castellano son cinco, y resulta muy fácil comprobar que una suena de distinta forma que la otra tan solo con cerrar más o menos la boca, y con poner la lengua en una u otra posición. En estos casos se dice que modulamos la voz, porque lo único que hacemos es modificar una corriente de aire, salida de nuestra garganta, para que una determinada vocal suene de una forma u otra.

A la corriente de aire podríamos darle el nombre de portadora, pues se trata del vehículo que llevará o “portará” la modulación que le imprimamos con la boca y/o lengua. Evidentemente, esta portadora, por si sola, no es sonido, o dicho de otra forma, no transporta lo que venimos llamando información.

Esto tan sencillo y que tan habituados estamos a hacer a diario es lo que acontece en una emisora de radio. Se crea una onda portadora (el equivalente a la corriente de aire) que se lleva a un modulador (la boca y la lengua), para que sobre ella se imprima la información que se desea transmitir, la cual se materializa en forma de una señal moduladora (lo que expresamos con el lenguaje).

El resultado final es la onda modulada que será radiada por el espacio para que otra u otras personas puedan recogerla e interpretarla.

Tipos de modulación

El aspirante a radioaficionado ya conoce dos de los parámetros más importantes de una onda, que son su amplitud y su frecuencia. Recordemos que la amplitud da una idea del valor máximo que adoptará la onda, mientras que la frecuencia nos indicará los ciclos completos que se repiten en cada segundo.

La forma de las ondas hertzianas es idéntica a la del sonido. La única diferencia está en la frecuencia, ya que mientras en las ondas sonoras audibles rara vez se llega a los 20 KHz, las de radio pueden llegar a tener frecuencias superiores a los 10 GHz.

Aunque no se ha dicho explícitamente, ya hemos mencionado una forma de modulación cuando hablamos del sistema Morse. Se trata de dar amplitud máxima a la onda (cuando se transmite un punto o raya) y amplitud cero (intervalo entre puntos y/o rayas). Este método de modulación está basado en el “todo” o “nada”.

Se advertirá que en este caso lo que se modifica es la amplitud de la onda. Todos los sistemas que provocan una variación de la amplitud de la portadora como consecuencia del proceso de modulación, reciben el nombre de moduladores de amplitud, y la señal modulada se denomina señal de amplitud modulada, que se designa abreviadamente “AM”.

De la misma forma que hemos introducido la información en la portadora modificando uno de sus parámetros, la amplitud, también podríamos hacerlo actuando sobre el otro parámetro antes mencionado, es decir, la frecuencia.

Así, si nuestra portadora tuviera una frecuencia de, por ejemplo, 500 KHz. cuando quisiéramos transmitir un punto o una raya, podríamos cambiar la frecuencia a 510 KHz. Esa variación de 10 KHz. en la frecuencia la interpretará el receptor como la transmisión de un punto o de una raya, según su duración. La modulación que provoca una variación de la frecuencia de la onda portadora como consecuencia de la influencia de la señal moduladora, recibe el apelativo de modulación de frecuencia, y a la señal modulada se la llama señal de frecuencia modulada que se designa abreviadamente como “FM”.

Existen otros tipos de modulación, como son la de fase, por impulsos, etc., pero a los efectos de la transmisión radio-eléctrica, nos interesan los dos que acabamos de citar. Lo que es verdaderamente importante es hacerse a la idea de que para modular una onda, hay que modificar algunos de sus parámetros que la definen. Una onda portadora no posee en sí misma ningún tipo de información que pueda resultarnos útil.

La modulación de amplitud AM

Fijándonos en que la señal de audio (señal de B.F. procedente de un micrófono o de cualquier reproductor musical debidamente amplificadas) es variable, podemos hacer variar la amplitud de la portadora al ritmo de la de audio, diseñando el reproductor de forma tal que sea sensible sólo a dicha variación de amplitud y, en consecuencia, sea capaz de recoger de forma adecuada la información contenida en la onda modulada en AM.

Este es el fundamento de la modulación de amplitud utilizada en los sistemas de comunicación por radio, en los que la portadora es sólo el vehículo que transporta al conductor, que es la señal de audio, y que no nos sirve nada más que para conseguir que el conductor llegue más lejos o recorra más distancia que la recorrería por sus propios medios.

Aunque el proceso de modulación en sí es tan sencillo como acabamos de exponer, al analizar la señal modulada que se va a transmitir en forma de onda electromagnética, aparecen algunas complicaciones. Pongamos un ejemplo para verlo más claro, suponiendo que la portadora tiene una frecuencia de 600 KHz., y que la modulamos en amplitud con una señal de audio de 5 KHz.

Se puede demostrar matemáticamente, que la onda modulada es equivalente a tres señales: una de 600 KHz, otra de 605 KHz y una tercera de 595 KHz, de tal forma que la frecuencia de la primera coincide con la de la portadora, mientras que las otras dos se obtienen sumando y restando, respectivamente, la frecuencia de la portadora y de la moduladora. Si la frecuencia de la onda moduladora (la señal de audio) fuera de 20 KHz, la señal modulada seguiría siendo equivalente a otras tres, ahora con unas frecuencias de 600, 620 y 580 KHz.

Si ahora queremos transmitir una reproducción musical (que está compuesta por señales de frecuencia de hasta 20 KHz), la onda modulada se podrá descomponer en una componente central de 600 KHz y en dos conjuntos de frecuencias laterales o dicho de otra forma en dos bandas laterales, una a cada lado de la frecuencia central, ocupando cada una, una anchura de 20 KHz.

Ahora bien, cabe preguntarse ¿cuánto se puede hacer variar la amplitud? Indudablemente los extremos de tal variación son claros: uno de ellos corresponderá al instante en que la amplitud de modulación alcance la amplitud de la portadora; el otro, por el contrario debemos situarlo cuando no se produce modulación.

En el primer caso se dice que la profundidad o porcentaje de modulación es de 100 %, mientras que el segundo es cero. Entre ambos extremos se obtienen todos los valores posibles de profundidad de modulación.

Si se pretende modular la portadora con una profundidad superior al 100%, la forma de la señal será diferente de la original, produciendo una distorsión en la parte receptora.

Una emisora de radio que transmita en AM es indudable que consumirá una cierta potencia en transmitir las ondas de radio. Puesto que la amplitud media de la portadora es siempre la misma, la potencia invertida en enviar la portadora ha de ser necesariamente constante.

Sin embargo, la potencia necesaria para las bandas laterales dependerá de la profundidad de modulación. Cuando dicha profundidad sea nula, no habrá modulación, ni bandas laterales, no siendo necesaria por tanto, potencia alguna para las citadas bandas laterales.

Sin embargo, con una profundidad de modulación del 100 %, se producirán dos bandas laterales iguales, siendo inevitable emplear en cada una de ellas una potencia equivalente a la cuarta parte de la invertida para la portadora.

Para valores intermedios comprendidos entre el 0 y el 100 % de profundidad de modulación, la potencia requerida en cada banda lateral está comprendida entre el 0 y el 25 % de la empleada para la portadora. Por ejemplo, para una profundidad de modulación del 30 %, la potencia necesaria para cada banda representa poco más del 2 % de la correspondiente a la portadora.

Si tenemos en cuenta que la “información” que queremos transmitir va contenida en las bandas laterales, será fácil comprender que estamos derrochando energía, puesto que apenas un 5 % de la potencia gastada por un transmisor de AM que module con un 30 % de profundidad va a ser útil, ya que el otro 95 % se emplea para la portadora que no contiene información. En el mejor de los casos (modulación al 100 %), la potencia empleada para las dos bandas representa tan sólo el 50 % de la consumida por la portadora.

Para conseguir un mejor rendimiento en el proceso de transmisión, puede suprimirse la portadora, emitiéndose tan sólo las dos bandas laterales. Esto da lugar a la denominada modulación en doble banda lateral, o DSB (siglas inglesas correspondientes a “Double Side Band”).

Incluso puede suprimirse también una de las bandas laterales, ya que toda la información que queremos transmitir va contenida por igual en ambas; de esta forma se obtienen los sistemas de modulación en banda lateral única, conocidos de forma abreviada como BLU o SSB (del inglés: “Single Side Band”).

Indudablemente, este último sistema es el de mayor rendimiento, ya que toda la potencia consumida en el transmisor se aprovecha para transmitir la información. Todavía existen otros tipos de modulación de amplitud, con supresión y sin supresión de portadora. Entre ellos cabe destacar el utilizado por la señal de imagen de TV (video). Aparte de la ventaja que supone un mayor rendimiento en la transmisión, los sistemas que suprimen una parte o la totalidad de una de las bandas laterales ahorran también ancho de banda ocupado, ya que sólo se emplea el suficiente para poder transmitir la información útil.

Diagramas en bloque

Una forma sencilla de entender el funcionamiento de los circuitos, es estudiarlos agrupando las distintas etapas que forman el circuito en bloques, sin necesidad de dibujar los componentes que componen cada etapa. Si se desea conocer más a fondo sobre una determinada etapa, sí es conveniente estudiar el circuito electrónico. Para nuestro caso, es suficiente con entender los diagramas en bloque de los distintos transmisores y receptores.

Emisión en telegrafía A1A (CW)

El primer diagrama que estudiaremos es el de un transmisor de telegrafía (Figura 1). La primera etapa que observamos es la del:

OSCILADOR: Su función es la de generar la señal de Radio Frecuencia (RF) que, en este caso será del valor de la frecuencia a transmitir, es decir que si deseo operar en la banda de 80 metros el oscilador deberá generar una señal de RF que este comprendida entre 3.500 a 3.750 KHz.

Genera internamente señales eléctricas y tiene una salida pero ninguna entrada.

SEPARADOR: Esta etapa tiene la función de asilar el oscilador del amplificador, de forma que aunque la carga sea variable para el separador, el oscilador tenga una carga constante, lo que garantiza que la frecuencia no variará.

AMPLIFICADOR: Esta etapa es, como su nombre lo indica un amplificador de RF, que lleva el nivel de la señal que entrega la etapa separadora a un nivel adecuado para poder emitirla por la antena.

MANIPULADOR: interrumpe la portadora generada por el oscilador y de esta manera, emitimos portadora o no la emitimos.

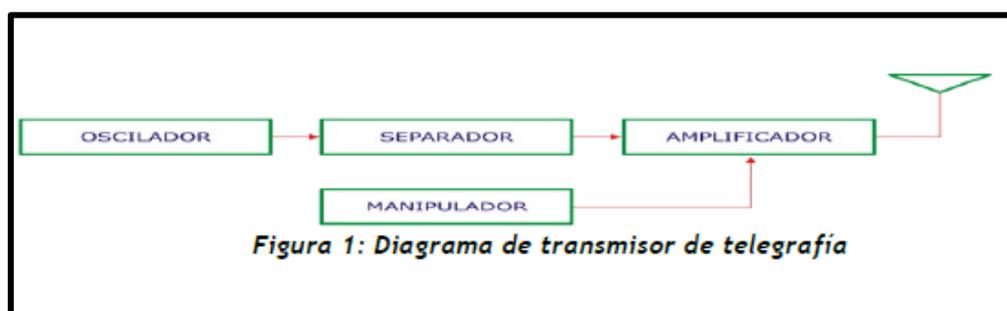


Figura 1: Diagrama de transmisor de telegrafía

En la emisión A1A se transmite portadora al ritmo que marca el manipulador.

Emisión en Amplitud Modulada A3E (AM)

Se trata de uno de los sistemas más antiguos de emisión (Figura 2). La concepción más normal de las emisoras de AM es la de variar la tensión de alimentación del amplificador de RF al ritmo de la señal de audio.

Las emisoras con esta concepción constan de las siguientes etapas:

a) Sección de Radiofrecuencia:

OSCILADOR: Es el corazón de la emisora, puesto que genera la señal de RF.

SEPARADOR: También llamado primer amplificador, que recibe la señal del oscilador y la amplifica; al mismo tiempo, establece una cierta independencia entre el oscilador y el resto de la emisora para que las variaciones de carga de la misma no repercutan en la frecuencia del oscilador, que tiene que ser rigurosamente constante.

AMPLIFICADOR DE POTENCIA DE RF: que es el que proporciona la energía que ha de pasar a la antena

b) Sección de Audiofrecuencia

MICRÓFONO: Es el transductor que genera la señal de baja frecuencia (BF)

PREAMPLIFICADOR DE AUDIO: encargado de aumentar el nivel de la señal de audio hasta el valor adecuado para excitar al amplificador de potencia del paso siguiente.

AMPLIFICADOR DE POTENCIA DE AUDIO: cuya misión es la de obtener la potencia necesaria para excitar adecuadamente el amplificador de RF, en el que está incluido el proceso de modulación.

La principal ventaja de la amplitud modulada es su sencillez constructiva, razón por la cual los radioaficionados recién iniciados prefieren este modo para armar su primer transmisor.



Figura 2: Diagrama de AM (A3E)

El modulador del emisor de Am modificara la amplitud de la portadora de acuerdo a la modulación (mensaje)

En la emisión A3E (AM) la portadora es modulada en amplitud.

Emisión en Banda Lateral J3E

La emisión en banda lateral, no es más que una variante de la emisión en amplitud modulada, siendo la señal emitida (en AM), de un ancho de banda de unos 6KHz. Como ya sabemos, la portadora no contiene ninguna información, siendo so-lamente las bandas laterales las fuentes de la misma. La portadora no es necesaria, pero si el receptor no recibe las bandas laterales conjuntamente con la portadora, la recepción resulta ininteligible.

Esto puede subsanarse, y de hecho así se hace, incorporando la portadora en el receptor, por introducción de la misma en el detector, el cual, por recibir la mezcla de la señal emitida y la de la portadora propia, generada por un oscilador de batido, recibe el nombre de detector de producto. Uno de los sistemas más simples para la supresión de la portadora consiste en mezclar la portadora de radiofrecuencia de frecuencia fija, generada por el OSCILADOR DE PORTADORA, con las señales de audio provenientes del amplificador de audio. Esta mezcla se realiza en la etapa denominada, MODULADOR EQUILIBRADO O BALANCEADO.

El ancho de banda ocupado entonces por una emisión de BLU, o sea J3E es de aproximadamente; 3 KHz.

Una señal de BLS (USB) ubicada en los 3.750 KHz., ocupa el sector de frecuencias comprendidas entre: 3.750 y 3.753 KHz.

¿Qué ventaja tiene una señal de BLS (USB) con respecto a una señal BLI (LSB)?

No tiene ninguna ventaja ni desventaja, solo presentan diferencias técnicas en el transmisor y el receptor.

¿Qué significa la sigla ALC?

Control automático de nivel.

Además de esto, el modulador balanceado debe mantener dentro de un mínimo los productos indeseables del proceso de modulación. A la salida del modulador balanceado, tenemos una señal de doble banda lateral, para eliminar una de las dos bandas laterales, se utiliza un filtro mecánico de características especiales. A la salida de esta etapa ya tenemos señal de banda lateral única.

MANUAL DE FUNDAMENTOS TÉCNICO PARA RADIOAFICIONADOS

LU1JES - ESTEBAN

Es necesario aclarar que el modulador balanceado no trabaja a la frecuencia de emisión, sino que se emplea una frecuencia fija, por lo tanto para obtener la frecuencia de trabajo mezclamos la señal de banda lateral con una señal proveniente de un OSCILADOR DE FRECUENCIA VARIABLE (OFV), y la resultante se amplifica y se inyecta a la antena para su emisión. Insistimos en que la principal ventaja de la transmisión de BLU es que se aprovecha mejor la potencia de emisión, además de la reducción del ancho de banda, que es de unos 3 KHz aproximadamente (la mitad del AM).



En un emisor de BLU el Modulador balanceado es el que modifica la portadora en amplitud, al ritmo de la modulación (mensaje)

Bloques de un transmisor de BLU: Oscilador de RF, Modulador balanceado, Amplificador de micrófono, filtro, mezclador, amplificador lineal.

En la emisión J3E (BLU o SSB) la portadora es modulada por el audio proveniente del amplificador de micrófono.

La ventaja que tiene una señal de BLU (SSB) con respecto a una señal de AM (A3E) es que el ancho de banda es la mitad y por lo tanto hace un mejor aprovechamiento del espectro radioeléctrico.

Se desea enviar como mensaje un tono de 3 KHz en una señal de BLU banda lateral inferior (BLI) cuya frecuencia es 3.500 KHz, la frecuencia de la señal modulada estará dada por una componente a 3.497 KHz.

¿Cuál es habitualmente, la impedancia de salida de los transceptores que se comercializan para uso de radioaficionados?
50 Ω .

¿A qué se llama amplificador lineal?
A la etapa que amplifica la potencia de RF de un transmisor.

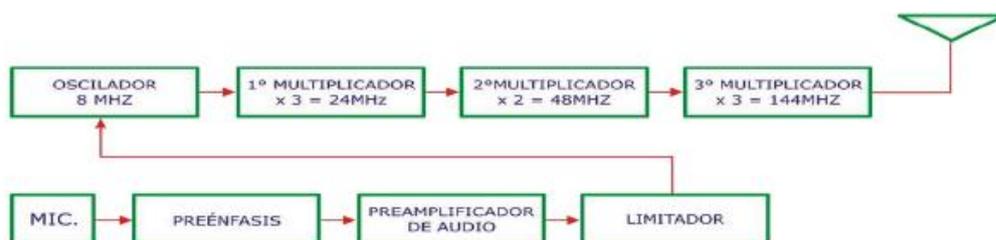
Emisión en Frecuencia Modulada F3E

En un emisor de FM, la señal de audio del micrófono pasa por un filtro que atenúa los agudos (llamado circuito de preénfasis), con lo que resultan amplificados los graves.

La justificación de este proceso, extraño a primera vista es la siguiente: debido a los circuitos multiplicadores de frecuencia que existen en este transmisor, las señales de, por ejemplo, 100 Hz, después de ser multiplicadas varias veces producirían una desviación de 400 Hz, mientras que una señal de 2 KHz produciría una desviación de 8 KHz, y una de 3 KHz produciría una de 12 KHz, que es casi el límite ya que es difícil de encontrar una voz que supere la frecuencia de 3 KHz. Es evidente que los sonidos graves producen menos desviación que los agudos y por lo tanto modularán menos la onda portadora, lo que significa que cuando la señal sea débil no oiremos los graves y si los agudos con lo que se perdería calidad. Luego sigue un preamplificador de audio, al que le sigue un LIMITADOR, que amplifica las señales del micrófono, impidiendo la existencia de señales que superen el umbral del limitador.

Esta señal se mezcla con la de un oscilador variable de 8 MHz. La frecuencia obtenida a la salida del oscilador se multiplica en varios pasos hasta conseguir la frecuencia de trabajo. Para el caso de la figura 7, para pasar de los 8 MHz del oscilador a los 144 MHz a la salida, ha sido necesario multiplicar la frecuencia inicial por 18, para lo cual se han empleado dos triplicados y un doblador de frecuencia. El ancho de banda de una transmisión de FM en la banda de 2 metros (144 MHz) es de 16 KHz.

Por último la señal se aplica a un AMPLIFICADOR para obtener la potencia necesaria en la antena.



El ancho de banda de una emisión F3E (FM) de banda angosta, habitual en la banda de 2 metros es: 3 KHz.

Receptores de radio

El receptor de radio es el encargado de recibir y de "interpretar" las ondas emitidas por un transmisor. Es el que debe extraer la información que se transmite por cualquiera de los medios vistos anteriormente. Desde los primeros aparatos, hasta nuestros días, los receptores de radio, han sufrido una profunda evolución, pasando de ser unos equipos de bastante complejidad y excesivamente voluminosos, a los más modernos receptores de pequeño tamaño, capaces de ser transportados en el bolsillo.

Receptor elemental

Un receptor de radio de AM, en su versión más sencilla, se compone de las siguientes partes:

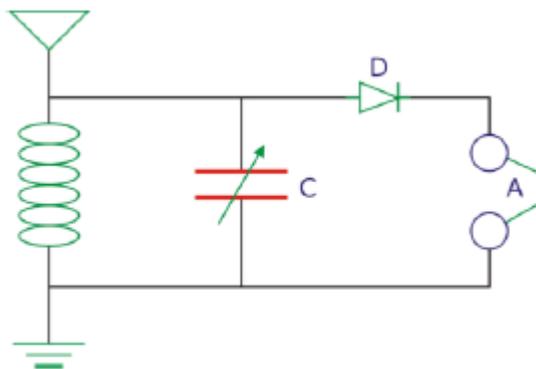
- ✓ Antena
- ✓ Tierra
- ✓ Circuito de sintonía
- ✓ Circuito detector
- ✓ Transductor de sonido

Un sencillo aparato, compuesto únicamente de los elementos que hemos enumerado, es el que se conoce con el nombre de receptor de "galena", apelativo que se remonta a la primera época en la que se utilizó dicho material como base del circuito detector.

El sistema aún sigue teniendo vigencia, sobre todo entre los que recién comienzan a experimentar en este apasionante mundo de las ondas, habiéndose sustituido el detector de "galena" por un diodo de germanio, que posee características similares a su antecesor

Su funcionamiento es muy simple: Las señales de radio son captadas entre la antena y la tierra y enviadas al circuito de sintonía, el cual está formado por la bobina L y el condensador variable C.

Mediante este dispositivo se seleccionará la emisora deseada, ya que el circuito presentará una baja impedancia para el resto de las frecuencias, derivándolas hacia tierra. La señal obtenida llega al diodo detector D y se aplica al transductor, que es el elemento más simple capaz de transformar la señal detectada en sonido audible, es decir, unos auriculares (indicados con la letra A).



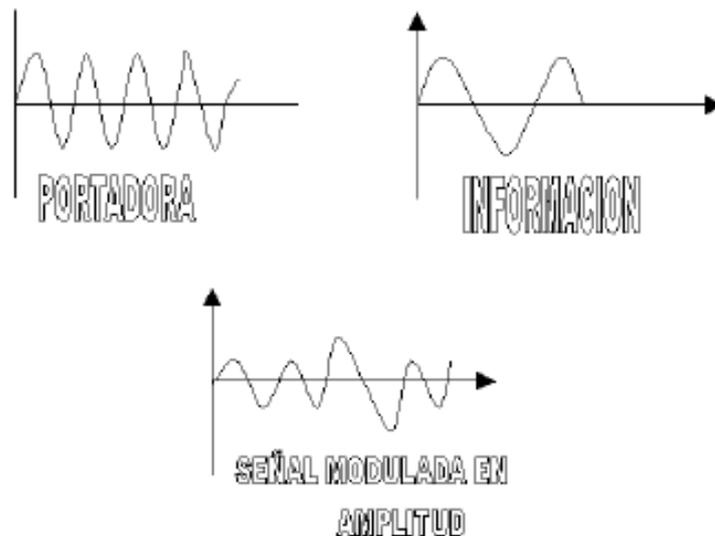
Lo más destacable a considerar en este receptor es la ausencia de amplificadores, lo que significa que el mismo no requiere ningún tipo de alimentación.

Explicaremos las etapas que forman parte de un receptor de AM, FM y BLU.

Recepción de A3E (AM)

Una vez que es captada por la antena, las señales de radio se llevan a un **AMPLIFICADOR DE RADIOFRECUENCIA**, de esta forma se aumenta la sensibilidad del sintonizador, ya que permite hacer llegar a la etapa siguiente señales que son muy débiles en la antena. No obstante, si las señales de radio son muy fuertes, pueden resultar perjudicial darle mayor ganancia (hasta el punto de distorsionarla), por lo que se suele incorporar un mando que permite eliminar la amplificación de este paso, para utilizarlo sólo con las señales débiles. Un buen amplificador de RF, nos brindará un receptor con buena sensibilidad, entendiéndose por sensibilidad, la capacidad que tiene un receptor de escuchar las señales muy débiles.

Un receptor superheterodino de clase de emisión A3A (AM o amplitud modulada) en bloque posee: Amplificador de RF, Mezclador, Oscilador de RF, Amplificador de FI, Detector, Amplificador de audio y parlante.



OSCILADOR LOCAL: Genera una señal cuya frecuencia se varía con el mando de sintonía. Dicha frecuencia es siempre mayor que la de la señal que envía la etapa anterior, en una cantidad igual al de la llamada frecuencia intermedia, cuyo valor es elegido previamente por el fabricante. Aunque no existe normalización alguna de dicho valor, los más usuales son los de 455 KHz para AM y 10,7 MHz para FM.

MEZCLADOR: Se encarga de mezclar la señal procedente de la etapa de RF con la que genera el oscilador local. El proceso de la mezcla da como resultado la aparición de dos señales, una cuya frecuencia es igual a la suma de las respectivas frecuencias que se mezcla, mientras que la otra tiene una frecuencia equivalente a la diferencia de las mismas. El fenómeno de mezclar dos señales se conoce como "heterodinar", por lo que a éstos receptores se los conoce con el nombre de "superheterodinos".

El mezclador produce la conversión de la señal captada en otra señal de las mismas características pero de frecuencia distinta para que pueda ser filtrada y amplificada con mayor facilidad.

La única señal que se aprovecha es la de frecuencia diferencia, que es precisamente la frecuencia intermedia antes mencionada, apelativo debido a que dicha frecuencia tiene un valor comprendido entre la de radio frecuencia que se sintoniza y la de audio (o baja frecuencia), que es el producto que deseamos obtener para aplicarlo al parlante. El proceso llevado a cabo en esta etapa no varía para nada la información que lleva impresa la onda de radio, sino tan sólo su frecuencia.

Por ejemplo: Si recibimos por la antena una señal de 680 KHz, se mezclará luego con una señal generada en el oscilador local de 1135 KHz, a la salida del mezclador tendré dos señales: una es la suma, es decir 1815 KHz, y otra es la resta o sea 455 KHz. La frecuencia suma se descarta y sólo se usa, como dijimos, la frecuencia diferencia. Si ahora recibimos una señal de 720 KHz, tendré que generar con el oscilador local una frecuencia tal que la diferencia de 455 KHz. Y así para cualquier frecuencia que sintonice. Esto se consigue usando un capacitor variable doble, de manera que cuando se gire el mando para sintonizar una emisora, se varía al mismo tiempo el capacitor que gobierna al oscilador local. De esta manera siempre se generará una señal cuya frecuencia diferirá 455 KHz de la sintonizada. Por lo tanto las etapas siguientes se ajustan a la frecuencia intermedia y no a la frecuencia de la señal recibida en la antena. Esto trae una gran ventaja que: mejora la selectividad del receptor. Nos queda definir la Selectividad como la capacidad que tiene el receptor de evitar las interferencias de estaciones potentes y cercanas a la frecuencia de trabajo.

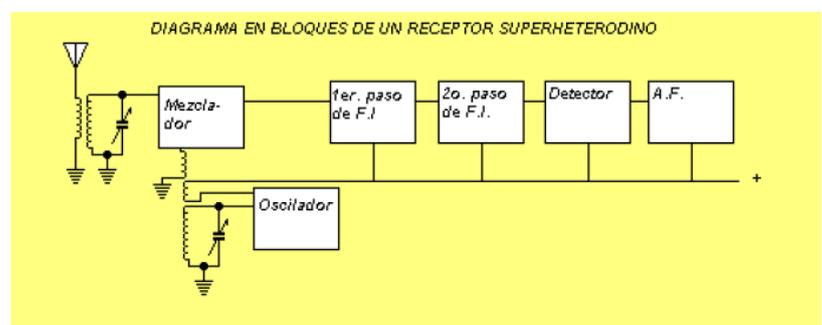
AMPLIFICADOR DE F.I.: En esta etapa se amplifica la señal hasta el nivel requerido por la etapa siguiente. Permite obtener ganancia y selectividad.

DETECTOR: También llamado DEMODULADOR. Es la etapa encargada de extraer la modulación (mensaje) contenida en la señal. Se llama detector porque permite detectar la información contenida en la señal de radio. Aquí se elimina la portadora y queda la señal de audio.

AMPLIFICADOR DE AUDIOFRECUENCIA: La señal de la etapa anterior es muy débil para excitar un parlante, por lo que debe agregarse esta etapa para que el nivel de audiofrecuencia llegue al valor adecuado para excitar un parlante o auriculares.

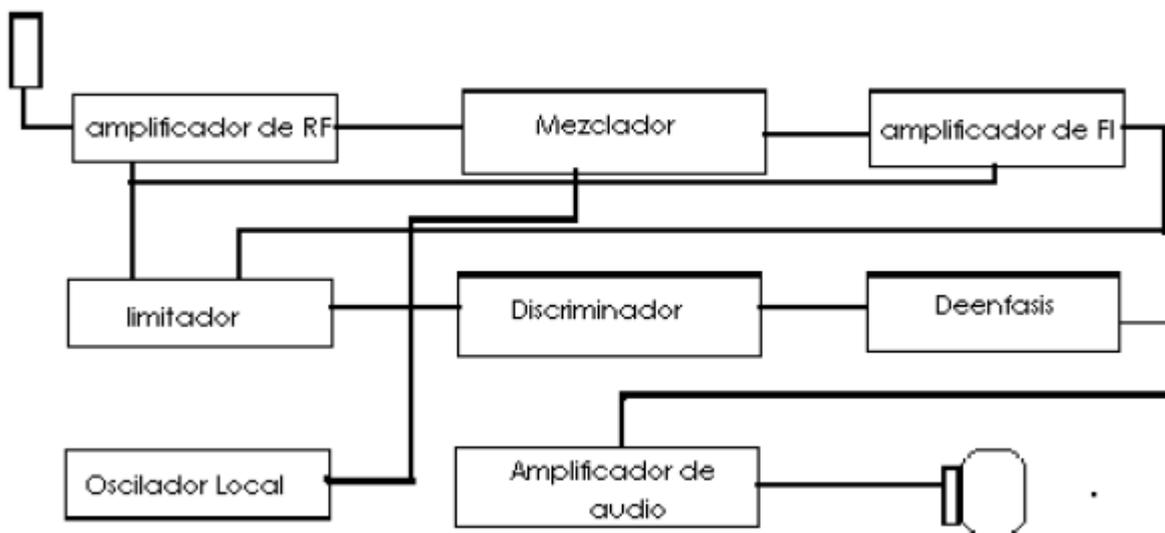
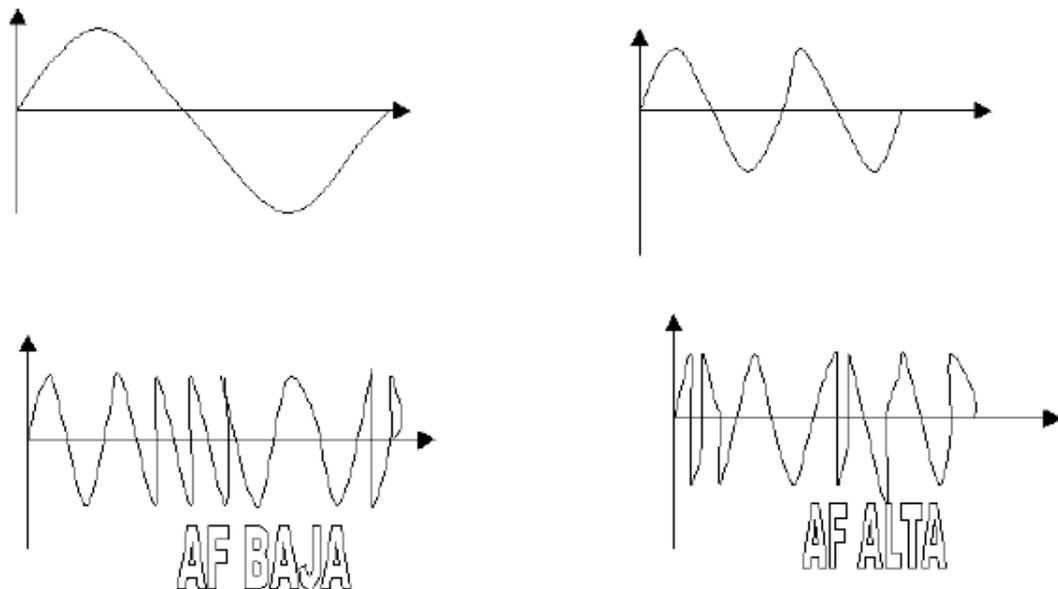
Este receptor puede recibir señales moduladas en amplitud, AM

En un receptor, el amplificador de audio frecuencia: d) Amplifica la señal demodulada.



Recepción en F3E (FM)

El diagrama en bloque de la figura, nos muestra un receptor de FM, en el que vemos casi las mismas etapas que el receptor de AM. Excepto que existe una etapa llamada LIMITADOR que no existe en el receptor de AM. Como sabemos, la modulación en una onda de FM va contenida en las variaciones de su frecuencia y no en las de su amplitud. La misión de esta etapa es la de recortar o "limitar" la amplitud de la señal, para eliminar cualquier variación que pudiera existir en dicha amplitud y que podría dar lugar a distorsiones en la etapa siguiente. Aunque la portadora está modulada en frecuencia, puede llegar al receptor acompañada de otras que la modulan en amplitud, y cuyo resultado es la introducción de parásitos indeseables que producen ruidos molestos en la recepción.



En un receptor, ¿qué etapa está inmediatamente después de la antena?
Amplificador de RF.

Si la señal de una estación en VHF llega muy débil, al límite del umbral del Squelch, ¿qué señal le daría?
S-1

Los "Handies" bibanda utilizados por los radioaficionados, ¿en qué clase de emisión emiten?
F3E

El demodulador de FM

La detección de señales moduladas en frecuencia se lleva a cabo por medio de un doble proceso:

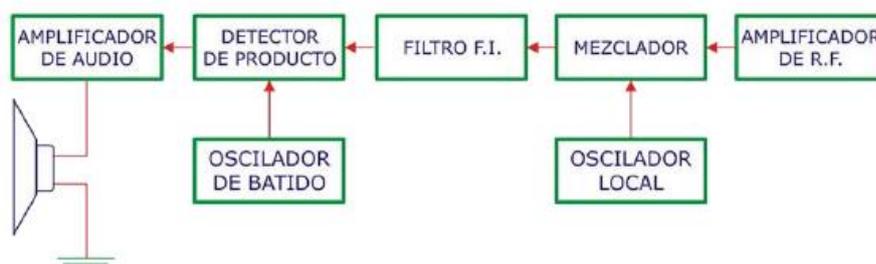
1 - Las señales de FI (frecuencia intermedia), moduladas en frecuencia y de amplitud constante, se aplican a un circuito llamado discriminador, el cual proporciona a su salida variaciones de amplitud proporcionales a las variaciones de frecuencia, es decir, que la señal de salida está modulada tanto en frecuencia como en amplitud.

2 - Las señales proporcionadas por el discriminador se someten a un proceso de rectificación y filtrado, similar al de AM, con el que se detectan las variaciones de amplitud que constituyen la señal de baja frecuencia o señal de audio.

Así pues un detector de FM consta de un discriminador y de un detector de AM, aunque se suele dar al conjunto de los dos circuitos el nombre de discriminador.

Receptor de J3E (BLU o SSB)

Un receptor de BLU por el tipo de señal que debe manejar utiliza etapas especiales, el diagrama en bloque se muestra en la figura.



Esquema de un receptor de BLU

Bloques de un receptor de J3E (BLU o SSB): Amplificador de RF, Mezclador, oscilador de RF, Filtro, Amplificador de FI, Limitador, Discriminador de frecuencia, amplificador de audio y parlante.

Las primeras etapas son las ya vistas. La particularidad de estos receptores radica en el detector o demodulador que recibe el nombre de DETECTOR DE PRODUCTO.

El ancho de banda de una señal de BLU (SSB) es el mismo que el del mensaje.

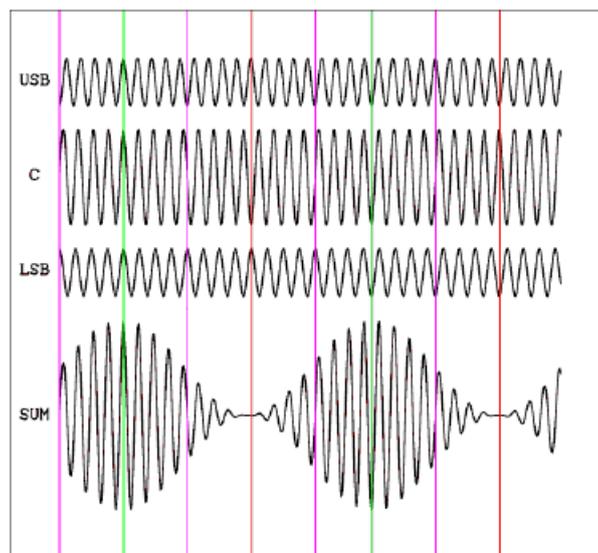
Cuando se receptionan dos señales de BLU (SSB) que están en una misma frecuencia:

Se escucharán las dos, de acuerdo a la intensidad que se reciben.

Si por error se selecciona la BLI (SLB) en BLU (SSB) para recibir una señal de banda superior:

Se escuchará una señal ininteligible.

Señal de BLU



USB= BLS y LSB=BLI

La señal de BLU que sale de la etapa de FI, carece de portadora, por ese motivo para poder demodularla, se debe inyectar la portadora.

La portadora, que la generamos en el receptor con el OSCILADOR DE PORTADORA, se inyecta en el detector de producto y se mezcla con la señal de FI. La salida del detector es señal de audiofrecuencia que se aplica a la etapa amplificadora de audio.

Otra etapa que poseen estos receptores es la de CONTROL AUTOMÁTICO DE GANANCIA (CAG).

La misión de esta etapa es la de tomar una muestra de la señal de audio a la salida y reinyectarla en el amplificador de radiofrecuencia. Si la señal a la salida es muy grande, inyecta en el oscilador una tensión para que disminuya la ganancia del oscilador.

Por el contrario, si la señal a la salida es muy baja, inyecta en el oscilador una tensión tal, que hace que aumente la ganancia del oscilador.

Desde la antena, en un receptor, ¿cuál es la etapa que antecede al amplificador de F.I.?
Mezclador.

Desde la antena, en un receptor, ¿cuál es la etapa que está inmediatamente después del detector?
Amplificador de audio.

Desde la antena, en un receptor, ¿cuál es la etapa que está inmediatamente antes de la etapa detectora?
Amplificador de F.I.

¿Cuál es la velocidad de las ondas electromagnéticas en el espacio libre?
300.000 Km/s.

Si una estación en la banda de 80 metros llega con muy buena señal, ¿qué señal le daría?
S-9 + 20 dB

Sensibilidad

El receptor tiene capacidad para escuchar (sintonizar) señales muy débiles.

La sensibilidad de un receptor se define como la señal de entrada necesaria para que a la salida tengamos un valor de señal + ruido superior (usualmente en 10 dB) a la salida de ruido del receptor. Un receptor perfecto (exento de ruido) no generaría ruido interno y la sensibilidad estaría limitada únicamente por el ruido térmico. Afortunadamente, en nuestro caso, al trabajar en torno a los 70 MHz, se minimizará el problema del ruido externo que suele presentarse de modo acusado por debajo de los 30 MHz.

El movimiento aleatorio de los electrones, o ruido de agitación térmica, es proporciona la temperatura absoluta e independiente de la frecuencia cuando el ancho de banda total y la impedancia de entrada del receptor son constantes. El ruido se expresa en forma de una resistencia de ruido equivalente, o bien como el valor de resistencia que, conectada en el circuito de entrada de una etapa, produciría un ruido a la salida del circuito equivalente al ruido del dispositivo amplificador de la etapa.

El grado de aproximación de un receptor práctico a un receptor “perfecto” con anchos de banda iguales recibe el nombre de factor de ruido del receptor. Este factor queda definido por el cociente entre la relación señal ruido a la entrada y a la salida del receptor, de forma que cuanto mayor es el factor de ruido, más ruidoso es el receptor.

La cantidad KTB representa la potencia de ruido térmico a la entrada de un receptor con ancho de banda B a la temperatura T, suponiendo éste producido por una carga resistiva (antena). Si se hace pasar la señal a través de un receptor que amplifica sin añadir ruido, la relación entre la potencia de la señal y la potencia de ruido en la salida del receptor será la misma que en la entrada y el factor de ruido (F) será la unidad. Si el receptor añade ruido adicional, F será mayor que la unidad. El factor de ruido de un buen receptor de HF (3 MHz a 30 MHz) está comprendido entre 5 y 15 dB; un factor de ruido mejor que éste es de poca utilidad considerando el elevado nivel de ruido atmosférico. En el espectro de VHF los factores de ruido bajos son extremadamente útiles ya que el nivel externo de ruido es muy pequeño.

Selectividad

La selectividad de un receptor es la aptitud que tiene para distinguir entre la señal deseada y las señales de frecuencias adyacentes muy próximas. O sea evitar interferencias en la frecuencia de operación.

El ancho de banda, o banda de paso del receptor, debe ser suficientemente amplio para dejar pasar la señal y sus bandas laterales si se desea una reproducción fidedigna de la señal. La sensibilidad dependerá de:

- Los circuitos de sintonía de la sección de entrada.
- Los posibles filtros que puedan aparecer en etapas posteriores como pueda ser la de F.I.

Para la recepción de una señal de radiodifusión AM, se requiere una banda de paso de 10 kHz aproximadamente. La respuesta de la banda de paso en banda lateral única puede ser tan pequeña como 2 kHz para recepción de voz. Cuando se reduce la banda de paso del circuito, los requisitos de estabilidad de frecuencia del transmisor y receptor se hacen más estrictos lo que implica que, a veces, la anchura de banda práctica en los receptores sea mayor que el valor mínimo teórico para compensar el posible deslizamiento de frecuencia.

Receptores y transceptores

En redes de computadoras y telecomunicación, el término transceptor se aplica a un dispositivo que realiza, dentro de una misma caja o chasis, funciones tanto de transmisión como de recepción, utilizando componentes de circuito comunes para ambas funciones.

Dado que determinados elementos se utilizan tanto para la transmisión como para la recepción, la comunicación que provee un transceptor solo puede ser semiduplex lo que significa que pueden enviarse señales entre dos terminales en ambos sentidos, pero no simultáneamente. Los receptores son dispositivos específicamente destinados a recibir señales de Radio.

MANUAL DE FUNDAMENTOS TÉCNICO PARA RADIOAFICIONADOS

LU1JES - ESTEBAN

Un transceptor es un equipo: Que reúne las funciones de transmisor y receptor.

El PTT de un equipo es: El interruptor que debe presionar para transmitir.

La antena puede ser desconectada del transmisor y operar en vacío: c) Nunca.

En un transceptor, por medio del comando RF GAIN.

Se controla la ganancia de la sección de radio frecuencia del receptor.

En un transceptor, por medio del comando AF GAIN:

b) Se controla la ganancia de la sección de audio frecuencia del receptor.

En un transceptor, por medio del comando SQUELCH:

Se silencia el audio cuando a la entrada del receptor no se detecta señal en la frecuencia de trabajo.

En un transceptor, por medio del comando MODE:

Se selecciona los modos de operación AM, BLU (SSB), BLU (LSB), CW y FM.



Tema 8 Propagación

Ondas electromagnéticas

Ondas de radio, radiación infrarroja, luz visible, rayos ultravioleta, rayos X, rayos gamma son formas de energía radiante en forma de ondas electromagnéticas. Estas ondas son portadoras de energía, pero los efectos que ésta puede provocar depende de la frecuencia de las mismas, o lo que es lo mismo, de su longitud de onda.

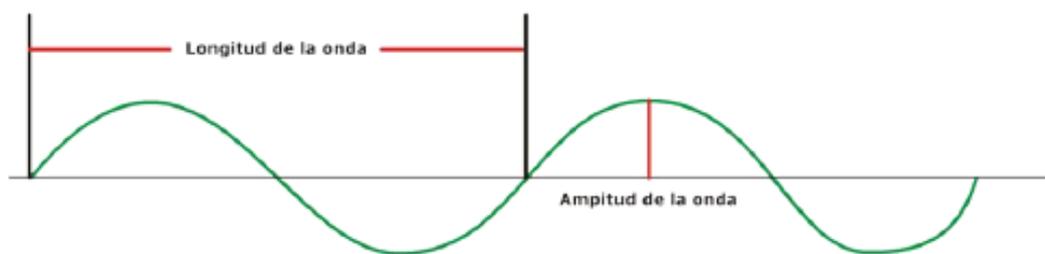
Todas estas formas de radiación son similares, por cuanto se explican por los mismos principios físicos.

La gran variedad de ondas existentes en el universo forman lo que llamamos el “espectro electromagnético”, al que podemos definir en términos de longitud de onda o de frecuencia.

Este espectro se extiende desde las ondas extra largas existentes en el campo magnético de la Tierra, pasando por las ondas largas, cortas y milimétricas de radio, ondas de infrarrojo, ondas luminosas, ultravioletas, rayos X, hasta la infinita región de las ondas gamma y rayos cósmicos provenientes del espacio profundo.

La gama de frecuencias del espectro es considerablemente amplia, pues se extiende desde aproximadamente desde los 10.000 Hz (30.000m de longitud de onda) en las mayores ondas radioeléctricas, hasta 100 trillones de Hz, con longitudes de onda del orden del millonésimo de milímetro.

De toda esta vasta gama de radiaciones existentes en el universo, las ondas de inmediato interés en comunicaciones son las pertenecientes a la porción radio del espectro. Antes de continuar avanzando en nuestro estudio, vamos a aclarar qué significan los términos “longitud de onda” y “frecuencia”, imprescindibles para comprender todo fenómeno ondulatorio.



Podemos estudiar los principios más importantes de las ondas en algunos ejemplos sencillos y familiares a todos:

Imaginemos estar en un muelle observando las olas del mar. Consideremos que hoy son particularmente suaves y de altura uniforme. Vemos pasar ante nosotros un número determinado de crestas por segundo; digamos f . Este número f es la frecuencia de las ondas. La frecuencia se mide en ciclos por segundo. El ciclo a que nos referimos es un ciclo completo de variación; la partida de una cresta, el paso de un valle y, por último, la llegada de la cresta siguiente. A medida que una onda completa pasa ante nosotros, desde una cresta hasta la siguiente, pasando por el valle, el nivel del agua describe un ciclo completo de variación, de arriba hacia abajo y una vez más hacia arriba.

Al final del ciclo de variación, retornamos al estado original. Con relación al nivel del agua en estado de reposo, este nivel está claramente más alto en la cresta de la onda y más bajo en el valle entre dos crestas.

Las olas u ondas del océano tardan varios segundos en pasar ante nosotros, de modo que su frecuencia es de una fracción de c.p.s.

Si lo deseamos, en lugar de la frecuencia podemos medir el intervalo de tiempo entre el paso de dos crestas sucesivas; el llamado período de la onda, al que llamaremos T .

Vemos entonces que T es la inversa de f , es decir:

$$T=1/f$$

Observando las ondas, podemos estimar o medir la distancia que separa una cresta de la siguiente. Esta distancia es la Longitud de Onda.

El tiempo transcurrido entre el paso de dos ondas sucesivas es T . En este intervalo, la cresta siguiente debe recorrer exactamente una longitud de onda, para llegar a la posición de la cresta anterior. Así, pues, la onda se desplaza con una velocidad v , igual a la distancia recorrida (longitud de onda), dividida por el tiempo empleado en recorrer esta distancia (T), esto es:

$$\text{Velocidad (v)} = \text{longitud de onda} / T$$

Habíamos mencionado que T es la inversa de la frecuencia, y recíprocamente, de modo que la expresión anterior también podemos expresarla así:

$$\text{Velocidad (v)} = \text{longitud de onda} \times f$$

Podemos pues, expresar longitud de onda en función de f y f en función de longitud de onda, haciendo intervenir la velocidad v :

$$\text{Longitud de onda} = v / f \text{ y } f = v / \text{longitud de onda}$$

Cuando necesitamos calcular la longitud de onda de una radioonda, dato muy útil en diseño de antenas, por ejemplo, utilizamos la expresión:

$$\text{Longitud de onda} = 300 / f$$

MANUAL DE FUNDAMENTOS TÉCNICO PARA RADIOAFICIONADOS

LU1JES - ESTEBAN

Expresando la frecuencia en MHz, el resultado queda indicado directamente en metros.

Conviene destacar que esta fórmula permite calcular la longitud de onda de cualquier radiación del espectro electro-magnético, ya sea de ondas de radio, luz visible o rayos gamma, por ejemplo.

- ¿Qué relación existe entre la frecuencia y su correspondiente longitud de onda?
b) Son inversamente proporcionales, al aumentar una la otra disminuye.

¿Cuál es la longitud de onda correspondiente a una frecuencia de 50,050 MHz?
5,99 m

Agreguemos, además, que en la terminología de la física moderna la unidad de frecuencia se ha designado con el término Hertz, en honor al físico alemán Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894), quien en 1888 logró poner en evidencia la existencia de las ondas de radio, predichas varios años antes por el físico escocés James Clerk Maxwell

Así, una frecuencia de 50 c.p.s como la que alimenta de electricidad a nuestros hogares es una frecuencia de 50 Hertz.

Para recapitular sobre lo visto hasta aquí, es interesante capturar los siguientes conceptos:

1. Las ondas de radio, como toda radiación electromagnética, se propagan en el espacio libre a 300.000 Km/s
2. La intensidad de una onda de radio, en un punto determinado, resulta directamente proporcional a la potencia empleada e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia a la fuente.
3. Estas ondas están compuestas por campos variables de fuerza magnética y eléctrica, en cuadratura en espacio y tiempo, y su origen son las cargas eléctricas aceleradas
4. Pueden ser absorbidas, reflejadas, refractadas o concentradas en haces.
5. Pueden ser polarizadas en forma vertical, horizontal u oblicua. Se define la polarización de la onda como la figura geométrica que describe la componente de campo eléctrico a medida que la onda avanza por el espacio.

¿Cómo es la frecuencia de una armónica respecto a la frecuencia fundamental?
Es exactamente un múltiplo.

¿Cómo están formadas las ondas de radio?
Por campos eléctricos y magnéticos.

Ampliando un poco el punto 5, diremos que esta figura geométrica es en general una elipse. Bajo ciertas condiciones la elipse puede convertirse en una línea recta, en cuyo caso la polarización se denomina lineal. En el otro extremo la elipse se puede convertir en una circunferencia, en cuyo caso hablamos de polarización circular.

De acuerdo a estas condiciones, diremos que una onda está linealmente polarizada cuando el campo eléctrico de la misma se encuentra completamente en un plano que contiene a la dirección de propagación.

Dentro de la polarización lineal, se distinguen los siguientes casos:

Horizontal: el campo eléctrico se encuentra en un plano paralelo a la superficie terrestre.

Vertical: el campo eléctrico se encuentra en un plano que es perpendicular a la superficie terrestre.

Oblicua: el campo eléctrico se encuentra en un plano situado entre el plano paralelo y el perpendicular a la superficie mencionada. Esto nos indica que este tipo de polarización tiene una componente vertical y otra horizontal.

En lo concerniente a la polarización circular, comentemos brevemente que en estos casos el vector campo eléctrico puede girar en uno u otro sentido. Convencionalmente, si la onda que se aleja de nosotros gira en el sentido de las agujas del reloj, la polarización es circular derecha (dextrógira). Si lo hace en sentido contrario, diremos circular izquierda (levógira).

En enlaces por radio, es importante que la polarización de la antena del receptor sea la misma que la del transmisor. En cualquier otro caso estamos en presencia de polarización cruzada, lo cual puede introducir una pérdida importante por desadaptación de polarización, que en los casos más severos puede llegar al orden de los 25 dB. Esta condición adquiere particular importancia cuando el enlace radial se efectúa en frecuencias muy altas (VHF-UHF-SHF).

Esta breve introducción a los principios fundamentales de las ondas electromagnéticas sólo tiene la intención de estimular al lector para que profundice en tan fascinante tema, el cual es muchísimo más extenso de lo aquí expuesto. Existe una muy numerosa bibliografía que puede ser consultada para lograr este objetivo.

Solamente resta agregar que los resultados que se obtengan de esta ampliación de estudios de éste y otros tópicos relacionados con la radio, tienen el valor de lo imperecedero, ya que los conceptos aprendidos son útiles para siempre.

Espectro Radioeléctrico y propagación

Las ondas de radio son una radiación electromagnética de frecuencia comprendida entre unas pocas decenas de hercios (Hz) hasta los gigahercios (GHz, 10⁹Hz), y están formadas por un campo magnético y un campo eléctrico que se propagan por el espacio formando una onda electromagnética.

Las variaciones del campo magnético crean el campo eléctrico y viceversa, y ambos se encuentran orientados formando un ángulo de 90° entre sí y con la dirección de propagación.

MANUAL DE FUNDAMENTOS TÉCNICO PARA RADIOAFICIONADOS

LU1JES - ESTEBAN

Las ondas electromagnéticas viajan en el vacío, como el resto de las radiaciones electromagnéticas (rayos X, rayos gamma, ultravioleta...) a 299.792 km/seg, que es la velocidad de propagación de la luz, mientras que en otros medios viajan a una velocidad menor.

Las ondas de radio coexisten con otro tipo de ondas electromagnéticas, formando el denominado espectro electromagnético:

Las ondas de radio, habitualmente denominadas como radiofrecuencia (RF), ocupan una pequeña parte de todo

Nombre de la región espectral	Rango de Frecuencias
Radiofrecuencia	$3\text{KHz} - 300\text{GHz}$
Infrarrojo	$300\text{GHz} - 4.3 * 10^{14}\text{Hz}$
Luz Visible	$4.3 * 10^{14}\text{Hz} - 1.0 * 10^{15}\text{Hz}$
Ultravioleta	$1.0 * 10^{15}\text{Hz} - 6 * 10^{16}\text{Hz}$
Rayos X	$6 * 10^{16}\text{Hz} - 3.0 * 10^{19}\text{Hz}$
Rayos Gamma	$3.0 * 10^{19}\text{Hz} - 5.0 * 10^{20}\text{Hz}$

El espectro electromagnético existente. El espectro de RF se clasifica a su vez en distintas bandas, que engloban frecuencias con propiedades similares:

Abreviatura	Clasificación	Rango de Frecuencias
VLF (Very Low Frequency)	Frecuencias muy bajas	3 a 30 KHz
LF (Low Frequency)	Frecuencias bajas	30 a 300 KHz
MF (Medium Frequency)	Frecuencias medias	300 a 3000KHz
HF (High Frequency)	Frecuencias altas	3 a 30 MHz
VHF (Very High Frequency)	Frecuencias muy altas	30 a 300 MHz
UHF (Ultra High Frequency)	Frecuencias ultra altas	300 a 3000 MHz
SHF (Super High Frequency)	Frecuencias super altas	3 a 30 GHz
EHF (Extra High Frequency)	Frecuencias extremadamente altas	30 a 300 GHz

Asignación para radioaficionados

No todo el espectro de RF está disponible para el uso por los radioaficionados, sino tan sólo unos determinados segmentos en las distintas bandas. La ITU (International Telecommunication Union) asigna los distintos servicios que se emplean en cada segmento del espectro radioeléctrico, a título primario o secundario.

Dentro de cada estado, el gobierno asigna o no a los radioaficionados las bandas que son de uso secundario. Por ejemplo, de 7000 KHz a 7100 KHz está a título primario, pero de 1240 a 1300 MHz es de título secundario y hasta hace un año no se podía usar en España.

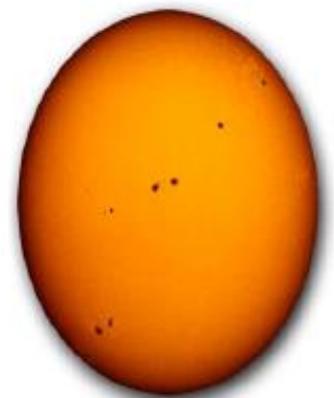
Hay que tener muy presente que el espectro radioeléctrico es finito, y que hoy por hoy, los radioaficionados disponemos de una porción muy considerable del mismo.

(λ)	NOMENCLATURA	SERVICIOS	(f)
300 nm	Ultravioleta	Telefonia	10^5 Hz
	Espectro Visible	Datos Video	10^4 Hz
1000 nm	Infrarrojo	Satelites	100 Ghz
	Milimetricas	Radar Telefonia (GPRS, UMTS...)	
1 cm	SHF	GPS	10 Ghz
10 cm	UHF	LMDS, MMDS ...	
1 m	VHF	TV comercial	1 Ghz
10 m	HF	Difusion FM	100 Mhz
100 m	MF	Difucion onda corta Balizas Aeronautica (Volmet) Trans. maritimas Fax	10 Mhz
1 Km	LF	Difusion AM	1 Mhz
10 Km	VLf	Aeronautica Cables submarinos Radiofaros, balizas	100 Khz
100 Km	Espectro Audible	Telegrafia	10 Khz
			1 Khz

El SOL y las manchas solares. La colaboración del sol

Las manchas solares y las llamaradas solares son dos características del sol de particular interés para el operador de radio. Ambos afectan directamente la ionósfera. Y en consecuencia, las comunicaciones en la porción de onda corta del espectro (HF). Las manchas solares son el rasgo superficial más obvio del sol. Grandes grupos de estas manchas son visibles sin necesidad de amplificadores. (NUNCA mire directamente al sol con el ojo desnudo, y mucho menos aun utilizando un instrumento óptico tal como binoculares o telescopio).

Conviene destacar aquí que la exposición directa de la retina puede provocar ceguera. Si puede observar el sol utilizando un filtro de efectividad reconocida para estar seguro; uno que no deje pasar más del .01% de la impactante luz a través del espectro desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. El número de manchas solares varía aproximadamente en un ciclo de 11 años.



La propagación de las ondas de radio por reflexión ionosférica en bandas de HF está influida principalmente por:
El ciclo de manchas solares.

¿Cuál es el período en que se producen los máximos ciclos solares?
11 años

Según el código de colores de resistencias, ¿cuál sería la combinación correcta para 290 Ω .
Rojo, blanco, marrón.

Ayuda desde la ionósfera

Las comunicaciones radiales a larga distancia en HF son posibles gracias a la ionósfera, una región de la atmósfera que se sitúa aproximadamente entre los 100 y los 450 Km de altura sobre la superficie de la tierra.

Cuando el número de manchas solares es alto, la radiación del sol que afecta a la ionósfera también es alta. La luz ultravioleta y los rayos X que atraviesan esta región crean iones, los cuales crean una barrera para el paso de las ondas electromagnéticas, no permitiendo que éstas se pierdan en el espacio y haciendo que se refracten hacia abajo logrando el en-lace a gran distancia. Conviene remarcar que las ondas no son exactamente reflejadas, pero sí curvadas o refractadas a través de varios estratos (capas) de la ionósfera.

Las ondas que abandonan la antena a bajos ángulos sobre el horizonte requieren menor refracción para retornar a tierra. Bajos ángulos de refracción también significan menor energía perdida y mayor distancia alcanzada. Por este motivo, los operadores se esfuerzan por obtener bajos ángulos de radiación en sus antenas. Una excepción a esta regla es cuando se desea obtener una buena cobertura local utilizando las bandas de 80 y 40 metros. En estas bandas, para coberturas de alrededor de 1.000 Km, los ángulos de radiación altos son deseables.

Un indicador útil de la actividad solar es el índice de flujo solar. Se hacen mediciones diarias de este índice en 2.800 MHz. La radio estación WWV, en Colorado, USA, transmite este valor, así como otras informaciones de interés, a 18 minutos pasada cada hora entera. La estación WWVH, de Hawái, repite este informe a 45 minutos pasada cada hora entera. Pruebe de escuchar estas transmisiones en 20, 15, 10 Y 5 MHz.

Regiones de la ionósfera

Donde la ionósfera se hace menos densa a grandes altitudes, pueden distinguirse en ella diversas capas o regiones. Estas capas tienen diferentes efectos sobre las señales que inciden en ella.

La densidad, composición y altura de las capas ionosféricas:
Cambia con el ciclo solar, la época del año, la hora y la latitud del lugar.

Región o capa D: la capa D es la de menor altitud de la ionósfera. En promedio su altura se sitúa en 80 Km. La cantidad de ionización es proporcional a la radiación solar y resulta máxima al mediodía local, cuando el sol está directamente encima sobre nuestras cabezas, en el cenit, lo que produce una gran absorción de las frecuencias de la banda de 80 m.

Esta capa puede refractar ondas de radio de muy bajas frecuencias (VLF) pero absorbe energía de radio a altas frecuencias. La absorción es mayor en frecuencias medias y en la porción más baja de la porción HF del espectro radial (1 a 10 MHz).

Como resultado, la propagación en bandas bajas (160-40 metros) está normalmente limitada a cobertura regional, por debajo de 450 Km de alcance, durante el día. A frecuencias de operación más altas, no obstante, la absorción de la capa D es menor. Menor absorción de la capa D significa que su señal será más fuerte. Usted debe tratar de operar en la banda de frecuencia más alta abierta al lugar que desea trabajar.

La región D desaparece rápidamente con la caída del sol, haciendo así posible usar las bandas más bajas para contactos de DX al atardecer, después de la puesta de sol. Durante tiempos de moderadas manchas solares estas bandas permanecerán abiertas toda la noche, hasta después que salga el sol.

La banda de 80 m ofrece razonables posibilidades de comunicarse con la Antártida:
En invierno y a la media noche.

Región E: La región útil más baja de la ionósfera para la propagación en HF es la región o capa E. Su altura aproximada sobre la superficie de la tierra es de 110 Km. La propagación por capa E a veces asiste a comunicaciones de larga distancia sobre pasillos diurnos. La región E pronto desaparece después de la puesta del sol, esto es, en horas nocturnas no existe capa E.

Propagación esporádica E (Es): Pequeñas y dispersas nubes de intensa ionización pueden formarse a la altura de la capa E. Estas nubes permiten lo que se llama propagación por esporádica E. Estos parches ionizados varían, tanto en tamaño como en intensidad y generalmente se mueven en dirección noroeste. Prevalecen mayormente al final de la primavera y al comienzo del verano en latitudes centrales (ecuatoriales). Las nubes Es son probablemente formadas por vientos cizalla a grandes altitudes, frecuentemente asociados con grandes tormentas eléctricas. Si el pronóstico del tiempo es de tormentas eléctricas a cientos de Km de su localidad, hay una buena oportunidad para aperturas de propagación por Es.

Estas aperturas son cortas en duración y erráticas, pero los niveles de señal son casi siempre altos. La distancia de salto para una típica apertura es de cientos de Km, pero no son poco comunes saltos múltiples cubriendo distancias de hasta 4000 Km. Las señales por esporádica E siguen trayectorias transecuatoriales. Esto significa que, por ejemplo, desde el territorio de USA pueden contactarse países caribeños y centroamericanos en 15, 12 Y 10m.

Con el área central de propagación trasladándose rápidamente, los QSO deben convertirse prontamente en cambios rápidos, a fin de lograr el intercambio de la información necesaria. Cuando la actividad solar es alta los efectos de esporádica E son frecuentemente enmascarados por la excelente zona de propagación F.

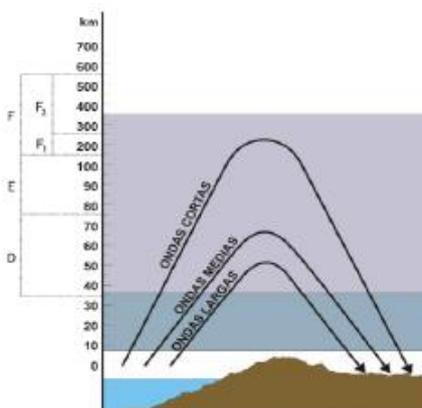
Región F: lo región de la ionósfera que permite la mayoría de los contactos en HF es la región o capa F. Durante las horas diurnas esta región se divide en dos capas: la inferior F1 y la superior F2. La región F2 es primariamente responsable por refracciones de ondas de radio en HF. A causa de la baja densidad de la atmósfera a esta altitud (280 Km) los iones toman un largo tiempo en recombinarse con electrones libres. Por esta razón, cuando la actividad solar es alta, la región F dura frecuentemente toda la noche. Los contactos de larga distancia en las bandas altas (14 MHz y superiores) son casi siempre posibles toda la noche. A raíz de que la región D ha desaparecido, éstas son las primeras horas para hacer DX en QRP.

Para una determinada localidad, la capa F alcanza gran ionización en la tarde temprano; la ionización es más baja antes de la puesta del sol. Cuando hay muchas manchas solares la región F2 frecuentemente permanece ionizada toda la noche. Cuando las manchas solares son pocas, la Máxima Frecuencia Utilizable (MUF) en la región F puede caer hasta 3 MHz, haciendo inútiles todas las bandas para DX excepto la de 160 metros. En la región F, la MUF determina ampliamente la más alta frecuencia que se puede usar para trabajar un área particular.

A raíz de que la absorción de la región D decrece a medida que se va más alto en frecuencia, se debe operar lo más cerca posible de la MUF. Esto se confirma especialmente cuando se está utilizando baja potencia. Estaciones más potentes pueden colocar señales legibles en 20 metros cuando la MUF está por encima de 30 MHz.

Recuerde: la potencia de salida de estas estaciones puede superar 300 veces la suya, y además pueden tener antenas más grandes.

Dispersión ionosférica: cuando en las horas nocturnas la MUF baja a menos de 3 MHz durante un concurso de radio, la única forma de trabajar sobre el horizonte es desparramando su señal en la fina ionósfera que aún queda. Las señales así propagadas son débiles. Si usted es operador de QRP probablemente no obtendrá muchas respuestas a su llamado CQ, pero seguramente tendrá más sueño que un operador de gran potencial.



Llamaradas solares (cuando el sol no coopera)

Las erupciones en la superficie del sol denominado llamaradas solares, a veces incrementan la absorción de la ionósfera. Las llamaradas pueden también causar tormentas geomagnéticas.

Una tormenta geomagnética, es una rotura mundial del campo magnético de la tierra. Muy frecuentemente, la absorción de la región D se incrementa como resultado de una llamarada. La consecuencia es un "apagón" de radio en ciertos pasillos (radio circuitos).

Las comunicaciones de HF que cruzan las zonas polares, realizan una parada durante varias horas, hasta que se disipan los efectos de la llamarada. Los contactos de Este a Oeste son aún posibles a reducidos niveles de señal, pero lo más aconsejable es apuntar la antena al Sur (desde el hemisferio Norte) y tratar de trabajar las estaciones cercanas al ecuador, donde los efectos son menos severos.

No todas las llamaradas, ni cada una, causan una rotura de la ionósfera. La posición de la llamarada sobre la superficie solar determina si las partículas que despedirá van o no a interaccionar con la magnetósfera de la tierra. Una de las llama-radas más grandes que se recuerda, en agosto de 1989, fue localizada en el lado oeste del sol. Como fue localizada lejos de la tierra, su corriente de partículas fue suavemente influenciada por el campo magnético de la tierra. Como resultado, casi no perturbó la ionósfera.

Las tormentas geomagnéticas a veces signan a las llamaradas solares. Una tormenta geomagnética puede comenzar 16 a 36 horas después de una llamarada.

Cuando el campo geomagnético está a niveles de tormenta, (como lo reporta la estación WWV y la WWVH) la región F está frecuentemente muy perturbada, a tal punto que parece desaparecer. La propagación en las bandas altas es con frecuencia muy pobre, pero las bandas bajas pueden usarse aún en la oscuridad.

Si usted está siendo perturbado mientras hace DX, las condiciones que ocasionan la molestia pueden trabajar para usted Muchos operadores poco duchos apagarán la radio y se irán a hacer otra cosa. Los ocasionales DX que entran en 80 o 40 metros pueden ser suyos!

¿Cuán lejos puede ir su señal?

La distancia a la cual una señal radial retorna a la tierra depende del ángulo de radiación de la señal transmitida y de la altura de la región ionosférica en la cual se refracta. Cuando la altura de la región aumenta también lo hace la distancia de salto.

La máxima distancia que puede ser cubierta de un solo salto es de aproximadamente 4.000 Km. No obstante, estos es-timados asumen un ángulo de disparo de cerca de cero grados, lo cual es prácticamente imposible de lograr con antenas reales. Cuando una onda real retorna a la tierra, está dispersada, lo que puede causar propagación de múltiples saltos. Este proceso puede repetirse muchas veces permitiendo a la señal viajar alrededor del mundo.

No obstante, la atenuación que sufre la señal en su paso por la ionosfera y por las pérdidas de reflectividad del suelo “pagan su precio” debilitando la intensidad de la señal en cada salto.

Las transmisiones de salto múltiple pierden fuerza de señal con cada salto. Un ángulo de radiación más bajo reduce el número de saltos, haciendo su señal más fuerte.

Propagación predecible

A pesar de las complejidades de la propagación, existe un método de determinación de las posibilidades de comunicación con anticipación. Han sido desarrollados programas computarizados que proveen pronósticos bastantes exactos de aperturas de bandas.

Armado con estas predicciones, usted puede seleccionar una banda para usar a cualquier hora, en cualquier día del año. Los mejores programas dan la señal esperada con el nivel de potencia deseado para diferentes frecuencias a lo largo de to-do el “pasillo” entre dos puntos de la superficie terrestre. Usted puede ajustar los parámetros del programa de acuerdo a la altura de su antena y ganancia, potencia del transmisor y sensibilidad del receptor. Esta característica es especialmente de ayuda para el operador de QRP. Los programas están generalmente provistos de los parámetros para potencias más altas, digamos por ejemplo 100 watts. Ajustando los parámetros de su estación, usted puede fácilmente darse cuenta cuán fuerte se escuchará en el otro extremo del “pasillo” que usted desea trabajar. Los programas de predicción de propagación son muy útiles para predecir aperturas de banda que usted ni sospechaba, como por ejemplo aperturas tardías en la noche en bandas altas, cuando usted pensaba que cerraban al crepúsculo. Un programa de este tipo muy difundido es el Miniprop.

Pasos de propagación

Las ondas radiales normalmente siguen el camino más corto o directo entre el transmisor y el receptor. Esto significa que la señal se propaga sobre un círculo máximo, que es el camino más corto que une dos puntos sobre la superficie de una esfera.

En realidad son dos los caminos que puede seguir la señal entre el transmisor y el receptor. A menos que las dos estaciones estén situadas exactamente opuestas una de la otra sobre la superficie terrestre (antípodas) un camino es más corto que el otro.

La mayor parte del tiempo un operador de QRP usa el camino más corto. A veces el pasillo más corto no está abierto pero el pasillo más largo puede producir contactos.

Pasos largos

Muchos operadores de DX saben que la apertura de los “pasillos” o “caminos” largos puede existir a determinada hora en un cierto lugar del mundo. Esto es particularmente cierto en 80 a 20 metros aun cuando las aperturas pueden ocurrir en cualquier banda. Durante períodos de mucha cantidad de manchas solares, aún aperturas de pasillos en 10 metros son comunes.

Un número de condiciones deben ser satisfechas antes que un operador de QRP pueda esperar usar una apertura de pasillo largo:

- 1) El paso largo será a veces mejor que el pasillo corto si la estación corresponsal está a menos de 1.000 Km.
- 2) El paso largo debe estar la mayor parte en el hemisferio nocturno, para de esta manera minimizar los efectos de absorción de la capa D
- 3) La actividad solar debe ser lo suficientemente alta para que la MUF no descienda por debajo de la banda que está usando durante las horas de oscuridad.

Finalmente, el campo geomagnético debe estar relativamente tranquilo. Esto significa un índice K menor que 4 (reportado por la WWV /WWVH)

Desde el hemisferio Norte las mejores aperturas de pasos largos son hacia el sur o suroeste en la mañana; y hacia el norte o noroeste en la tarde.

Se han hecho contactos en exceso de 30.000 Km, especialmente cuando ambas estaciones están localizadas a lo largo de la línea salida del sol - puesta del sol.

Propagación por zona gris

La línea que divide a la tierra en la región con luz (diurna) de aquella oscura (nocturna) se llama "terminador". No es una distinción divisoria exacta pero sí una estrecha banda gris que da toda la vuelta alrededor de la tierra. Cualquier punto situado sobre esta franja gris está al amanecer o al anochecer.

La región D, siendo más baja en altitud y más densa que la región F, no se ioniza tan rápidamente en la mañana. Pero la MUF de la región F puede subir rápidamente sobre la banda gris a medida que la tierra rota, mientras que la absorción de la región D es aún baja.

Al atardecer la región D desaparece rápidamente, pero la MUF de la región F desciende gradualmente. Es fácil ver por-qué las señales propagadas a lo largo de la banda gris son frecuentemente muy fuertes o potentes

Esta característica de la propagación por banda gris permite a las estaciones QRP hacer contactos de pasillos largos a increíbles distancias.

La posición de "terminador" cambia a medida que la tierra orbita el sol. El eje de la tierra no es perpendicular a la eclíptica (el plano en el que está contenida la órbita de la tierra) sino que tiene una inclinación de aproximadamente 23,5 grados.

Como consecuencia de esta inclinación, "terminador" se balancea en distintos sentidos aproximadamente 47 grados durante el año. Los límites Norte y Sur de este balanceo son llamados Círculo Ártico y Círculo Antártico (23,5 grados latitudes N y S). Durante el ciclo de 5 o 6 años de manchas solares de baja actividad, la línea gris es más efectiva en 160, 80 Y 40m.

Durante los años de gran número de manchas solares, la propagación por línea gris es posible aún en 10m.

Como “terminador” se extiende completamente alrededor de la tierra bajo las condiciones correctas, es posible trabajar cualquier área del mundo dentro de esta región. Desafortunadamente hay áreas del mundo que usted nunca trabajará sobre una línea gris, porque nunca compartirán un terminador con su localidad.

Esto sólo sería posible si el eje rotacional de la tierra estuviera inclinado 45° con respecto a la eclíptica.

Otros dos factores afectan al DX de línea gris. La hora local varía a lo largo de la longitud de terminador. Si usted desea trabajar estaciones situadas en el otro hemisferio, deberá estar frente a su equipo por lo menos 30 minutos antes de la salida del sol local. Trate de operar a las horas en que hay más radioaficionados activos. Además recuerde que la dirección de terminador no es la misma a la hora del amanecer donde usted vive que la dirección de la puesta de sol local.

Un método conveniente de calcular los pasillos de línea gris es a través de programas de computadoras tales como “MFJ Ventajas de la línea gris” o el “Geoclock”, que muestran las áreas de la tierra en horas nocturnas y diurnas.

Propagación de pasos curvos

Digamos que usted quiere trabajar Europa en 10 metros. Cuando apunta la antena hacia Europa, escucha las señales, pero débiles. Aun así, cuando usted tuerce un poco la antena hacia el sur las señales aumentan de intensidad. Por alguna razón, las señales radiales no siempre siguen el paso de círculo máximo entre dos puntos. La propagación por pasillo en curva es una razón por la que se pueden trabajar áreas del mundo en ciertas bandas aun cuando la propagación pronosticada indica que no hay apertura a esa hora.

La radio propagación por este medio existe en todas las bandas, en pasillos largos y cortos. Los pasillos largos son casi siempre en curva, por eso es necesario mover la antena fuera del pasillo esperado y ver qué pasa con la señal que usted está copiando.

Propagación durante el año

Mucha de la absorción y características refractoras de la ionósfera están estrechamente relacionadas con el ángulo de entrada de la radiación solar. Cuando el sol está bajo en el horizonte, las características de absorción cambian más rápidamente que las características de refracción. A causa de las rápidas propiedades de desviación de la ionósfera dentro de la región terminador, la propagación de ciertas frecuencias a lo largo de terminador es extremadamente eficaz.

Otro factor que afecta la habilidad de la ionósfera para refractar señales de radio es la variación estacional del ángulo de radiación solar. En marzo y setiembre, el eje de rotación de la tierra está en ángulos correctos con respecto al sol.

En junio y diciembre, el eje de la tierra está inclinado aproximadamente $23,5^{\circ}$ hacia o alejándose del sol. Este ángulo cambiante de radiación afecta el monto de radiación real que la ionósfera recibe en varias latitudes.

La reducida radiación solar del invierno genera menos iones en la ionósfera para refractar ondas radiales.

Las noches más largas dan a estos iones más tiempo para recombinar reduciendo su concentración y reduciendo la posibilidad de propagación. Entonces, las bandas de 10 y 15 metros tienden a morir después de los primeros atardeceres de invierno, aún durante períodos de gran actividad solar.

A medida que los días se hacen más largos, el ángulo de entrada de radiación solar se incrementa, resultando en un incremento de los niveles de ionización.

Fortalecida la ionósfera soportará propagación en 10 y 15 metros más allá de la puesta de sol local.

No obstante, las bandas no continúan mejorando a medida que se acerca el verano. En el hemisferio Norte comienzan a deteriorarse nuevamente aproximadamente el 21 de junio. Mientras que el incremento de radiación del verano genera más iones también calienta la atmósfera lo suficiente para causar una mezcla vertical de sus normalmente separadas regiones.

A medida que las regiones suben se mezclan con las superiores, más ionizadas, lo que resulta en una reducción en la concentración de iones y electrones libres. Esta dilución reduce la MUF y limita la propagación en bandas altas.

Este ciclo comienza a revertirse a medida que pasa el verano y se aproxima el otoño. Normalmente la mejor propagación de bandas altas ocurre durante la primavera y durante el otoño.

La propagación de las ondas radiales y los factores que la afectan son temas complejos. La lectura no es un sustituto de la experiencia. Tiempo en el aire es todo lo que hace falta para aprender las características de cada banda.

Cada banda ofrece diferentes oportunidades para el operador de QRP. Use sus 5 vatios como herramienta para explorar las condiciones en un determinado momento.

El hábil operador de baja potencia usa sus conocimientos de propagación para aprovecharla no para combatir la ionósfera.

El índice A es una medida de la actividad del campo geomagnético de la tierra dentro de las 24 horas. Los valores del índice A pueden variar entre 0 y 400 aproximadamente, aunque valores por encima de 100 son muy raros. Cuando el valor del índice A está por debajo de 10 y el campo geomagnético es relativamente estable, se pueden esperar excelentes comunicaciones.

MANUAL DE FUNDAMENTOS TÉCNICO PARA RADIOAFICIONADOS

LU1JES - ESTEBAN

La absorción de energía radial por parte de la ionósfera es baja en este momento permitiendo señales fuertes sobre los pasillos largos. Si el circuito del pasillo cae sobre las regiones polares, el valor de A debe ser bajo o la propagación se convertirá en “no existente”.

Los pasillos de bajas latitudes o aquellos que cruzan el ecuador son los menos afectados por un valor alto de A.

El índice K es similar al A excepto que K refleja más las condiciones corrientes. Esta lectura es tomada 8 veces por día. Estas geoalertas son cambiadas cada 3 horas y anunciadas por WWV /WWVH para reflejar estos nuevos valores. El índice K es más una escala logarítmica que una escala lineal del índice A.

Así, es más sensitiva en el extremo bajo de la escala, mientras que los valores altos cambian poco en respuesta a las condiciones. Este cálculo es computado para Boulder, en Colorado, USA.

Una estación al norte puede experimentar lecturas más altas, mientras una estación al sur puede tener las correspondientes bajas lecturas.

La actividad solar, como se usa en las geoalertas, relaciona las condiciones cambiantes que pueden afectar adversamente la propagación en los circuitos de altas latitudes.

Esta actividad es descripta en términos que van desde “muy bajo”, pasando por “moderado” hasta “muy alto”. Las condiciones del campo geomagnético son descriptas como “tranquilo” (calmo), “desajustado” o “activo”. Condiciones calmas se refieren a un índice A de 10 o menor, mientras que “activo” describe un índice A mayor que 27.

Agregándose a las condiciones de campo geomagnético, se incluirán las tormentas geomagnéticas y se describen como mayores o menores.

La actividad del campo geomagnético tiene el menor efecto sobre los pasillos transecuatoriales, pero un activo campo geomagnético con niveles de tormenta mayor puede cerrar la mayoría de las bandas de HF para todo menos para ondas propagadas por tierra. Otro término usado en estas geoalertas es “tibio estrato”.

Este es un término vulgar para definir la tibieza estratosférica, que es una condición estacional que existe en las regiones polares. Es esencialmente una mezcla vertical de la atmósfera que reduce el nivel de ionización en la ionósfera. Es-tos bajos niveles de ionización hacen caer la MUF y reducen las oportunidades de propagación en los circuitos que cruzan estas regiones.

Las condiciones de “tibio estrato” son primariamente un fenómeno meteorológico y son pocos los afectados por la fase corriente del ciclo solar.

Para los índices A y K, lo importante no son tanto los valores día a día pero sí su tendencia. Muchos de los factores que afectan a la propagación están relacionados con el ciclo de 27 días, que es el tiempo promedio que requiere el sol para ro-tar una vuelta completa sobre sí mismo.

Áreas de actividad solar como manchas solares, pueden durar muchos meses, y enfrentar a la tierra más de una vez. Es-tos ciclos se transforman en aparentes si los valores del flujo solar y el índice A son graficados fuera de tiempo (época).

Si usted rastrea estos números sobre las bases diarias, las condiciones corrientes de cada banda vendrán sin sorpresas. Con algo de práctica, usted será capaz de predecir qué condiciones habrá la próxima semana o el mes próximo. Toda esta información adquiere aún mayor importancia cuando se aplica a las cartas de propagación publicadas en varias revistas de aficionados.

En nuestro país estas cartas son publicadas mes a mes por el Laboratorio Ionosférica de la Armada de la República Argentina (LIARA), entidad científica que depende del SENID, (Servicio Naval de Investigación y Desarrollo). Cabe destacar también que este laboratorio atiende una radio estación, LOL, que presta un servicio horario de alta precisión.

La información actualizada disponible a través de la WWV /WWVH puede ayudar a sobrellevar las deficiencias primarias de cualquiera de estas cartas de predicción.

El promedio del flujo solar sobre el que estas cartas están basadas puede no ser una buena representación del gran rango de la actividad solar que puede tener lugar dentro del período 28 a 31 días.

Adicionalmente, las cartas deben ser preparadas con meses de anticipación y los valores estimados usados para las car-tas pueden ser un tanto diferentes del verdadero nivel de actividad solar para el período a pronosticar.

Sepa cuándo y dónde escuchar en cada banda

Cada banda de HF tiene algo que ofrecer al operador de QRP. Limitando su actividad a una sola banda o modo limita su accionar en ésta la más interesante práctica de todos los aficionados.

Imagine a un operador de DX que sólo trabaja la banda de 40 metros o un participante de un concurso (contest) que se auto limite a la banda de 160 metros. Mientras ambos se divierten, están al mismo tiempo perdiendo un segmento mucho más ancho de su hobby.

El operador QRP, ya sea de DX, concursante u operador casual, no debe perder oportunidades simplemente por auto limitarse a una o dos bandas.

Demos una mirada a las bandas más populares de HF desde el punto de vista del operador. Cada una posee sus características de propagación individual, modos de operación y los lugares particulares donde los operadores de baja potencia hacen su actividad.

La familiarización con cada una de las bandas es un proceso de aprendizaje a largo plazo. Que usted practique durante una semana de vacaciones tratando de lograr un DX no le hará un experto.

La habilidad de poder hacer contactos en cualquier banda sólo llega con muchos años de actividad intensiva. Algunos operadores han literalmente gastado sus vidas aprendiendo los pequeños trucos de cada banda. Para usted estas líneas acelerarán este proceso.

Pronósticos de propagación WWV / WWVH

Todo radioaficionado tiene una útil herramienta para determinar las condiciones corrientes de la ionósfera. Estas son las transmisiones de estas estaciones ya mencionadas.

Además de proveer las señales horarias precisas (UTC) y tonos de audio patrón, estas emisoras dan información sobre el estado corriente de la ionósfera y pronostican las condiciones de propagación para las próximas 24 horas.

Agreguemos además que las frecuencias de emisión, en la porción HF del espectro de radio, (5, 10, 15 Y 20 MHz) son frecuencias patrón, útiles por ejemplo para calibración del dial de un receptor.

Estas “geoalertas” son transmitidas a los 18 minutos pasados cada hora entera por WWV y a los 45 minutos pasados cada hora entera por WWVH.

Cinco tipos diferentes de información se incluyen en cada transmisión: flujo solar, medido diariamente a las 20:00 UTC; valor del índice A; ídem para el índice K; actividad solar y condiciones de campo geomagnético.

Cada uno de estos valores tiene relación con las condiciones presentes y futuras de las bandas de HF de aficionados. El flujo solar, como se ha dicho anteriormente, es una medición de la actividad solar. Los niveles mínimos del flujo van desde el más bajo, 60, correspondiente a sol calmo.

Estas lecturas bajas normalmente ocurren sólo durante los pocos años de la mínima cantidad de manchas solares.

Una lectura de flujo de 64/63 generalmente coincide con una cuenta de manchas cero.

La mayor parte del tiempo las lecturas de flujo superan este nivel y durante los años de gran actividad pueden exceder 250.

Frecuencia de radioaficionado

A lo largo de su viaje por el medio, las ondas de radio sufren una atenuación, que será mayor o menor en función del medio que atraviesen, pero está directamente relacionada con la banda de trabajo.

Un aspecto fundamental que modifica las características de propagación es el Sol, y en concreto, el número de manchas solares. Las manchas solares son una especie de

llamaradas creadas en la superficie del sol, cuyo efecto sobre la atmósfera es producir una mayor ionización.

Numerosos estudios muestran que el número de manchas solares se repite de forma cíclica, con una periodicidad que ronda los 11 años. Mientras nos encontramos en una época de poca actividad solar, en general las características de propagación empeoran, sobre todo en las bandas altas de HF.

Durante mediados de la década de los 90, los radioaficionados sufrimos un ciclo de baja actividad solar, que tuvo mínimo en 1996. En 2000 las condiciones de propagación fueron excelentes, y en 2001 ya hemos pasado el máximo y las condiciones han empezado a empeorar lentamente.

Veremos a continuación cómo es la propagación en las distintas bandas asignadas a los radioaficionados y qué alcances podemos esperar en dichas bandas.

Frecuencias Medias o MF (300 kHz–3 MHz)

En este segmento nos encontramos con la banda de 160 metros (1830-1850 KHz). A estas frecuencias, las señales sufren una gran absorción en la capa D, incluso con ángulos de entrada suficientemente altos, con lo que casi ninguna señal pasa a la capa F. Esto provoca que, durante el día, los únicos contactos que podamos realizar se deban a la propagación por medio de la onda de superficie.

Estas ondas se propagan en contacto con la superficie terrestre, y posibilita una cobertura aproximada de unos 100 Km, habitualmente empleada por las estaciones de radiodifusión de AM. La polarización que se ha de emplear para tener una menor atenuación es la vertical.

Durante la noche, la capa D desaparece rápidamente y se hacen posibles los contactos a larga distancia, debido a las re-flexiones que sufre la onda en la capa F2. Las tormentas tropicales crean un gran nivel de estática en el verano, por lo que las mayores distancias se consiguen durante las noches de invierno. Esta banda también se ve afectada por el ruido industrial y por el ruido atmosférico.

Frecuencias Altas o HF (3–30 MHz)

En la banda de HF tienen lugar varios tipos de propagación, fundamentalmente por onda ionosférica. Los contactos de mayor distancia se consiguen por rebotes en la capa F2. En toda esta banda, los contactos están caracterizados por desvanecimientos de la señal (en inglés fading), que consisten en variaciones lentas o rápidas del nivel de señal recibido. Las causas de los desvanecimientos son varias, pero las fundamentales son el cambio de tamaño de las capas de la atmósfera y las variaciones de polarización. Otro efecto muy común es el de trayectos o pasos múltiples (multipath).

El trayecto múltiple se produce cuando la señal que recibimos recorre diferentes trayectos, en función de la altura a la que se refleje. Esto puede resultar perjudicial si las señales llegan en contrafase (se restan las contribuciones).

En la banda de los 80 metros (3,5 a 3,6 MHz), la propagación mejora durante las noches, si bien las señales con mayor ángulo de entrada pueden atravesar la capa D y reflejarse en las capas E y F. Un DX típico en esta banda está limitado a unos 400 Km. En EA es habitual encontrarse con tertulias entre estaciones de toda la península y las islas durante las noches.

La banda de los 40 metros (7 a 7,1 MHz) es muy popular entre los radioaficionados debido a su buena propagación durante casi todo el día. La capa D empieza a ser más transparente y las señales se rebotan en las capas E y F, posibilitando contactos diurnos de 1000 km. de distancia, siendo el mecanismo de propagación más importante la onda ionosférica (la onda de superficie a estas frecuencias ya no tiene relevancia). El ruido industrial y atmosférico ya no es tan terrible en estas bandas, por lo que podemos decir que es la banda de más baja frecuencia en la que podemos tener cobertura mundial. En EA, esta banda está repleta durante las noches de estaciones llamando DX, tanto en telegrafía como en LSB.

Pero la banda reina del DX no deja de ser la de los 20 metros (14 a 14,350 MHz.), lo que queda patente al comprobar la tremenda ocupación de esta banda por los radioaficionados de todo el mundo. Durante cualquier hora del día, en los periodos favorables del ciclo solar, podremos hacer contactos a nivel mundial. En los años de actividad solar baja, la propagación es mayor durante las horas de día. Quizás el mayor problema para hacer DX en esta banda sea el QRM creado debido al alto nivel de actividad. Durante los concursos de DX a nivel mundial, es fácil encontrar varias estaciones operando en unos pocos KHz. La propagación en esta banda se debe a las reflexiones en la capa F, pudiendo reflejarse la onda varias veces de forma consecutiva y alcanzando así mayores distancias.

La banda de 17 metros (18,068 a 18,168 MHz.) es bastante similar a la de los 20 metros, pudiendo realizar contactos a nivel mundial durante el día. Durante los años de baja actividad solar, la banda puede encontrarse totalmente cerrada, si bien cuando se encuentra abierta el QRM es mucho menor que en la banda de los 20 metros.

Los 15 metros (21 a 21,450 MHz) es otra banda muy popular para el DX, siendo de uso primordialmente diurno. Durante los años de baja actividad esta banda suele estar totalmente cerrada, si bien durante los picos del ciclo solar se mantiene abierta por saltos en la capa F2 durante todo el día y parte de la noche. En EA, la parte baja de esta banda es muy utilizada por las estaciones EC para el DX.

La última banda de HF es la de los 10 metros (28 a 29,7 MHz). En esta banda tienen lugar muchos modos de propagación y las condiciones varían de forma extremadamente rápida, combinando las características de la propagación en HF (reflexiones en la capa F2) con las de VHF. Durante los periodos altos de actividad solar, la banda está abierta desde el amanecer hasta un par de horas después de que anochezca, y se consiguen largos contactos debido fundamentalmente a rebotes en las capas E y F2.

Frecuencias Muy Altas o VHF (30–300 MHz)

La propagación en VHF se produce fundamentalmente por onda espacial. Esto quiere decir que las ondas se propagan de forma directa de transmisor a receptor, sin pasar a las capas altas de la atmósfera, por lo que los alcances se limitan a un poco más que el alcance visual. Esto se denomina comúnmente “línea de vista” (line of sight) o línea de horizonte¹. Así, cuanto más altura tenga la antena, mayor distancia de cobertura tendremos. Según la frecuencia de trabajo va aumentando, los alcances son menores. Debido a esto, en estas bandas es importante tener antenas muy directivas y apuntando hacia la otra antena de la forma más adecuada. Éste es el motivo por el cual los radioaficionados instalamos repetidores en las bandas de V/UHF, con objeto de comunicar poblaciones orográficamente separadas por grandes obstáculos.

En estas bandas, coexisten varios modos de propagación, como son las reflexiones en la capa F y en la capa E, auroras... así como la propagación troposférica, el rebote lunar y el meteor scatter o dispersión meteórica.

El meteor scatter (MS) es otro modo de propagación empleado por los radioaficionados, consistente en aprovechar las reflexiones en las regiones ionizadas de la atmósfera durante una lluvia de meteoros. Este modo de propagación da lugar a contactos de muy poca duración, exclusivamente en CW, debido a que el efecto ionizante es muy breve.

Los contactos de larga distancia más habituales en V/UHF son posibles debido a los efectos de la capa más baja de la atmósfera, la troposfera. Bajo determinadas circunstancias, se produce una inversión de la temperatura en la troposfera, lo que produce una refracción de las ondas, provocando que retornen hacia la superficie terrestre. Estos conductos formados por aire caliente-frío pueden dar lugar a contactos de cientos de kilómetros en V/UHF. Este efecto ocurre con condiciones de alta presión y en los atardeceres tras días cálidos y secos, por lo que tienden a darse mayoritariamente en verano. La banda más baja para uso de radioaficionados en VHF es la de los 6 metros (50 a 50,2 MHz.).

Durante los años de alta actividad solar, es posible hacer DX en esta banda, de nuevo mediante rebotes en la capa F2, si bien el modo más popular de propagación es la esporádica (capa E).

La banda reina de la alta frecuencia es sin duda la de 2 metros (144 a 146 MHz). En esta banda seguimos teniendo esporádica en la capa E, y la propagación troposférica empieza ya a aparecer e irá aumentando con la frecuencia. Los conductos troposféricos pueden hacer que tengamos alcances extraordinarios a estas frecuencias, del orden de los 1000-2000 kilómetros de distancia o incluso 1La distancia al horizonte en millas es 1.42 veces la altura de la antena en pies.

Frecuencias Ultra Altas o UHF (300 MHz – 3 GHz) y superiores

La banda más baja dentro de las frecuencias ultra altas es la de 70 cm (430 a 440 MHz). A estas frecuencias los alcances que podemos esperar son ya bastante menores que en VHF, si bien la propagación por conductos troposféricos pueden dar-nos contactos de larga distancia. Por otra parte, la capa E no tiene ningún a estas frecuencias y el efecto doppler empieza ya a ser un problema para ciertas aplicaciones.

Para frecuencias más altas, comienzan ya a aparecer otros efectos troposféricos, así como la propagación producida por scattering de hidrometeoros (agua, nieve...) en las bandas bajas del orden de los GHz. Por encima de 10 GHz., los factores más limitadores son la atenuación producida por el oxígeno (60 GHz) y el vapor de agua (22 GHz y 120 GHz).

Otro efecto muy llamativo de la radio propagación son las auroras. Las auroras son tormentas electromagnéticas que ocurrir en las regiones polares, y producen una fluorescencia en la atmósfera.

Esta tormenta crea una gran ionización de la atmósfera, lo que actúa como dispersor para las señales de VHF (50 y 144 MHz son las bandas típicas). Como la posición de la cortina cambia rápidamente, aparecen desvanecimientos, multitrayecto y doppler, lo que hace que las señales de gran ancho de banda lleguen totalmente distorsionadas (señales de voz). Se puede utilizar SSB pero es más habitual la CW por ser más inteligible con doppler y escucharse mejor si la señal es muy débil.

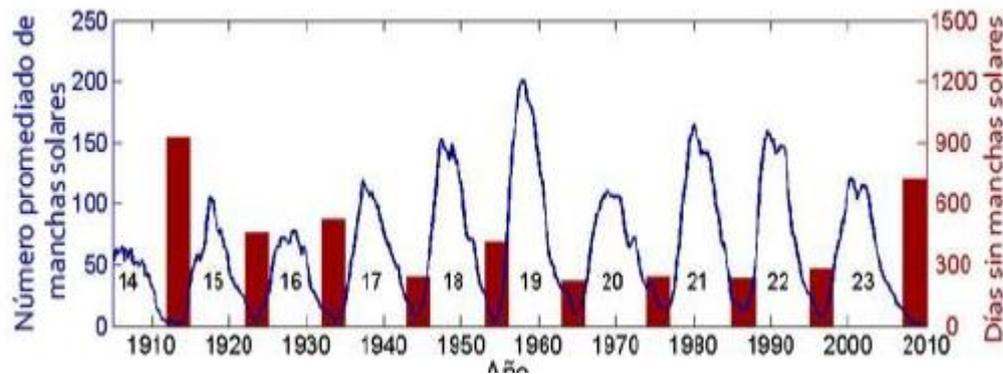
El último modo de propagación que comentaremos es la propagación por línea gris (gray-line propagation). La línea gris es una banda alrededor de la tierra, formada entre la zona de día y la zona de noche. La propagación a lo largo de esta línea es muy eficiente, debido a que al amanecer las capas D y E no están todavía formadas pero la F2 se forma rápidamente. Al anochecer, la D y la E desaparecen rápidamente y la F2 se mantiene más tiempo. Si trabajamos en las bandas bajas de HF (160 y 80 metros) durante la línea gris estaremos consiguiendo mayores distancias que las esperables a otra hora del día.

El SOL, centro del sistema solar

El Sol es la estrella más próxima a la Tierra, y es la única cuya superficie podemos estudiar con cierto detalle.

Se encuentra a una distancia de 150.000.000 de Km. (Una unidad astronómica; U.A), y la luz emplea para viajar esta distancia un tiempo de 8 minutos. Esto quiere decir que estamos a 8 minutos luz del Sol. Si en este preciso instante el Sol se apagara, veríamos su luz durante 8 minutos más, hasta que los últimos rayos que partieron de su superficie nos alcanzaran. Este astro es una bola de gas de aproximadamente 1.392.000 Km de diámetro.

Los ciclos de manchas solares durante el siglo pasado. La curva azul muestra la variación cíclica en la cantidad de manchas. Las barras rojas indican la cantidad acumulada de días sin manchas. El mínimo de manchas del ciclo 23 ha sido el más largo en la era espacial, con la mayor cantidad de días sin manchas solares. Crédito: Dibyendu Nandi y colaboradores



Después, durante los años posteriores a 2000, de acuerdo con el modelo, la Banda Transportadora disminuyó su velocidad nuevamente, permitiendo de este modo que los campos magnéticos de las manchas pasaran más tiempo en la zona de amplificación, pero el daño ya estaba hecho. La cantidad de manchas solares nuevas fue muy pequeña. Y por si fuera poco, la banda, que se movía lentamente, no hizo demasiado para ayudar a las manchas reanimadas en su viaje de regreso a la superficie, provocando así un retraso en el comienzo del Ciclo Solar 24.

"El escenario estaba preparado para el mínimo solar más profundo en todo un siglo", menciona el coautor Petrus Martens, del Departamento de Física de la Universidad del Estado de Montana. Colegas y seguidores del equipo consideran que el nuevo modelo es un avance significativo.

"Entender y predecir el mínimo solar es algo que no habíamos podido hacer antes; y resulta que es algo muy importante", dice Lika Guhathakurta, de la División de Heliofísica de la NASA, en Washington, DC.



Hace tres años, el 2 de marzo de 2008, la cara del Sol no tenía rasgos, no había manchas solares. Crédito: SOHO/MDI

Mientras que el máximo solar es relativamente breve, dura un par de años y está marcado por episodios de violentas erupciones solares que duran algunos días, el mínimo solar puede prolongarse por varios años. El famoso Mínimo de Maunder del siglo XVII duró 70 años y coincidió con el episodio más profundo de la Pequeña Era de Hielo de Europa. Los científicos aún siguen intentando entender la conexión.

Una cosa es clara: Durante un mínimo prolongado, suceden cosas raras. En 2008-2009, el campo magnético global del Sol se debilitó y el viento solar decayó. Los rayos cósmicos, que normalmente son detenidos por el tempestuoso magnetismo solar, aparecieron dentro del sistema solar. Durante el más profundo mínimo solar en un siglo, irónicamente, el espacio se volvió un lugar más peligroso para viajar. Al mismo tiempo, la acción de calentamiento de los rayos ultravioleta, normalmente proporcionada por las manchas solares, estuvo ausente, por lo que la alta atmósfera de la Tierra comenzó a enfriarse y a colapsar. La basura espacial dejó de caer con la frecuencia en que lo hace de manera usual y comenzó a acumularse en órbita, entre otras cosas.

Nandi hace notar que su nuevo programa computacional no solamente pudo explicar la ausencia de manchas solares, sino también el debilitamiento del campo magnético solar en los años 2008-2009. "Es la confirmación de que vamos por buen camino".

El siguiente paso: El Observatorio de Dinámica Solar (SDO, por su sigla en idioma inglés) puede medir los movimientos de la banda transportadora del Sol no sólo en la superficie, sino también en las profundidades. Esta técnica se denomina heliosismología y muestra el interior del Sol en la misma forma en que el ultrasonido funciona en una mujer embarazada. Al combinar los datos de alta calidad proporcionados por el SDO con el modelo computacional, los investigadores podrían predecir cómo se desarrollará un mínimo solar en el futuro. Sin embargo, el SDO apenas está comenzando, así que los pronósticos tendrán que esperar.

Ciertamente, hay mucho trabajo por hacer, pero Guhathakurta dice: "Finalmente, podríamos estar desentrañando el misterio del Sol sin manchas".

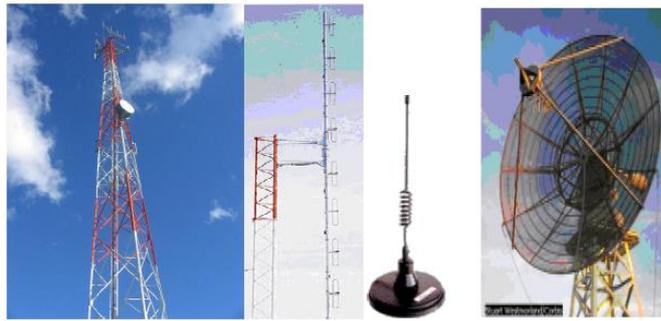
Créditos: Esta investigación ha sido financiada por el Programa Viviendo con una Estrella, de la NASA, y el Departamento de Ciencia y Tecnología del Gobierno de India.

Tema 9 Antenas

Introducción

ANTENAS, GANANCIA y POTENCIA Una antena es un dispositivo diseñado con el objetivo de emitir o recibir ondas electromagnéticas hacia el espacio libre. Una antena transmisora transforma voltajes en ondas electromagnéticas, y una receptora realiza la función inversa.

Siempre se discute acerca de la ganancia de una u otra antena, llegando en la mayoría de los casos a una conclusión dispar y no ecuaníme. La motivación está dada mayormente por la desinformación generada en la mayoría de los fabricantes de antenas, quienes para poder vender su producto, sobre valoran la salida en dB, ya sea por mero engaño, o en la mayoría de los casos obligados por la competencia desleal de antenas de menor calidad sobre infladas en sus medidas de decibeles cuando en realidad aumentan esa ganancia.



Se llega a extremos tales de presentar incluso, irrefutables diagramas gananciales en polarización y otros detalles técnicos anexos que sólo persiguen el convencer al posible comprador y confundirlo con graficas que a veces no conoce o no entiende. Otra causa aunque en menor grado, la otorgan los inventores o modificadores de antenas; quienes por mero orgullo tienden a exagerar las "eficiencias" de sus diseños a fin de no quedar rezagados respecto a los modelos ya consolidados en el mercado. Muchos poseedores de antenas verticales se resisten a aceptar esta síntesis, pero la ingeniería electrónica sólo puede ser rebatida con ingeniería electrónica. Para tales efectos, le damos unas comparaciones de la ganancia de algunas antenas

¿Qué elemento se utiliza para irradiar energía?
Antena

Tabla de ganancia en antenas comunes .
(Eficiencia en DX, no en transmisión local inductiva)

TIPO DE ANTENA	DECIBELES DE GANANCIA SOBRE UN DIPOLO DE 1/2 ONDA dB	DECIBELES DE GANANCIA SOBRE UN RADIADOR ISOTRÓPICO dBi
Radiador Isotrópico	2,1-	0,0
Ground Plane 1/4 de onda	0,3	1,8
Dipolo de 1/2 onda	0,0	2,1
Vertical 5/8 de onda	1,2	3,3
Cuadro o Loop	2,0	4,1
Yagui 2 elementos	5,0	7,1
Yagui 3 elementos	8,0	10,1
Yagui 4 elementos	10,0	12,1
Cuadra 2 elementos	7,0	9,1
Cuadra 3 elementos	10,0	12,1
Yagui 5 elementos	12,0	14,1

Esta tabla es usando de referencia a un radiador isotrópico, es decir una antena que irradia en infinitas direcciones del espacio.

La ganancia en antenas

Una Antena es un elemento mecánico de longitud perfectamente definido, colocado al final de la línea de transmisión y que tiene la función de irradiar al espacio la señal producida por el equipo emisor (TX), y en el caso receptor (RX) el de captar y concentrar las señales hacia este último. En una estación de radio, la antena es un elemento que tiene una interrelación con todo lo que le rodea, por lo cual su comportamiento es difícil de predecir, por lo que una antena ajustada en un lugar determinado puede comportarse de forma diferente al cambiar las condiciones de ubicación e instalación, siendo necesario un reajuste posterior. Una antena es un circuito resonante a una frecuencia determinada.

El Decibel o Decibelio, "dB" como hemos visto en el apartado dedicado a él, es una relación logarítmica y que utilizamos para medir ganancias, bien de antenas, como de sistemas de audio, y ello para relacionar un cierto grado de amplificación determinado. Aunque hay fabricantes de antenas que usan diferentes modos de indicar la ganancia de sus productos, produciendo con ello un cierto grado de desconcierto entre los radioaficionados al indicar en dBi la ganancia de sus fabricados.

El radiador isotrópico

Cuando hablamos de antenas y de sus ganancias, al principio se tuvieron que basar en algo con lo que compararlo, por este motivo se ideó una antena imaginaria omnidireccional a la que llamó radiador isotrópico, de 0 dB de ganancia y que irradiase la señal en todas la direcciones, como si este fuese una esfera perfecta, aunque en la práctica esto es difícil con-seguirlo, puesto que cuando se conforma un determinado tipo de antena, la esfericidad del radiador isotrópico no se puede obtener, es entonces cuando el dipolo ideal colocado a una altura del suelo de media longitud de onda, nos muestra entonces una ganancia de 2.15 dB en el sentido perpendicular de sus brazos, conformando un lóbulo de radiación similar a un 8, teniendo el mayor grado de intensidad y menor tensión en el centro del dipolo.

Es entonces cuando hay quién nos da un valor en dBi, comparado con el valor isotrópico, o bien nos lo da en dBd si lo ha hecho sobre el dipolo Standard, y esto dependiendo del fabricante lo encontramos de una u otra forma, por lo que una antena dada su ganancia en dBi es más sugerente su adquisición, por ser su valor más elevado, al ser comparado con una antena imaginaria. Es entonces cuando el radioaficionado debe buscar el valor que más le interese, " dBi o dBd ", sabiendo que este último está obtenido en comparación con un dipolo Standard y es más fácil compararlo por nosotros. Por esta sencilla fórmula podremos ver y comparar ambos valores ($\text{dBd} + 2.15 = \text{dBi}$) .

Ejemplo: Si el valor nos lo dan en dBi, habrá que restarle 2.15, para saber su valor en dBd.

La ganancia

La Ganancia está definida como la relación entre la Potencia de Salida y la Potencia de Entrada en dB. Una vez asumido este concepto y el que la potencia de entrada sea de unos 10 mw (+10 dBm) y que la potencia de salida de 1 W (1000mW, +30 dB), la relación podría ser $1000/10 = 100$, y que esta ganancia sería ($10 * \text{Log } 100 = 20 \text{ dB}$).

MANUAL DE FUNDAMENTOS TÉCNICO PARA RADIOAFICIONADOS

LU1JES - ESTEBAN

La definición para 1 mW es 0 dB, y para 1 W (1000mW) es $10 \cdot \log 1000 = +30\text{dBm}$.

Ahora bien nos puede resultar más fácil el calcular la Ganancia, convirtiendo primero la Potencia en dBm, así por ejemplo esta sería en un amplificador (30-10 = 20 dB). Siendo normalmente usado el describir a la Potencia en dBm y la Ganancia en dB.

10 mW	+ 10 dBm
100 mW	+ 20 dBm
1000 mW	+ 30 dB m
100 W	+ 50 dBm

La Ganancia de una antena es, reflejado en un sistema de medidas, como la tendencia a concentrar la señal de resonancia en una dirección tal, hacia donde queremos sea su mayor grado de alta concentración o difusión, siendo esta medida realizada normalmente en decibelios (dB). De lo que podemos decir que una antena es altamente direccional, cuando posee una elevada ganancia, mientras que una omnidireccional tiene lo contrario.

La antena es el elemento más importante de toda estación de radio. Todo lo que hacen los equipos de una emisora es amplificar y transformar energía de corriente alterna. Sin embargo, para que una estación pueda comunicarse con otra sin recurrir a cables de interconexión, se necesita transformar la energía de corriente alterna en un campo electromagnético o viceversa. Cuanto más eficaz sea esa transformación mejor será la estación, independientemente del equipo que se posea.

La antena por sí sola constituye más del 50 % de la calidad de una estación, por tanto, sólo existen dos posibilidades la antena es buena, o es mejor.

Como se verá a lo largo de este capítulo, algunos tipos de antenas son sencillísimos y fáciles de instalar. El hecho de que una antena sea sencilla no quiere decir que no tenga un rendimiento óptimo. Cualquier antena, por sencilla que sea, si consigue realizar óptimamente, o sea, sin pérdidas, la transformación de energía de corriente alterna en energía de campo electromagnético (o al revés), será una buena antena.

Otra cosa es que se quiera concentrar el campo electromagnético en una dirección determinada, ya que, esto siempre se realiza en detrimento de las otras direcciones, o lo que es lo mismo, la energía total del campo electromagnético será la misma, sólo que en un caso se difunde en todas direcciones, mientras que en otros va en una sola dirección.

Al instalar una antena, siempre se presenta el problema de que ésta debe encontrarse lo más alta y despejada posible, y forzosamente se la debe conectar de alguna forma a la estación. Ahora bien, como en una antena emisora se le aplica corriente alterna de alta frecuencia, esta conexión debe cumplir unos requisitos muy estrictos. A esta conexión se le denomina línea de transmisión. Se estudiará en primer lugar ya que en la mayoría de los casos condiciona fuertemente el diseño de las antenas.

Tipos de ondas

Las posibles formas de propagación de la onda radiada son:

- ⚡ **Ondas de tierra u ondas de superficie:** se desplaza a nivel del suelo siguiendo la curvatura del planeta.
- ⚡ **Ondas directas o visuales:** van de la antena emisora a la receptora.
- ⚡ **Ondas espaciales:** son aquellas que superan la línea del horizonte.

Diagrama de radiación y directivita

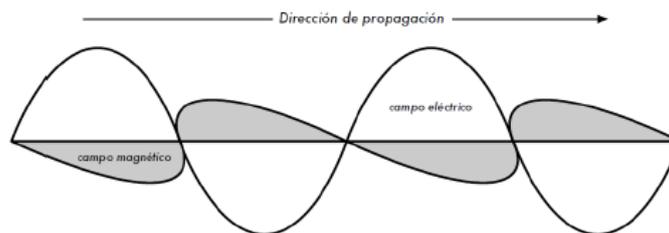
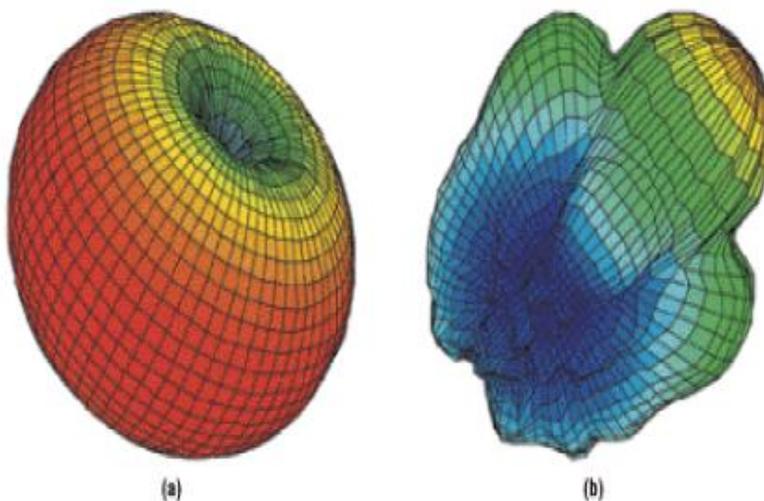


Figura 4.7: La onda senoidal eléctrica se mueve perpendicular a la onda magnética en la dirección de la propagación.

El decibelio es una medida de ganancia o atenuación de dos señales, una de entrada y la otra de salida del sistema. Matemáticamente se define así:

Si medimos alrededor de una antena transmisora la intensidad de campo producida por la onda electromagnética radiada, uniendo todos los puntos de igual intensidad trazaremos una curva que se llama lóbulo de radiación de la antena. De este modo tendremos el lóbulo de radiación horizontal si las medidas fueron tomadas en el plano horizontal y el lóbulo de radiación vertical si éstas fueron tomadas en el plano vertical.



a) Lóbulo de un simple dipolo. b) lóbulo de horno de ganancia estándar (microondas)

Así podemos clasificar las antenas según su directivita:

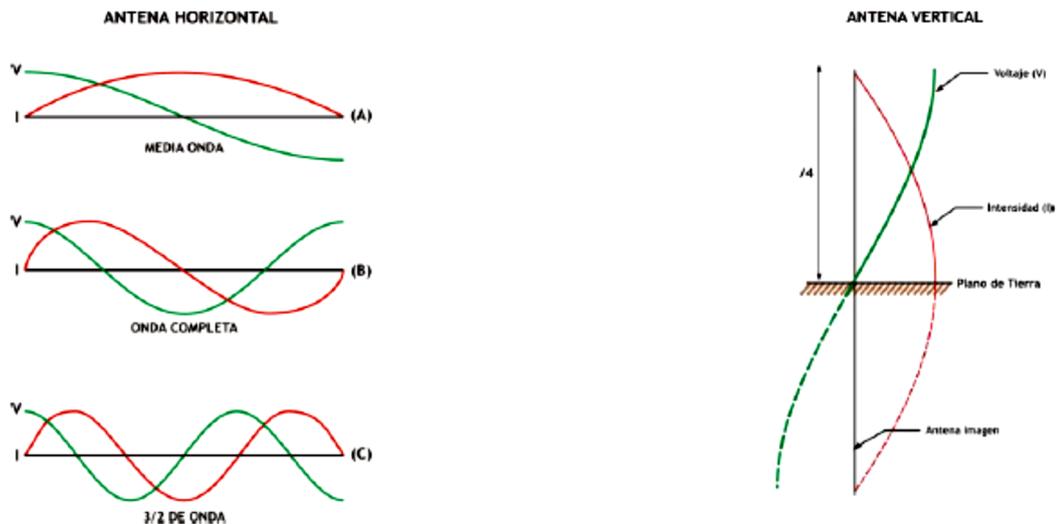
- Omnidireccional: Si el lóbulo de radiación horizontal es semejante a una circunferencia con centro en la antena.
- Bidireccional: Si la radiación es en dos direcciones opuestas.
- Direccional (unidireccional) Si el lóbulo de radiación está en una sola dirección. Estas últimas antenas, además del lóbulo principal tienen otros más pequeños en otras direcciones; la diferencia entre el lóbulo de radiación principal y el de dirección opuesta nos da la relación delante-detrás, frente/espalda (Front-to-Back: F/B) o eficacia directiva de la antena.
- Radiador isotrópico: Es una antena imaginaria (ideal) que radiase igual energía exactamente en to-das las direcciones; esta antena estaría en el centro de una esfera en la que to-dos los puntos de su superficie recibirían la misma cantidad de energía, sería en definitiva un punto.

La ganancia de una antena es la relación o cociente entre la potencia entregada a la antena y la que tendríamos que entregar al radiador isotrópico para obtener la misma intensidad de campo en un punto común a los dos lóbulos (situado en la dirección del lóbulo principal de la antena). Esta ganancia se expresa normalmente en decibelios y se simboliza por dBi

Resonancia

Para que una antena tenga un buen rendimiento, tiene que resonar en la frecuencia de trabajo (es decir, tener cancelada la componente reactiva). Cuando esto ocurre, para una misma potencia disponible en el transmisor circulará una corriente mayor. A lo largo de la antena se establecen vientres y nodos de intensidad y de tensión. La resonancia se logra si en el punto de alimentación el cociente de la tensión entre la corriente es resistivo.

Para el caso de una antena aislada de tierra, la medida de resonancia será igual a media longitud de onda y sus múltiplos (ya que en los extremos de la antena sólo pueden existir nodos de intensidad, o sea intensidad nula). Si utilizamos una antena vertical conectada a tierra por un extremo, ésta resonará cuando tenga una longitud de un cuarto de onda o un múltiplo impar de ella (tiene un nodo de corriente en un extremo y un nodo de tensión a la altura de la toma de tierra).



La longitud eléctrica de una onda de radiofrecuencia está relacionada con la velocidad de propagación de las ondas en el espacio y con su frecuencia.

$$l = \frac{c}{f}$$

La longitud física de una antena siempre será menor que su longitud eléctrica a causa de objetos próximos, de la relación longitud/diámetro y del efecto de los aisladores en las puntas de la antena.

Por lo tanto habrá que aplicar ciertos factores de corrección a las fórmulas de cálculo.

Impedancia

Es la relación que existe en un punto de la antena entre la tensión y la intensidad. Si la antena está en resonancia a una frecuencia determinada y la alimentamos, entonces su impedancia coincide con la resistencia de radiación. En el punto de alimentación tendremos un máximo de corriente creada por la potencia entregada, la cual será disipada por la antena.

Podemos calcular la impedancia de la antena utilizando la fórmula de Joule:

$$Z = \frac{P}{I^2} ; Z=\text{impedancia, } P=\text{potencia, } I=\text{intensidad}$$

Esto es válido si y sólo si la antena está alimentada en un punto de máxima intensidad.

Ancho de banda

Se denominará así a la gama de frecuencias en que puede funcionar una antena sin sobrepasar el límite prefijado de ondas estacionarias en la línea de alimentación, aceptable 1,5:1, límite 2:1.

La ganancia y la impedancia de una antena limitan normalmente el margen de funcionamiento a la región de frecuencias de HF, mientras que el cambio de características limita el margen de las de VHF.

Polarización

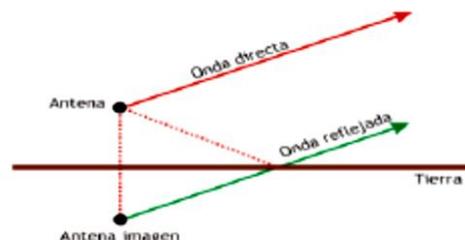
Se define la polarización como el vector del campo eléctrico de la onda electromagnética. Para antenas rectilíneas coincide con el eje de la antena, por lo que será siempre lineal. Otros tipos son la polarización circular y la elíptica que a la vez puedan ser a derechas o a izquierdas, según el sentido de giro del campo eléctrico. Si la polarización de la onda que se quiere recibir no coincide con la de la antena receptora, habrá pérdidas.

Ángulo de radiación

Denominamos así al ángulo que forma el eje de su lóbulo de radiación principal con el horizonte.

Éste se mide en el plano vertical y viene determinado por el diagrama de radiación de la antena, por la altura de la antena respecto al suelo y por la naturaleza del mismo.

Tiene gran importancia para lograr mayores distancias de salto, por ejemplo si utilizamos una antena para HF situada cerca del suelo en relación con la longitud de onda, el suelo afectará al ángulo de radiación, ya que parte de la energía radiada por las antenas es reflejada por el suelo y devuelta al espacio. En general, para DX interesa que el ángulo sea bajo.



Antenas prácticas

Dipolo mono banda

Fórmula para calcularlo: $142,5/\text{frecuencia (MHz)}$



Para una frecuencia de 28950 KHz la longitud de un dipolo de media onda será:
 $142,5/28,95 = 4,9$ metros

El dipolo de media onda irradia en forma bidireccional.
¿Cuál es la longitud de una de las ramas de un dipolo de $\frac{1}{2}$ onda para la frecuencia de 7043 KHz? $142,5/7,043 = 20,23$ m, o sea cada rama la mitad, 10,11 metros.

¿Qué polarización de antena se utiliza habitualmente para la comunicación de dos estaciones en la banda de VHF y UHF para el modo Banda Lateral Única?
Horizontal.

En caso de construir la antena y medirla, si el analizador usado indicara que la ROE (Relación de onda estacionaria) es mínima en una frecuencia más baja que la del cálculo, indicará que la antena quedó físicamente "LARGA" y habrá que acortar ambos extremos un pequeño porcentaje del total hasta que la ROE sea mínima en la frecuencia prevista.

Si se diera el caso que la frecuencia en la que la ROE es mínima fuera superior a la del cálculo, la antena es físicamente "CORTA" y habrá que agregar conductor de ambos lados, hasta hallar la mínima ROE en la frecuencia del cálculo.

En la emergencia la antena dipolo de $\frac{1}{2}$ onda, es la más práctica y fácil de construir y montar.

¿En qué posición un dipolo de 80 m, transmite más intensamente hacia un lado? b)
Inclinado.

En un receptor, el amplificador de audio frecuencia: a) Amplifica la señal modulada para enviarla a la antena. d) Amplifica la señal demodulada.

¿Cuál es la constante práctica que se utiliza para el cálculo de antenas dipolos de $\frac{1}{2}$ longitud de onda según la fórmula Longitud = K/f (MHz) ? c) $K=142,5$

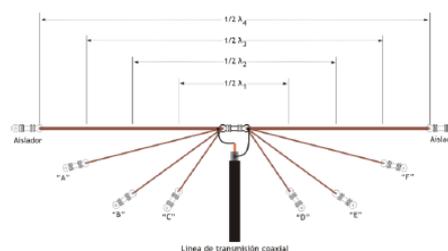
¿Cuál es el ángulo ideal entre las ramas de una antena dipolo horizontal de $\frac{1}{2}$ longitud de onda para la banda de 80 metros?

180°

Una antena dipolo plegado. ¿Qué impedancia presenta en su centro?
300 Ω .

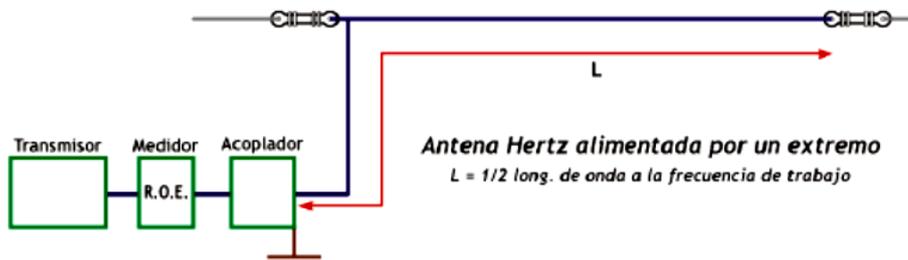


Antena vertical con planos

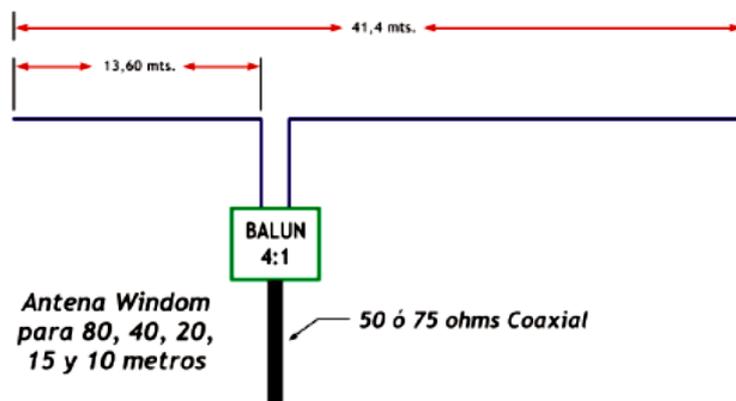


Dipolo multibanda

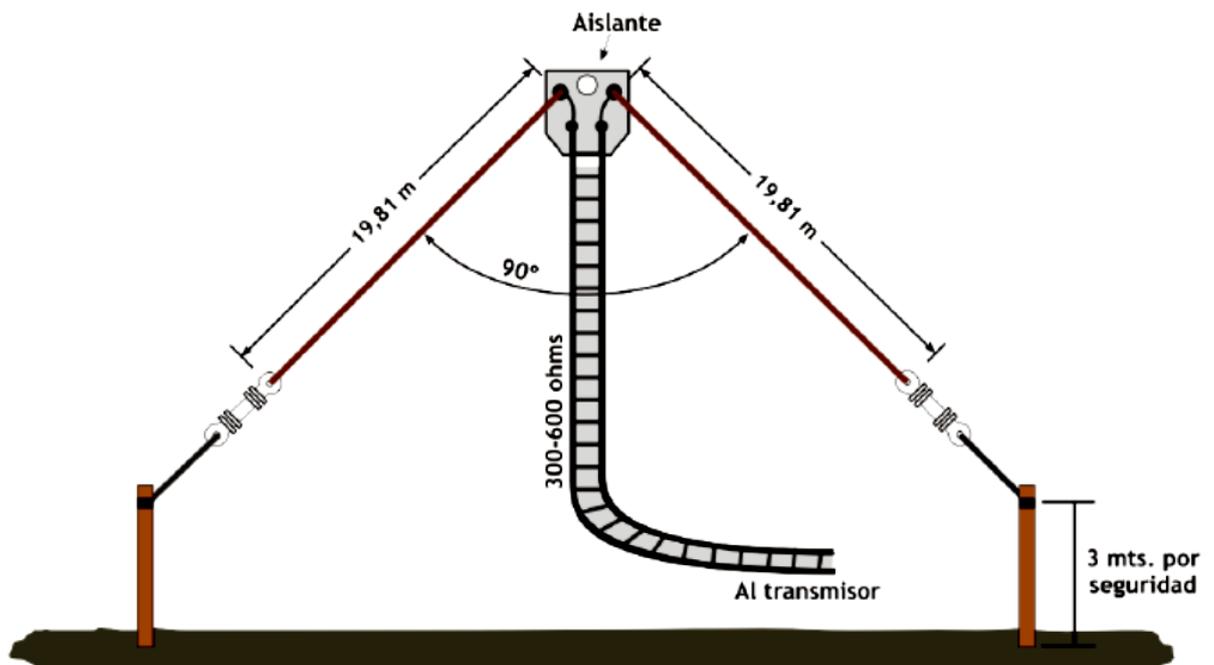
Antenas de hilo largo



Antena Windom multibanda

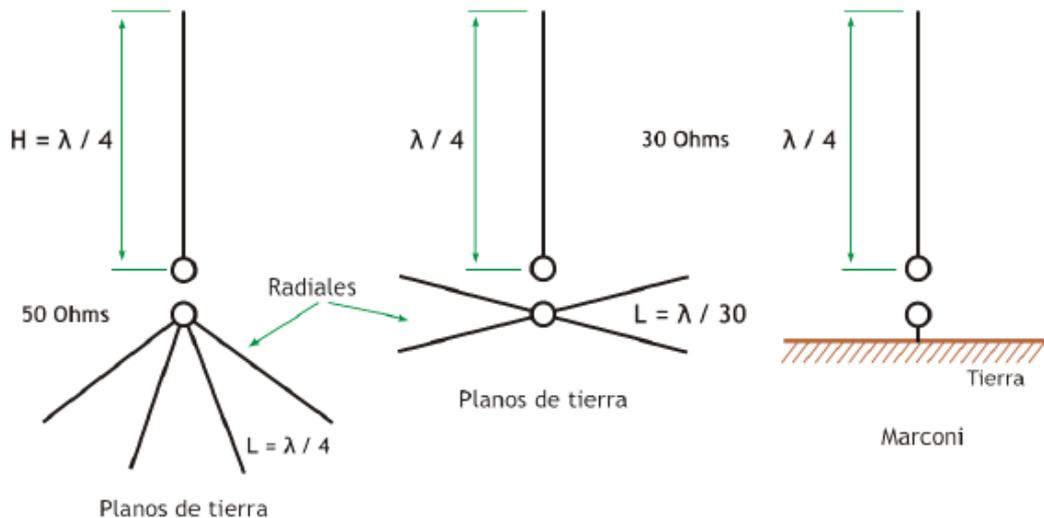


Antena V invertida (Banda de 80 metros)



El ángulo ideal entre ramas de la antena V invertida es de 90° .

Antenas verticales



Longitud de una antena vertical de $\frac{1}{4}$ de longitud de onda = $71,25/\text{frecuencia MHz} = 71,25 / 146 = 0,488 \text{ m}$

Una única antena vertical es multidireccional (nótese lo de multidireccional ya que la palabra omnidireccional sería más apropiada para el radiador isotrópico que es solo para usos teóricos porque en la práctica este tipo de antena no existe)

¿Cuál es la fórmula aproximada de cálculo de una antena vertical de $\frac{1}{4}$ de longitud de onda?
 $72/\text{Frecuencia (MHz)}$

¿Qué polarización se utiliza habitualmente para la comunicación por repetidoras en la banda de 2 m?
Vertical.

La rf emitida por la antena vertical es polarizada verticalmente y cuando la transmisión de onda de tierra es una necesidad (especialmente en el espectro de media y baja frecuencia) la antena vertical resulta ideal. Sin embargo, las antenas polarizadas horizontalmente como los dipolos las antenas direccionales y otras son preferibles en estas frecuencias, porque son menos receptoras del QRN polarizado verticalmente y producido por el hombre (motores, generadores, sistemas de encendido de automóviles y muchos tipos de artefactos domésticos).

Cuando se usan frecuencias superiores, que dependen de la propagación por rebote en las capas de la ionosfera para la comunicación a larga distancia, puede emplearse ya sea la transmisión vertical u horizontal, con muy poca diferencia.

Las ondas de alta frecuencia reflejadas en la ionosfera generalmente llegan polarizadas elípticamente, de manera que un aficionado puede usar indistintamente sistemas horizontales o verticales.

Para trabajos en vhf y uhf donde la línea visual es la regla y no la excepción, las ondas emitidas llagan a nuestra antena como fueron polarizadas originalmente por una antena vertical u horizontal, de manera que la antena receptora para captar con máxima señal debe tener la misma polaridad que la antena transmisora.

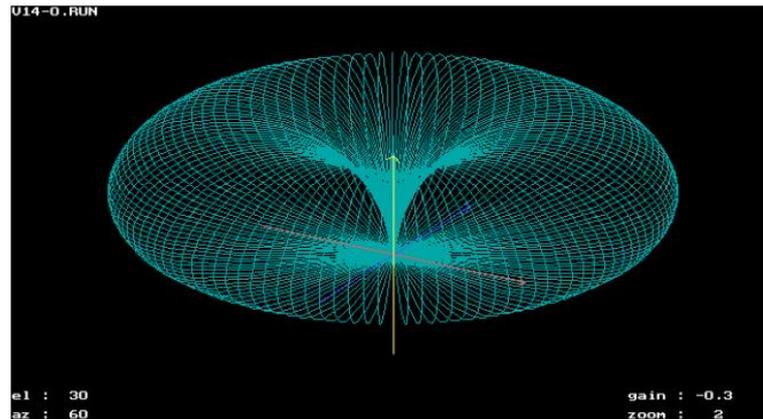


Diagrama de irradiación típico

Antenas Yagi

La antena Yaqui es una antena direccional inventada por el Dr. Hidetsugu Yagi de la Universidad Imperial de Tohoku y su ayudante, el Dr. Shintaro Uda (de ahí el nombre Yagi-Uda).

Esta invención "de quitar la tierra" a las ya convencionales antenas (groundbreaking), produjo que mediante una estructura simple de dipolo, combinado con elementos parásitos, conocidos como reflector y directores, logró construir una antena de muy alto rendimiento. La invención del Dr. Yagi (patentada en 1926) no fue usado en Japón en un principio. Sin embargo fue aceptada en Europa y Norteamérica, en donde se incorporó a la producción comercial, de los sistemas de difusión, TV, radioaficionados y otros. El uso de esta antena en Japón solo comenzó a utilizarse durante la Segunda Guerra Mundial, cuando fue descubierto que la invención de Yagi, era utilizada como antena de radar por los ejércitos aliados.

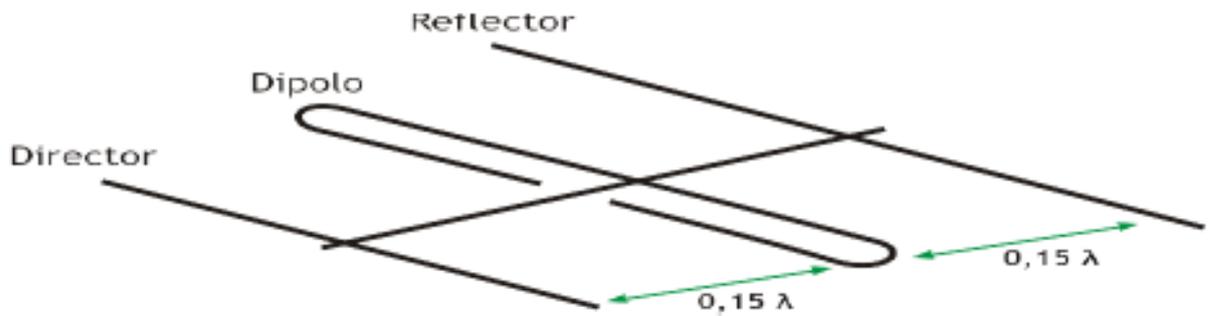
Una antena yagi como mínimo tiene dos elementos



Antena yagi de UHF

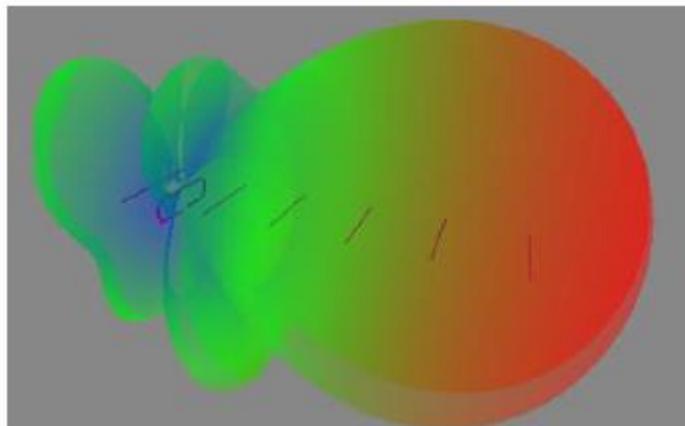
de 8 elementos

Antenas Yagi de 3 elementos



En una antena direccional tipo Yagui de tres elementos, que se denominan: **Director, Excitado, Reflector.**

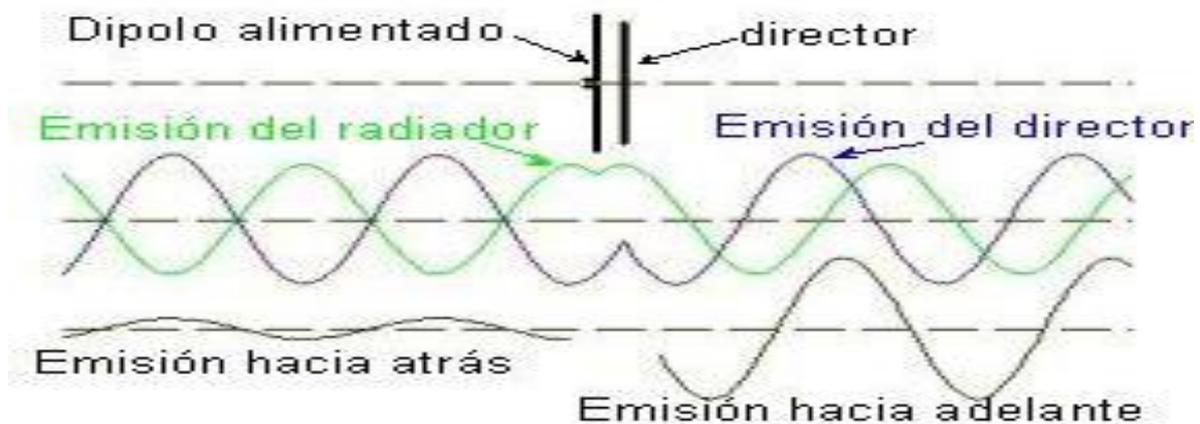
Antena yagi de tres elementos, ganancia aproximada de 6 8 dB respecto de la antena isotrópica.



Como funciona una antena Yagi-Uda

En virtud del principio de reciprocidad, se puede demostrar que las propiedades (impedancia, ganancia, etc.) de una antena cualquiera son las mismas tanto en emisión como en recepción. Como es más fácil de comprender el funcionamiento de una antena Yagi-Uda en transmisión que en recepción, comenzaremos por una antena en transmisión.

Como ya se ha mencionado, una antena Yagi-Uda está formada por un elemento alimentado (conectado al emisor o al receptor) formado por un simple dipolo o un dipolo doblado llamado también "radiador" de manera inapropiada, ya que en la antena Yagi-Uda todos los elementos irradian de manera comparable. Además de ese elemento, la antena tiene uno o varios elementos aislados llamados, injustamente, elementos parásitos.



La corriente que circula en el elemento alimentado irradia un campo electromagnético, el cual induce corrientes en los "elementos parásitos" de la antena. Las corrientes inducidas en esos elementos irradian también campos electromagnéticos que a su vez inducen corrientes en los demás. Finalmente la corriente que circula en cada uno de los elementos es el resultado de la interacción entre todos los elementos.

La amplitud y la fase de esa corriente dependen de la posición y de las dimensiones de cada elemento. El campo electromagnético irradiado por la antena en cada dirección será la suma de los campos irradiados por cada uno de los elementos.

Esta suma es complicada porque la amplitud y la fase de la corriente que circulan en cada elemento son diferentes. Además, como la distancia a cada elemento depende de la dirección del punto de medida del campo, la suma dependerá de la dirección.

Tomemos el ejemplo más simple: una antena con un elemento alimentado y un solo elemento parásito. Tomaremos como fase de referencia la fase de la corriente que circula en el elemento alimentado.

La fase de la corriente que circula en el elemento parásito dependerá de la distancia entre los dos elementos y de la longitud y diámetro de este último. La amplitud también dependerá de lo mismo pero mucho menos y será, de todas maneras, de la misma magnitud que la corriente del elemento alimentado.

Coloquemos el elemento parásito delante del elemento alimentado a una distancia de

$\lambda/10$ (donde es la longitud de onda) y ajustemos su longitud para que la corriente tenga un retardo de fase de $180^\circ - 360^\circ/10 = 144^\circ$

En ese caso, el cálculo muestra que la corriente en el elemento parásito es 1,19 veces la corriente en el elemento alimentado. El campo radiado hacia atrás será la suma del campo producido por el elemento alimentado más el campo producido por el elemento parásito. Pero éste último ha sido emitido con un retardo de 144° y como debe recorrer una distancia adicional de $\lambda/10$ sufrirá un retardo adicional de 36° , lo que hace que, hacia atrás, los campos emitidos por los dos elementos estarán en oposición de fase. En cambio, hacia adelante, el campo emitido por el elemento parásito, ganará 36° (en lugar de perderlos) y su retardo de fase no será más que. $144^\circ - 36^\circ = 108^\circ$ La suma de los dos campos será máxima.

En el caso particular de este ejemplo, la amplitud E del campo eléctrico de la onda electromagnética radiada hacia adelante en una dirección θ en donde E_1 es el campo producido por el elemento alimentado si estuviese solo. La ganancia es de 8,96 dBi.

$$E_1 = \sqrt{2,42 + 2,38 \cos\left(\frac{2\pi}{10} \cdot \cos\theta - \frac{8\pi}{10}\right)}$$

Este tipo de elemento parásito, situado delante el elemento alimentado y que refuerza el campo hacia adelante, se llama director. Los elementos situados detrás y que refuerzan el campo hacia adelante se llaman reflectores. Pero no hay que confundirlos con las superficies o rejillas reflectoras utilizadas en otros tipos de antenas.

Generalmente se ponen uno o dos reflectores y uno o varios directores. Se calculan las posiciones y las dimensiones de manera que las fases de las corrientes resultantes sean tales que la adición de los campos sea mínima hacia atrás y máxima hacia adelante.

Eléctricamente, el costo de esta directividad es una disminución de la parte resistiva de la impedancia de la antena. Con una misma corriente de alimentación, el campo radiado es más débil. Se compensa este inconveniente remplazando el dipolo alimentado por un dipolo doblado.

Para la antena en recepción, la fase y la amplitud de las corrientes inducidas en los elementos por el campo incidente y los demás elementos hace que la corriente inducida en el elemento alimentado (ahora conectado al receptor) sea máxima para los campos que vienen de delante y mínima para los campos que vienen de detrás.

Elemento conductor (radiador/captador): Este es el elemento que capta o emite las señales.

Reflectores: Estas dos varillas actúan reflejando las ondas en la dirección del elemento conductor, con lo que reduce la señal que está en su dirección e incrementa la que está en dirección opuesta. Es un elemento parásito más largo que el elemento de excitación.

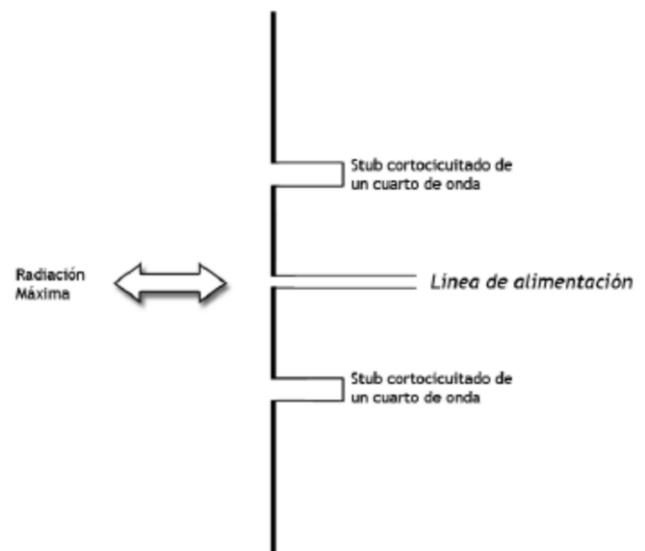
Directores o guías de ondas: Estas varillas son elementos parásitos, de longitud progresivamente menor que su elemento de excitación y alejándose de él y espaciadas a distancias precisas, hacen que la onda siga el camino correcto hasta llegar al elemento conductor, con lo que incrementa la intensidad de campo en su dirección y la reducen en la opuesta. También influyen sobre la impedancia de la antena.

Los elementos parásitos son aquellos que no son activos, no se conectan a la línea de transmisión y reciben la energía a través de la inducción mutua. Se clasifican en reflectores y Directores.

Antenas Colineales

Constan de varios dipolos o monopolos situados a lo largo de su eje. La ganancia de esta antena es función del número de dipolos o monopolos y su separación entre puntos de alimentación. Dicho de otro modo, las antenas colineales están en prolongación sobre un mismo eje una a continuación de otra.

Evidentemente, hay una proximidad física entre las antenas, interactuando entre ellas al estar una inmersa en el campo de radiación de la otra y recíprocamente. La primera, encontrándose dentro del campo de la segunda, va a ser sede de una corriente inducida que se va a superponer a la corriente primitiva para dar una corriente resultante cuyo valor dependerá de la fase respectiva de las dos corrientes que la componen.



Por este motivo estos dispositivos forman lo que se conoce como arreglos en fase. Si una antena dipolo simple irradia máximo en una dirección perpendicular al conductor que la forma, colocando dipolos uno a continuación de otro, en prolongación, sobre la misma línea, y conectados de manera adecuada, este arreglo tendrá también una radiación máxima en sentido perpendicular al eje de la antena así formada. Esto se conoce como arreglo en fase de radiación transversal (collinear array).

Si los dipolos están en fase, se suman las señales. Se logra enfatizar los dipolos de media onda enlazándolos con secciones de línea de transmisión de un cuarto de onda que causan una inversión de fase entre extremos adyacentes.

Las antenas colineales se montan generalmente con el eje principal en posición vertical. De este modo serán omnidireccionales en el plano horizontal pero tendrán un Angulo de radiación estrecho en el plano vertical. Por lo tanto son excelentes antenas para estaciones de base (como una FM comercial) y también para radio bases para los sistemas de radio móviles.

Antenas Parabólicas

Este tipo de antena utiliza el principio de superficie reflectora para obtener grandes ganancias, siempre que la relación entre el área de la superficie reflectora entre la longitud de onda sea grande. Básicamente se trata de un reflector parabólico, en cuyo foco se instala el elemento radiante. Su lóbulo de radiación es estrecho en los planos vertical y horizontal, de aquí su gran ganancia.

Este tipo de antenas se utiliza para el seguimiento de los satélites y en grandes observatorios, pero actualmente también son numerosos los radioaficionados que las utilizan para sus comunicados en UHF y SHF. Tienen una ganancia elevada.

En las antenas parabólicas transmisoras el reflector parabólico refleja la onda electromagnética generada por un dispositivo radiante que se encuentra ubicado en el foco del reflector parabólico, y los frentes de ondas que genera salen de este reflector en forma más coherente que otro tipo de antenas, mientras que en las antenas receptoras el reflector parabólico concentra la onda incidente en su foco donde también se encuentra un detector. Normalmente estas antenas en redes de microondas operan en forma full dúplex, es decir, transmiten y reciben simultáneamente.

Tipos de antenas parabólicas: Atendiendo a la superficie reflectora, pueden diferenciarse varios tipos de antenas parabólicas, los más extendidos son los siguientes:

- **De foco centrado o primario:** que se caracteriza por tener el reflector parabólico centrado respecto del foco.
- **De foco desplazado u offset:** que se caracteriza por tener el reflector parabólico desplazado respecto del foco. Son más eficientes que las parabólicas de foco centrado, porque el alimentador no hace sombra sobre la superficie reflectora.
- **Cassegrain:** que se caracteriza por llevar un segundo reflector cerca de su foco, el cual refleja la onda radiada desde el dispositivo radiante hacia el reflector en las antenas transmisoras, o refleja la onda recibida desde el reflector hacia el dispositivo detector en las antenas receptoras.

Otras antenas



Antena Bi-Quad



Antena colineal



Cantenna para 2,4 GHz WiFi

Líneas de transmisión

Utilización

En todo cuarto de radio nos encontraremos con una gran variedad de cables: de alimentación de los equipos, de interconexión de las señales de audio, de control de los rotores, coaxiales... Todos ellos son diferentes entre sí, de diferentes materiales y con distintos diámetros, en función de la potencia y fundamentalmente de la frecuencia de las señales que transporten en su interior.

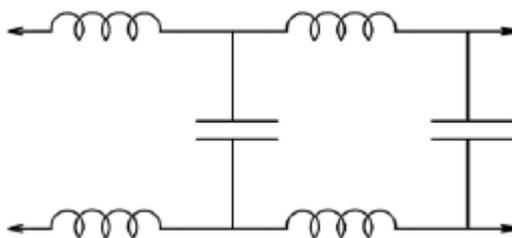
El término “líneas de transmisión” en el ámbito de los radioaficionados se emplea para referirnos a aquellos “cables” que llevan la señal desde el transmisor de radio hasta la antena, o desde la antena hasta el receptor. Habitualmente disponemos de transceptores, con lo que tendremos una única línea de transmisión por la que viajan las señales de radiofrecuencia (RF) desde y hacia la antena, que será la que se encargue de captarlas y radiarlas, respectivamente. Las líneas de transmisión son indispensables para los radioaficionados, puesto que las antenas no suelen (ni deben) estar en el cuarto de radio, sino en el lugar más alto y despejado de nuestra vivienda. No hay otra forma de llevar la señal de RF hasta ellas que mediante líneas de transmisión.

Problemática de las líneas

¿Cuál es por tanto la misión de las líneas de transmisión? Pues simplemente la de conducir las señales de radiofrecuencia.

Así a primera vista, no parece una tarea difícil, pero sí lo es. En primer lugar, los campos electromagnéticos que componen las señales de radio sufren una atenuación al propagarse por la línea de transmisión, debido a la resistencia de los conductores y a la conductividad del dieléctrico. Esto nos impide tener una línea de transmisión todo lo larga que queramos, si necesitamos tener al otro extremo un cierto valor de señal. La atenuación se suele expresar en decibelios por metro (dB/m), aunque es usual encontrarla en los catálogos como “decibelios cada cien metros”.

En segundo lugar, las características físicas de los materiales que componen las guías dependen de la frecuencia de trabajo. Si quisiéramos modelar un cable mediante una combinación de elementos pasivos, nos encontraríamos con una resistencia e inductancia en serie y una conductancia y capacidad en paralelo.



Así, una línea de transmisión que funcione correctamente en la banda de HF puede ser totalmente inútil en la banda de UHF (entendiendo por inútil que la atenuación que presenta es muy alta).

Como ejemplo, un cable coaxial tipo RG-58 presenta una atenuación de 0.4 dB/100 metros a 1MHz, mientras que si la frecuencia de trabajo es de 100 MHz la atenuación es de 4.3 dB/100m.

En tercer lugar, no podemos introducir en un cable toda la potencia que deseemos. Los materiales admiten unas tensiones máximas que no podemos exceder. Así, el RG-58 admite una tensión máxima de 1400 V, mientras que el RG-213, otro coaxial muy popular entre los radioaficionados, soporta una tensión máxima de 3700 V.

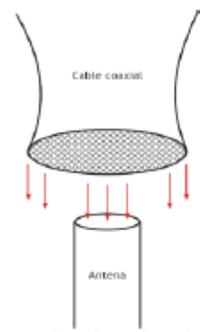
Por otra parte, toda línea de transmisión tiene una impedancia característica, que viene determinada por su geometría y las características físicas de sus conductores y dieléctricos. Esa impedancia es el cociente entre el campo eléctrico y el magnético de la onda de radio que viaja en su interior, y veremos más adelante que si la carga a la que conectamos la antena no tiene la misma impedancia que la línea, se produce una reflexión de la señal.

Es común tener cables coaxiales con una impedancia característica, Z_0 , de 50 Ω (como el RG-58 y el RG-213) o de 75 Ω (como el RG-59 o el RG-216). Otro parámetro importante es el factor de velocidad, que se expresa como el cociente en tanto por ciento de la velocidad de propagación en el cable respecto a la velocidad de propagación en el vacío. Para el RG-58, el factor de velocidad es del 66%, que es un valor típico en cables coaxiales).

Si la carga en la que acaba no está adaptada a la línea, parte de la potencia se refleja, viajando desde la carga hacia el generador. En este caso no se entrega a la carga toda la potencia, y al volver ésta al generador puede haber un exceso de corriente o de tensión y dañarse los circuitos de salida del mismo. Un símil que ayuda a comprenderlo sería considerar el cable coaxial como un tubo del que sale agua (que sería la señal de radiofrecuencia) y la antena como un tubo que admite agua.

Si los diámetros (impedancias) de las bocas de ambos tubos no son iguales, se produce una desadaptación: parte del agua no entrará en el tubo. En el caso real, parte de la señal se refleja al transmisor.

El grado de desadaptación de la línea respecto a la carga se mide por la relación de ondas estacionarias (ROE o SWR, Standing Wave Ratio). La ROE es el cociente entre el valor de pico máximo del voltaje en la línea y el valor mínimo del voltaje en la línea; así, es siempre mayor que uno. Si la adaptación es perfecta la ROE es de 1:1, si es algo peor puede ser 1:1,5, 1:2, 1:3, etc., hasta 1:1.

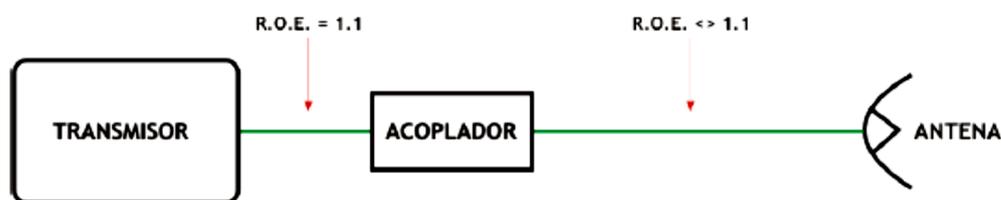


Cuando la ROE es de 1:1, toda la potencia que genera el transmisor es entregada a la antena, y al no haber reflexiones la distribución del voltaje a lo largo de la línea es constante. Que sea infinita significa que se refleja toda la potencia, que no se entrega nada a la carga. Esto ocurre cuando la carga es un cortocircuito, un circuito abierto o si es totalmente reactiva (sin resistencia). Con ROE 1:1, habrá baja potencia reflejada y alta potencia incidente e irradiada.

¿Qué significa la sigla R.O.E.?
Relación de Ondas Estacionarias.

Si queremos usar una antena desadaptada sin dañar el transmisor y entregando la máxima potencia, necesitamos un circuito que transforme una impedancia en otra. Esto se consigue con un acoplador de antenas, que es también un elemento común en los cuartos de radio. Generalmente llevan dos condensadores variables y una inductancia con varias tomas, y pueden ser automáticos o manuales

En el último caso, será el operador quien tendrá que ajustar la bobina y los condensadores para conseguir una ROE mínima. La función del acoplador de antenas es hacer que el transmisor vea la impedancia que necesita (habitualmente 50), independientemente de la impedancia de la carga. Con esto, la ROE en la línea no será 1:1 pero sí lo será en el tramo de coaxial que une el transmisor con el acoplador.



Empleo de acoplador de antenas para lograr una R.O.E. 1:1 en Tx.

¿Con qué instrumento medimos la R.O.E. ?
a) Medidor de ondas estacionarias.

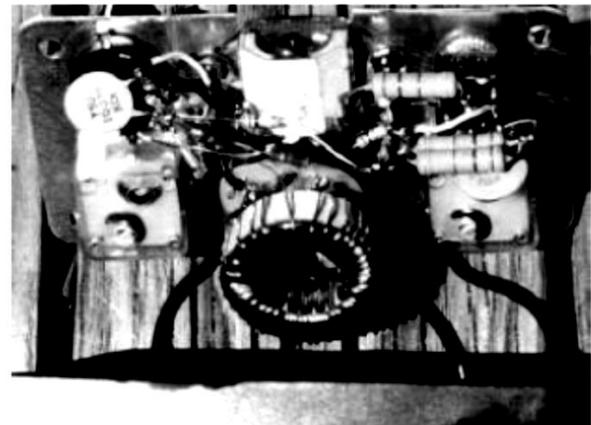
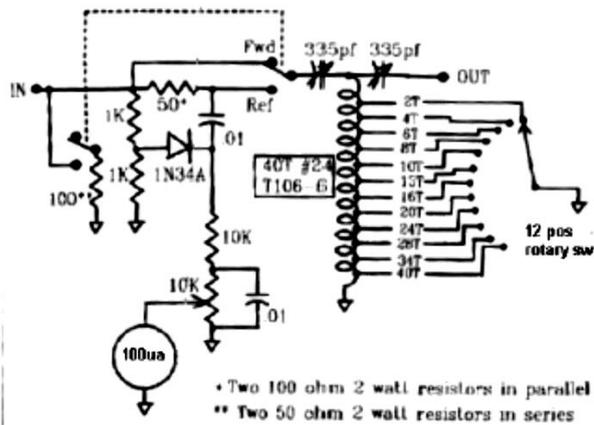
¿Qué permite realizar el sintonizador de antena (transmatch)?
Adaptar impedancias entre transmisor y línea de alimentación.

El llamado Acoplador de Antena (Transmatch) se utiliza especialmente cuando se desea alimentar una antena ligeramente fuera de su frecuencia de diseño, con antena multibanda, cuando se utiliza una línea de transmisión resonante para alimentar al irradiante, cuando se emplea una antena de conductor largo conectada directamente por un extremo al equipo de radio. La función específica del acoplador, es la de transformar la impedancia de la línea de transmisión y/o del irradiante, hasta el valor adecuado de impedancia de los equipos de radio, que es de 50 ohm. Al mismo tiempo, puede eliminar o reducir la irradiación de armónicas y sintonizar el sistema línea de transmisión / antena a resonancia.

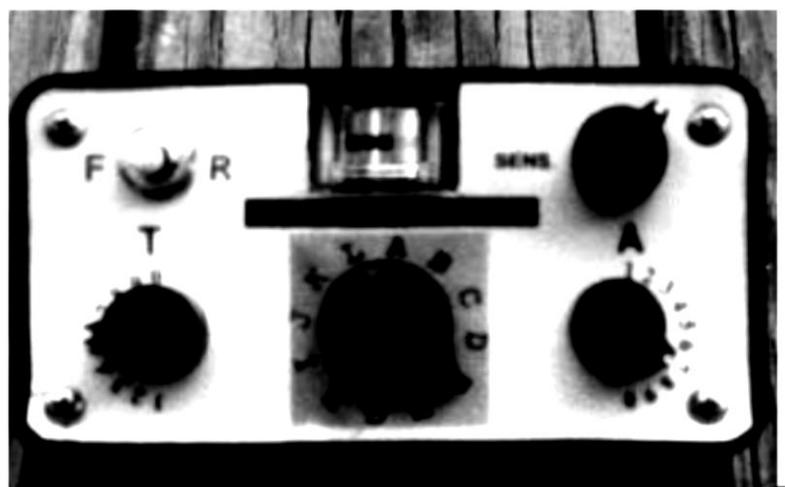
Por otra parte, también contribuirá a la recepción de señales débiles en mejores condiciones.

Se debe tener muy en cuenta que el Acoplador de Antena no tiene nada que ver con la R.O.E en la línea de transmisión entre el equipo y la antena. La R.O.E es una medida de la desadaptación de impedancia que existe en una línea de transmisión entre el punto de alimentación de la antena y la impedancia característica de la línea, por lo tanto el acoplador no puede modificar estas condiciones. O sea, que si hay una elevada R.O.E en la línea de transmisión, la incorporación del

Acoplador de Antena no mejorará el comportamiento. Este problema se resuelve exclusivamente adaptando la impedancia entre el punto de alimentación de la antena y la línea de transmisión que se utilice, que nada tiene que ver con la incorporación del acoplador.



Transmatch sencillo



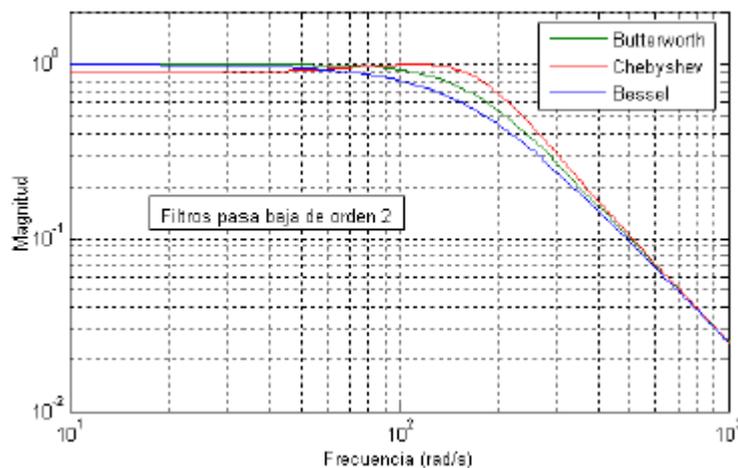
Fronte del transmatch

Es tremendamente importante que antes de emplear una antena comprobemos la relación de ondas estacionarias. El rango aconsejado de trabajo es por debajo de 1:2.

Por otro lado, cuando tenemos que alimentar un dipolo y no lo hacemos con una línea paralela, la alimentación que es-tamos dando al dipolo no es simétrica (puesto que una rama del dipolo va conectada al vivo y la otra a la malla, que está conectada a tierra).

Esto provoca la aparición de RF por la cara externa del coaxial, y por consiguiente toda la línea hace de antena: se de-forma el diagrama de radiación, se interfiere en aparatos eléctricos e incluso el operador puede sufrir calambres al tocar partes metálicas del transceptor. Este problema se soluciona intercalando entre el coaxial y el dipolo un dispositivo conocido como balún (contracción de balanced-unbalanced, del inglés simétrico-asimétrico).

Podemos construirnos un balún con un arrollamiento del coaxial sobres sí mismo, o sobre un núcleo de ferrita para aumentar la inductancia. Así se forma un choque de RF, de alta reactancia para la corriente que circula por la cara externa.



FILTROS: Un filtro eléctrico o filtro electrónico es un elemento que discrimina una determinada frecuencia o gama de frecuencias de una señal eléctrica que pasa a través de él, pudiendo modificar tanto su amplitud como su fase.

Los filtros son redes que permiten el paso o detienen el paso de un determinado grupo de frecuencias (banda de frecuencias).

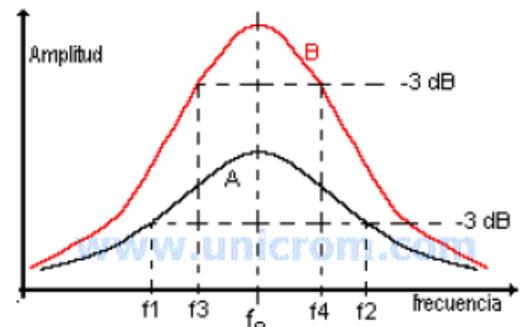
- Tipos de filtro:
- Filtro paso bajo
- Filtro pasa banda
- Filtro supresor de banda

En los filtros paso bajo y paso alto, una de sus principales características es su frecuencia de corte, que delimita el grupo de las frecuencias que pasan o no pasan por el filtro.

En el filtro paso bajo pasarán las frecuencias por debajo de la frecuencia de corte y en el filtro paso alto pasarán las frecuencias por encima de la frecuencia de corte.

En los filtros pasa banda, las principales características son: frecuencia central ancho de banda factor de calidad

- ✓ La curva A (en negro): - muestra una frecuencia central f_0 (frecuencia de resonancia) - ancho de banda va de f_1 a f_2 .
- ✓ La curva B (en rojo): - muestra una frecuencia central f_0 (frecuencia de resonancia) - ancho de banda va de f_3 a f_4 .



Las dos curvas son de dos filtros con la misma frecuencia central.

Un filtro elimina una parte del contenido espectral de una señal, obteniéndose una nueva señal que es una aproximación de la original.

¿A qué se le llama I.T.V ?
Interferencia a televisores.

Tipos de líneas de transmisión

Antes de los años 40 no existía el cable coaxial y se empleaban en su lugar dos hilos paralelos, lo que se conocía como "línea paralela". Este tipo de línea tiene sus ventajas e inconvenientes. Al no llevar blindaje, le afectan los objetos metálicos cercanos y puede interferir y captar ruidos del entorno. Como contraparte, presentaba la ventaja de que el dieléctrico es aire, por lo que tiene unas pérdidas casi despreciables incluso con ROE elevada

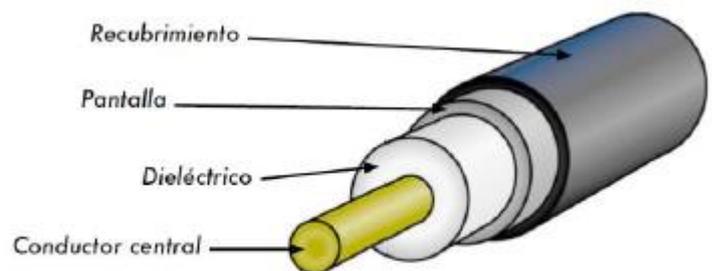
El cable coaxial vino a sustituir a la línea paralela, estando formado por dos conductores concéntricos aislados entre sí por un dieléctrico y recubiertos por otro material aislante que los protege de los agentes externos, formando una estructura cilíndrica. Al conductor más interno se le denomina habitualmente vivo y al más externo malla, por estar trenzado formando una especie de rejilla. La malla hace que los campos electromagnéticos queden confinados entre los dos conductores, lo que minimiza la radiación hacia el exterior y la captación de interferencias externas. Es usual hoy en día ver decenas de coaxiales discurrendo longitudinalmente unos con otros sin que se produzca entre ellos interferencia apreciable, lo cual no sería posible con la línea paralela. En este caso, la separación recomendada es de varias veces la separación entre conductores.

El conductor usado suele ser cobre y como aislante se emplea PVC (poli cloruro de vinilo), polietileno o teflón. Los cables de alta calidad para frecuencias muy altas (por ejemplo repetidores de telefonía móvil o televisión) tienen aire como dieléctrico, lo cual dificulta la construcción mecánica.

El cable coaxial es hoy en día un producto del que existe una extensa gama en el mercado, tanto de fabricantes como de modelos. A la hora de escoger uno para una aplicación en concreto tendremos que atender a los puntos indicados anteriormente: atenuación a la frecuencia de trabajo y potencia máxima. En general, cuanto mayor diámetro tenga el coaxial, mayores frecuencias de trabajo podrá soportar, y cuanto mejor sea el dieléctrico, menor atenuación.

Si bien para frecuencias de HF e inferiores la calidad del cable coaxial empleado no es tan crítica, para frecuencias de la banda de VHF y superiores es un parámetro crítico, puesto que la atenuación aumenta con la frecuencia y habrá que intentar minimizar en la medida de lo posible la distancia desde la carga (antena) al transceptor.

Una cuestión fundamental que debemos comprender, sobre todo en esta época en que el ruido producido por el hombre en especial en las grandes ciudades tiene niveles insoportables, que dejan casi inoperativas las bandas de frecuencias más bajas (160 y 80 metros), la importancia de utilizar cables coaxiales de dieléctrico FOAM y de ser posible realizar la inversión y adquirir los del tipo Cellflex de 1/2", teniendo en cuenta la gran disminución de ruido que se produce con su uso.



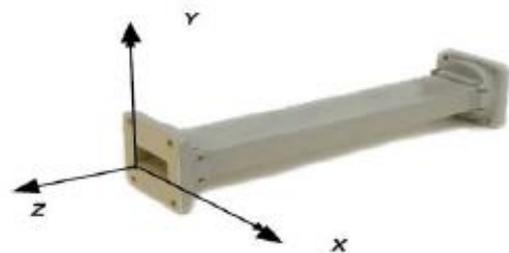
Cable coaxial detalles constructivos

El cable coaxial RG58 es el menos recomendado para VHF y UHF por sus mayores pérdidas.

El cable coaxial RG58U tiene una impedancia característica de 50 Ohm.

Ver la tabla que está en las próximas páginas y observar que este cable posee una atenuación de 4,6 dB cada 100 metros en 10 MHz y en 50 MHz casi el doble.

En la página 122 podemos ver una tabla de diferentes cables coaxiales.



Guía de onda para microondas

El cable coaxial RG(U) y el RG213U tienen una impedancia característica de aproximadamente 50 Ohm.

Un transmisor en 146 MHz. alimenta en un extremo una línea coaxial RG-58-U de 100 m. y en el otro extremo se conecta una antena. Colocándose vatímetros en ambas puntas, ¿qué se verifica?:

La potencia que llega a la antena es menor que la que sale del transmisor.

Las líneas abiertas son líneas de transmisión:
Balanceadas.

Las líneas abiertas tienen:

No se encuentran entradas de índice. Menor pérdida que las líneas coaxiales.

Calibración de un cable coaxil

Esquema de como conectar el tranceptor, el roimetro y la carga fantasma para cortar el coaxial a múltiplos exactos de 1/2 longitud de onda en una frecuencia determinada

La fórmula a utilizar es:
$$l [m] = \frac{(n \cdot 150 \cdot V_p)}{f [Mhz.]}$$

Líneas de transmisión de conductor paralelos

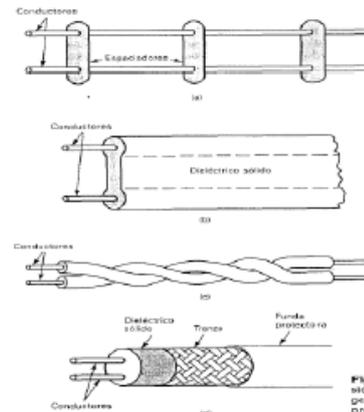


Figura 8-6 Líneas de transmisión: (a) cable abierto; (b) cables gemelos; (c) par trenzado; (d) par protegido.

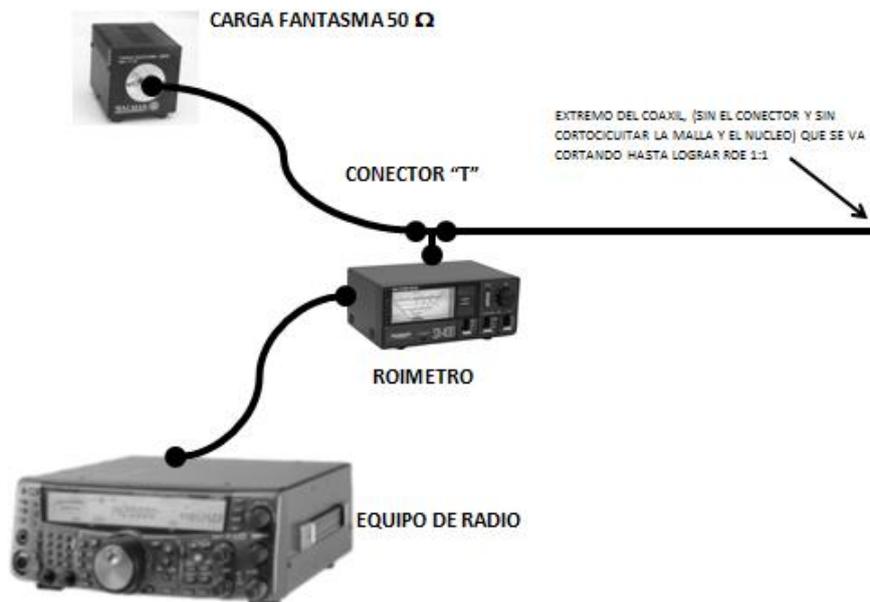


Tabla de características de los principales cables coaxiales

Características de los Cables Coaxiales													
Coaxial	Ohm	Factor Veloc	Aislan. Dieléct.	Tensión Máx RMS	pF Por Metro	Atenuación en decibelios por cada 100 mts							Diam. en mm
						10 Mhz	50 Mhz	100 mhz	200 Mhz	400 Mhz	1 Ghz	3 Ghz	
RG-5	50	0,66	Esp PE	-----	93,5	2,72	6,23	8,85	13,5	19,4	32,15	75,5	8,3
RG-6	75	0,66	Esp PE	-----	61,6	2,72	6,23	8,85	13,5	19,4	32,15	75,5	8,5
RG-8	52	0,66	PE	4.000	97	1,8	4,27	6,23	8,86	13,5	26,3	52,5	10,3
RG-9	51	0,66	PE	4.000	98	2,17	4,92	7,55	10,8	16,4	28,9	59	10,7
RG-10	52	0,66	-----	-----	100	1,8	4,25	6,25	8,85	13,5	26,3	52,5	12
RG-11	75	0,66	Esp PE	4.000	67	2,18	5,25	7,55	10,8	15,8	25,6	54	10,3
RG-12	75	0,66	PE	4.000	67	2,18	5,25	7,55	10,8	15,8	25,6	54	12
RG-13	74	0,66	-----	-----	67	2,18	5,25	7,55	10,8	15,8	25,6	54	10,7
RG-14	52	0,66	-----	-----	98,4	1,35	3,28	4,6	6,55	10,2	18	41	13,9
RG-17	52	0,66	PE	11.000	67	0,8	2,05	3,15	4,9	7,85	14,4	31,1	22,1
RG-18	52	0,66	-----	-----	100	0,8	2,05	3,15	4,9	7,85	14,4	31,1	24
RG-19	52	0,66	-----	-----	100	0,55	1,5	2,3	3,7	6,05	11,8	25,3	28,5
RG-20	52	0,66	-----	-----	100	0,55	1,5	2,3	3,7	6,05	11,8	25,3	30,4
RG-21	53	0,66	-----	-----	98	14,4	30,5	47,7	59	85,3	141	279	8,5
RG-34	75	0,66	-----	-----	67	1,05	2,79	4,6	6,9	10,8	19	52,5	15,9
RG-35	75	0,66	-----	-----	67	0,8	1,9	2,8	4,15	6,4	11,5	28,2	24
RG-55	53,5	0,66	PE	1.900	93	3,94	10,5	15,8	23	32,8	54,1	100	5,3
RG-58	50	0,66	PE	1.900	93	4,6	10,8	16,1	24,3	39,4	78,7	177	5
RG-59	73	0,66	PE	600	69	3,6	7,85	11,2	16,1	23	39,4	87	6,2
RG-74	52	0,66	-----	-----	98	1,35	3,28	4,59	6,56	10,7	18	41	15,7
RG-122	50	0,66	-----	-----	-----	5,58	14,8	23	36,1	54,1	95,1	187	4,1
RG-142	50	0,7	PTFE	1.900	96	3,6	8,85	12,8	18,5	26,3	44,25	88,6	4,9
RG-174	50	0,66	PTFE	1.500	101	12,8	21,7	29,2	39,4	57,4	98,4	210	2,6
RG-177	50	0,66	-----	-----	-----	0,7	2,03	3,12	4,92	7,85	14,4	31,2	22,7
RG-178	50	0,69	-----	-----	-----	18,4	34,5	45,9	63,3	91,9	151	279	1,9
RG-179	75	0,69	-----	-----	-----	17,4	27,9	32,8	41	52,5	78,7	144	2,5
RG-180	95	0,69	-----	-----	-----	10,8	15,1	18,7	24,9	35,5	55,8	115	3,7
RG-187	75	0,69	-----	-----	-----	17,4	27,9	32,8	41	52,5	78,7	144	2,8
RG-188	50	0,69	-----	-----	-----	19,7	31,5	37,4	46,6	54,8	102	197	2,8
RG-195	95	0,69	-----	-----	-----	10,8	15,1	18,7	24,9	35,4	55,8	115	3,9
RG-196	50	0,69	-----	-----	-----	18,4	34,5	45,2	62,3	91,9	151	279	2
RG-212	50	0,66	-----	-----	-----	2,72	6,23	8,86	13,5	19,4	32,2	75,5	8,5
RG-213	50	0,66	PE	5.000	101	1,8	4,3	6,25	8,85	13,5	26,3	52,5	10,3
RG-214	50	0,66	PE	5.000	101	2,15	4,95	7,55	10,8	16,4	28,9	59	10,8
RG-215	50	0,66	PE	5.000	101	1,8	4,3	8,2	8,85	13,5	26,3	52,5	10,3
RG-216	75	0,66	PE	5.000	67	2,15	5,25	7,55	10,8	15,8	25,6	54,1	10,8
RG-217	50	0,66	-----	-----	-----	1,35	3,3	4,6	6,55	10,2	18	40,5	13,8
RG-218	50	0,66	-----	-----	96	0,8	2,05	3,1	4,9	7,85	14,4	31,2	22,1
RG-219	50	0,66	-----	-----	-----	0,8	2,05	3,1	4,9	7,85	14,4	31,2	24
RG-220	50	0,66	-----	-----	96	0,55	1,5	2,3	3,7	6,1	11,8	25,5	28,5
RG-221	50	0,66	-----	-----	-----	0,55	1,5	2,3	3,7	6,1	11,8	25,5	30,4
RG-222	50	0,66	-----	-----	-----	14,4	30,5	42,7	59,1	85,3	141	279	8,5
RG-223	50	0,66	PE	1.900	101	3,95	10,5	15,8	23	32,8	54,1	100	5,4
RG-302	75	0,69	-----	-----	-----	1,5	4	10,8	15,4	22,6	41,9	85,25	5,3
RG-303	50	0,69	-----	-----	-----	3,61	8,86	12,8	18,5	26,3	44,3	88,6	4,3
RG-316	50	0,69	-----	-----	-----	19,7	31,5	37,4	46,6	54,8	102	197	2,6

NOTAS

PE = Polietileno

Esp. PE = Espuma de Polietileno

PTFE = Teflón (Politetrafluoroetileno)

RG-214 y RG-223 = Con doble protección (Doble apantallado)

Índice

Introducción	1
TEMA 1 Electricidad	
Magnitudes eléctricas	1
La ley de OHM	1
Múltiplos y Submúltiplos	3
Tipos de conexión o asociación de componentes	4
Corriente continua o directa y corriente alterna	4
Instrumentos de medición	7
TEMA 2 Electrónica	
Los materiales semi conductores	11
Componentes electrónicos	11
Resistencias o resistores	11
Termistores	16
Capacitores	16
Diodos	24
Transistores	26
Válvulas termoiónicas	27
TEMA 3 Magnetismo – electromagnetismo	
Introducción	28
Campo magnético	29
Inducción	31
Ley de Lenz	32
Inductancia	33
TEMA 4 Fuente de alimentación	
Concepto y componentes	34
Transformadores	34
Rectificador	37
Filtrado	39
Regulador	39
Fusibles	40
TEMA 5 Generadores de corriente	
Introducción	41
Generadores de tensión de corriente continua	41
Generadores de tensión de corriente alterna	42
Reactancia capacitiva	44
Reactancia inductiva	46
Impedancia	47

TEMA 6 Generadores de radiofrecuencia

Introducción	47
Generación de ondas de radiofrecuencia	47
Oscilador L – C	48
Resonancia	49
Frecuencia de la señal	50
Oscilador a cristal	50
Oscilador de frecuencia variable (OFV en Inglés VFO)	52
Velocidad de la luz	52
Longitud de onda	52

TEMA 7 Transmisión radioeléctrica

Introducción	53
La amplificación	55
La modulación	56
Tipos de modulación	57
La modulación de amplitud AM	58
Emisión en telegrafía A1A (CW)	60
Emisión en Amplitud Modulada A3E (AM)	61
Emisión en Banda Lateral J3E	62
Emisión en Frecuencia Modulada F3E	64
Receptores de radio	64
Recepción de A3E (AM)	66
Recepción en F3E (FM)	68
El demodulador de FM	69
Receptor de J3E (BLU o SSB)	69
Sensibilidad	71
Selectividad	72
Receptores y transceptores	72

Tema 8 Propagación

Ondas electromagnéticas	74
Espectro Radioeléctrico y propagación	77
Asignación para radioaficionados	78
El SOL y las manchas solares. La colaboración del sol	79
Ayuda desde la ionósfera	80
Regiones de la ionósfera	80
Llamaradas solares (cuando el sol no coopera)	83
¿Cuán lejos puede ir su señal?	83
Propagación predecible	84
Pasos de propagación	84
Propagación por zona gris	85
Propagación de pasos curvos	86
Propagación durante el año	86
Sepa cuándo y dónde escuchar en cada banda	89
Pronósticos de propagación WWV / WWVH 90	90
Frecuencias Medias o MF (300 kHz–3 MHz)	91
Frecuencias Altas o HF (3–30 MHz)	91
Frecuencias Muy Altas o VHF (30–300 MHz)	93

Frecuencias Ultra Altas o UHF (300 MHz – 3 GHz) y superiores	94
El SOL, centro del sistema solar	94
Tema 9 Antenas	
Introducción	96
Ganancia y potencia	98
La ganancia en antenas	98
El radiador isotrópico	98
La ganancia	98
Tipos de ondas	100
Resonancia	101
Impedancia	102
Ancho de banda	103
Polarización	103
Ángulo de radiación	103
Antenas prácticas	103
Antenas verticales	106
Antenas Yagi	107
Antenas Colineales	111
Antenas Parabólicas	112
Líneas de transmisión	113
Tipos de líneas de transmisión	118
Calibración de un cable coaxil	120
Tabla de características de los principales cables coaxiales	121
Índice	122