**ANTENAS PARA RADIOAFICIONADO.**

**EMISIÓN Y RECEPCIÓN DE LAS ONDAS**

Las ondas y el campo electromagnético:

Emisión de la onda electromagnética

Plano de onda y polarización

Intensidad de campo

Atenuación

Longitud de onda

El espectro electromagnético

Interferencia y fase

Líneas de transmisión:

Características de las líneas de transmisión

Relación de Ondas Estacionarias (ROE)

Antenas:

Características de las antenas

Resonancia

Distribución de corriente y voltaje en la antena

Anchura de banda

Distintas clases de antenas

Modulación

**LA PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS.**

Clases de ondas.

La propagación de las ondas:

Refracción y absorción de las ondas

Frecuencia crítica, ángulo crítico y la Máxima Frecuencia Utilizable (MUF)

Distancia de la transmisión: La zona de sombra o “skip zone”, el salto sencillo y múltiple.

La influencia solar:

El flujo solar.

Disturbios solares.

Actividad Geomagnética.

**TORRES Y ESTRUCTURAS DE SOPORTE.**

 Torre de comunicaciones de uso general.

 Especificaciones para torres con vientos.

 Torres con viento.

 Torres articuladas.

 Mantenimiento de las torres.

**EMISIÓN Y RECEPCIÓN DE LAS ONDAS**

**La onda y el campo electromagnético**

**Emisión de las ondas electromagnéticas:**

Siendo la radiocomunicación el resultado de una eficaz emisión y recepción de ondas electromagnéticas es preciso entender aunque sea de forma sucinta como se irradian estas ondas y como se trasladan desde nuestra antena hasta la antena del colega que nos recibe. Ya hemos dicho que la energía aportada a un circuito puede transformarse en otras formas distintas de energía, como la electromagnética. Siempre que fluye una corriente eléctrica por un conductor se produce un campo electromagnético que rodea al conductor, cuya orientación será simétrica a la dirección del flujo de la corriente, y su intensidad y duración será proporcional a la de la corriente que fluye por el conductor.

Al suspenderse el flujo eléctrico en el conductor, el respectivo campo electromagnético a su vez colapsa hacia el conductor. Si debido a la acción de capacitores e inductores, que hacen oscilante o resonante el circuito, invertimos en éste sucesivamente la dirección del flujo de electrones, con una velocidad suficientemente alta para exceder el tiempo que le toma colapsar el respectivo campo electromagnético que rodea al conductor; cada vez que se invierta el sentido del flujo de electrones se producirá otro campo electromagnético proporcional en intensidad al que existía antes, que impedirá que el primero colapse totalmente hacia el conductor y, en cambio, será impulsado hacia el espacio en forma de onda electromagnética.

Una antena es el ejemplo clásico de un circuito oscilante que convierte la energía radioeléctrica que le entrega el transmisor en ondas electromagnéticas que son irradiadas hacia el espacio.

**El plano de la onda y la polarización**

La onda electromagnética irradiada está compuesta por dos campos de energía: el campo eléctrico y el campo magnético y la energía de la onda se divide equitativamente entre estos dos campos los cuales se expanden por el espacio perpendicularmente entre sí a 300,000,000 metros por segundo, o sea a la velocidad de la luz.

La onda se expande en el inmenso vacío del espacio como una esfera, en todas direcciones, y llega el momento en que se puede representar como una superficie plana (justamente como se representaría sobre el papel un mapa de la superficie de la tierra). Este plano que representa la onda cuando se encuentra lo suficientemente alejada de su punto de origen se denomina plano de la onda.

### El plano de onda indica el sentido de la polarización de la onda conforme sea la dirección de las líneas que representan del campo eléctrico.

Fig. Plano de la onda (wave front) y la polarización representados por las líneas del campo eléctrico (verticales) y magnético (horizontales) cruzadas perpendicularmente entre sí.

En el dibujo la polarización es vertical porque el sentido del campo eléctrico es perpendicular a la tierra. Si el sentido del campo eléctrico fuera horizontal, se dice que la onda esta polarizada horizontalmente. En algunos casos, la polarización puede ser algo intermedio entre horizontal y vertical, y, en otros casos, la polarización no es fija, si no que rota continuamente. Cuando esto sucede, se dice que se trata de una onda polarizada elípticamente.

**Intensidad de campo:**

La fuerza de la onda electromagnética se mide en términos del voltaje que existe entre un punto de una línea del campo eléctrico y otro en el plano de la onda. La unidad de longitud es el metro y dado que usualmente el voltaje de una onda electromagnética es muy bajo, la medición es hecha en micro volts por metro.

Habrá ocasiones en que por razones prácticas el radioaficionado requerirá conocer la intensidad de campo de irradiación de su antena, ya sea para determinar la eficiencia o la dirección de la irradiación de la antena; para ello utilizará un medidor de intensidad de campo o “field strength meter”.

**Atenuación:**

Al atravesar el espacio, la intensidad de campo de una onda irá disminuyendo a medida que ésta se aleja de la antena que la irradia. Este fenómeno se conoce como atenuación de la onda.

Si la intensidad de campo a 1 Km. del origen de la onda es de 100 microvolts por metro, la intensidad a 2 Km. será 50 microvolts por metro, y a 100 Km. será de 1 microvolt por metro y así sucesivamente. La disminución de la intensidad del campo es causada por la dispersión de la energía al expandirse cada vez más la onda conforme se aleja de la fuente. En la realidad la atenuación que sufre la onda de radio es mucho mayor, ya que ordinariamente la onda no viaja por un espacio libre de obstáculos o en línea directa de la antena emisora a la antena receptora.

**Longitud de onda:**

A la acción del electrón de atravesar completamente el circuito oscilante de una antena, de un extremo al otro y regreso, se le denomina ciclo. La cantidad de veces que el electrón atraviesa el conductor ida y vuelta en un segundo corresponde a los ciclos por segundo, que es la unidad de medida de la frecuencia. Hoy en honor a Heinrich Rudolph Hertz la medida de la frecuencia se expresa en hertzios o hercios (Hz.), lo que equivale a ciclos por segundos, y sus exponentes decimales son los kilohercios (Khz.), megahercios (MHz.) y giga hertzios (GHz.).

## 1,000 hercios (Hz.)= 1 kilohercio (KHz.)

1,000,000 hercios = 1 megahercio (MHz.)

1,000,000,000 hercios = 1 gigahercio (GHz.)

Existe una relación bien definida entre la frecuencia y la velocidad con que se propaga la onda electromagnética. Siendo que la frecuencia de una onda es el número de ciclos completos que ocurren en cada segundo y que las ondas electromagnéticas se expanden hacia el espacio a la velocidad de la luz, o sea a 300,000,000 metros por segundo, y que esa velocidad es constante e invariable, se puede derivar la distancia que existirá en un momento dado entre dos puntos correspondientes en planos de ondas consecutivos. Esa distancia se conoce como la longitud de onda y se representa con el signo griego lambda “λ”

Como la longitud de la onda solamente variará si varía la frecuencia y viceversa, la longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia. A más alta frecuencia menor será la longitud de onda y a más alta longitud de onda, más baja la frecuencia.

# Longitud de onda = velocidad / frecuencia

 λ = ν /f

Donde (λ) es la longitud de la onda en metros, (ν) es la velocidad con que se desplaza la onda y (ƒ) es la frecuencia en hertzios del movimiento ondulatorio. La longitud de la onda se mide en metros, aunque las ondas muy cortas pueden medirse en centímetros y hasta milímetros.

Fig. Longitud de onda

**El espectro electromagnético:**

El espacio en donde coexisten las ondas electromagnéticas se denomina el espectro electromagnético, y para la generación de ondas electromagnéticas son necesarias frecuencias que van desde algunos miles de hercios hasta los gigaherz.

|  |  |
| --- | --- |
| Nombre | Rango de la frecuencia |
| Radiofrecuencia (RF) | 3KHz. - 300 GHz. |
| Luz infrarroja | 300 GHz. - 4.3x1014 Hz. |
| Luz visible | 4.3x1014 Hz. - 1.0x1015 Hz. |
| Luz ultravioleta | 1.0x1015 Hz – 6x1016 Hz. |
| Rayos X | 6x1016 Hz. – 3.0x1019 Hz. |
| Rayos Gamma | 3.0x1019 Hz – 5.0x1020 Hz. |
|  |  |

Las ondas de radio, denominadas radiofrecuencia (RF), con respecto a su longitud de onda se pueden clasificar en:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Frecuencias | Subdivisión métrica |  | Denominación |  |
| 3 a 30 KHz | Ondas miriamétricas | VLF (Frecuencias muy bajas) |
| 30 a 300 KHz. | Ondas kilométricas | LF (Frecuencias bajas) |
| 300 a 3000 KHz | Ondas hectométricas | MF (Frecuencias medias) |
| 3 a 30 MHz | Ondas decamétricas | HF (Frecuencias altas) |
| 30 a 300 MHz | Ondas métricas | VHF (Frecuencias muy altas) |
| 300 a 3000 MHz | Ondas decimétricas | UHF (Frecuencias ultra altas) |
| 3 a 30 GHz. | Ondas centimétricas | SHF (Frecuencias super altas) |
| 30 a 300 GHz. | Ondas milimetricas | EHF (Frecuencias extremadamente altas) |

**Interferencia y Fase:**

Cuando dos ondas se cruzan se pueden producir cambios o variaciones, favorables o desfavorables, en la amplitud de las ondas. Esta variación, como resultado de combinar dos o más ondas se llama interferencia.

Las ondas que se encuentran con sus crestas y sus valles juntas se dice que están en fase. Las ondas que se encuentran con las crestas de una sobre los valles de la otra se dice que están desfasadas.

Fase de las ondas

###

### Líneas de transmisión

**Características de las líneas de transmisión:**

Por lo general las antenas se instalan algo lejos del equipo de radio y de alguna manera hay que llevar la energía de radio frecuencia (RF) hasta la antena con la mínima pérdida y sin que ésta se irradie. Tal es la función de las líneas de transmisión.

Usualmente empleamos el término línea de transmisión para referirnos principalmente a los cables que llevan la energía de radio frecuencia de nuestro transceptor a la antena y viceversa; no obstante, también se consideran líneas de transmisión las líneas que conectan nuestros equipos entre sí.

### Es importante que las líneas de transmisión no irradien la energía, sino que la transporten con el máximo rendimiento posible.

Existen varios tipos de líneas de transmisión y cada uno tiene particularidades propias para ser más eficiente en determinadas aplicaciones, por lo que hay que conocer las características físicas y características eléctricas que distinguen los diferentes tipos de líneas de transmisión. De acuerdo a las características físicas de las líneas de transmisión, éstas pueden ser: paralelas o bifilares y coaxiales en razón de la forma en que están dispuestos los conductores que la integran.

Las líneas paralelas o bifilares están conformadas por dos conductores paralelos e independientes. Este tipo de línea presenta algunas ventajas e inconvenientes. Los campos electromagnéticos que generan los conductores iguales y paralelos se anulan entre sí, evitando que la

línea irradie y, siendo el aire el dieléctrico que aísla los conductores, tienen mínimas pérdidas. Sin embargo, las líneas paralelas son más difíciles de instalar y son afectadas por los objetos metálicos cercanos además de ser capaces de causar interferencia o de captar ruidos del entorno.

Las líneas coaxiales están formadas por conductores concéntricos (un conductor interno central y otro externo en forma de malla) que están aislados entre sí por un dieléctrico que puede ser de polietileno, vinilo u otros materiales, y protegidos por un forro externo, adquiriendo una forma cilíndrica. Aunque las líneas coaxiales tienen una mayor pérdida de energía que las líneas paralelas por causa del material dieléctrico, el conductor externo o malla del coaxial actúa como un “escudo” (motivo por lo que en inglés se le denomina “shield”) que confina dentro de la línea los campos electromagnéticos generados en los conductores, lo que impide la irradiación de radiofrecuencia y la captación de ruidos del entorno en toda su longitud. Además dichas líneas son mucho más prácticas ya que son más fáciles de instalar y manejar.

De acuerdo a las características eléctricas, las líneas de transmisión pueden ser: líneas balanceadas o líneas desbalanceadas conforme esté equilibrado el factor de impedancia existente en los conductores que la integran.

Las líneas paralelas son líneas de transmisión balanceadas lo cual implica que el factor de impedancia de cada uno de los conductores que la integran es similar. En cambio, los coaxiales son líneas de transmisión desbalanceadas en virtud de que el conductor concéntrico o malla del coaxial es de mayor volumen que el conductor central del coaxial, por lo que es imposible que ambos conductores tengan el mismo factor de impedancia. Al acoplar una línea coaxial para alimentar una antena balanceada, como por ejemplo: un dipolo (que reparte la carga de forma pareja entre sus dos ramales iguales) se produce en el coaxial un efecto de desbalance que hará fluir una corriente neta de regreso por la parte externa de la malla del coaxial, produciéndose una irradiación no deseada en el mismo coaxial. La solución para cancelar esta corriente neta es intercalar entre la línea coaxial y la antena balanceada (dipolo) un dispositivo denominado “Balun” cuyo nombre proviene de la contracción de las palabras en inglés “balanced-unbalanced”.

Existen tres factores de importancia que inciden en el funcionamiento eficiente de la línea de transmisión: La impedancia característica de la línea, el factor de velocidad y la pérdida por atenuación.

El primer factor es el de la impedancia característica de la línea de transmisión. Todas las líneas de transmisión presentan cierto factor de impedancia denominada impedancia característica, representada con el símbolo Z0, la cual es determinada por la geometría propia de la línea, las características, y el diámetro de los conductores que la componen y el material del dieléctrico que los separa; cuyo valor se halla en función de la auto inductancia que se produce en la línea y de la capacitancia de la misma. La fórmula de la impedancia característica de una línea de transmisión es: la siguiente:

Z0 = L C

Dónde: L es la inductancia y C la capacitancia de la línea.

Cuando conectamos la línea de transmisión a nuestro transmisor la carga para el transmisor será la impedancia que le presenta la línea de transmisión; impedancia que, en circunstancias normales, será la impedancia característica (Z0) que posee la línea.

Generalmente las líneas paralelas presentan una impedancia característica dentro de un rango que va de 100 Ω a 600 Ω y las líneas coaxiales dentro de un rango que va de 30 Ω a 100 Ω.

Una línea de transmisión solamente presentará su impedancia característica cuando en su terminación exista una carga que tenga una impedancia igual. Por ejemplo, un cable coaxial con una impedancia característica de 50 Ω presentará a nuestro transmisor esa misma impedancia solo si está conectado en su otro extremo a una antena cuya carga le presente a la línea una impedancia similar de 50 Ω.



 Impedancia característica

### La línea de transmisión conectada al transmisor debe tener el mismo factor de impedancia que el existente en el terminal de salida del transmisor, así como también debe ser igual a la impedancia existente en el punto de alimentación de la antena.

Si la onda de energía de radiofrecuencia que atraviesa la línea de transmisión se encuentra con un punto en la línea en que varía la impedancia, parte de la energía será reflejada de regreso hacia el transmisor, resultando dos ondas: Una onda incidente que viaja de transmisor hacia el extremo de la línea y una onda reflejada que regresa desde el punto de variación de la impedancia hacia el transmisor. El producto de la suma vectorial de estas dos ondas contrarias constituyen las ondas estacionarias.

El segundo factor que presentan las líneas de transmisión es el denominado factor de velocidad. Se llama factor de velocidad a la relación entre la velocidad con que el flujo de la energía de radiofrecuencia atraviesa una determinada línea de transmisión, respecto a la velocidad que tendría en una línea teórica cuyo factor de velocidad es igual a uno y su dieléctrico es el vacío. En la practica el factor de velocidad siempre será menor que la unidad. Mientras menor sea el factor de velocidad significa que más tarda el flujo de radio frecuencia en recorrer la línea.

El factor de velocidad correspondiente a las líneas paralelas (línea plana de TV de 300 Ω) es de 0.80 y el de las líneas coaxiales (RG/8) es de 0.66

El tercer factor de importancia es el factor pérdida. En las líneas de transmisión se produce también cierto grado de perdida debido a la atenuación de la energía de radiofrecuencia que atraviesa la línea. El factor de pérdida es generado por los aislantes dieléctricos y los conductores producto a las constantes capacitivas e inductivas, más la resistencia que existen a lo largo de la línea. Las sumas de estos componentes hacen que las líneas de transmisión presenten perdidas que varían logarítmicamente con el largo de la línea y cuya magnitud se expresa en decibeles (dB) por unidad de longitud (cada 100 pies).

Para mayor información a acerca de la impedancia característica, factor de velocidad y factor de pérdidas por atenuación de las líneas de transmisión más comunes, pueden consultarse las tablas que expiden los fabricantes o las que aparecen en algunas obras como: The Antenna Book de la ARRL.

**Relación de las Ondas Estacionarias (ROE)**

Expresamos antes que si la onda de radiofrecuencia, al atravesar la línea de transmisión, encuentra una variación en la impedancia, parte de su energía será reflejada de regreso hacia la fuente de transmisión. Esta energía devuelta que fluye a través de la línea en sentido contrario, en forma de onda reflejada se suma vectorialmente a la onda incidente, produciendo las ondas estacionarias

La relación entre los valores máximos y mínimos de voltaje y de corriente de radio frecuencia en la línea se denomina relación de ondas estacionarias (ROE) o, en inglés, “standing wave ratio (SWR)”, y constituye una medida de relación de desajuste entre la impedancia de la línea de transmisión y la carga (antena)

En una línea de transmisión perfectamente equilibrada en impedancia en el extremo de la carga (antena), la onda de radiofrecuencia –compuesta por el voltaje y la corriente–, será constante en toda la longitud de la línea, fluyendo en un solo sentido a todo lo largo hasta llegar a la antena, donde será totalmente absorbida para ser irradiada. Sin embargo, si la impedancia de la línea no está perfectamente equilibrada con la de la antena, entonces parte de la energía regresará por la línea, produciéndose una interferencia entre las ondas que avanzan por ella hacia la antena y las que vienen de regreso, dando lugar a una onda estacionaria a todo lo largo de la línea, haciendo radiar a esta última. La cantidad de radio frecuencia que será reflejada y la que será absorbida por la antena para ser irradiada es determinada por el grado de desajuste de impedancia existente en la línea de transmisión.

Debido a las ondas estacionarias la impedancia característica de la línea de transmisión ya no será igual en todos los distintos puntos de la línea de transmisión. En algunos puntos de la línea la resultante del encuentro entre la onda incidente y la onda reflejada resultará en un aumento de energía y en otros de disminución (afectando la relación voltaje/corriente). La impedancia resultante en cualquier punto a lo largo de la línea corresponderá a la relación existente entre el voltaje y la corriente ese punto..

Es muy importante la medición del nivel de ondas estacionarias existentes en la línea de transmisión, aún cuando casi todos los transceptores modernos constan de un circuito de protección que reduce la potencia de transmisor frente a la presencia de ondas estacionarias, para ello el radioaficionado debe tener siempre en su estación un aparato medidor de ondas estacionarias (o SWR meter).

40

###

### Antenas.

Hay que advertir de antemano que el tema de las antenas es de por sí muy extenso y de desarrollo bastante complejo. En esta parte solo se tratarán de forma somera los principios básicos que intervienen en la operación eficiente de las antenas y se describirán algunos de los tipos más comunes de antenas usados por los radioaficionados. Si alguno estuviese interesado en ampliar sus conocimientos acerca de las antenas o profundizar en los conceptos generales que aquí se tratan, recomendamos remitirse a las muchas publicaciones que existen sobre este tema.

**Características de las antenas: La resonancia y longitud**

Las antenas son circuitos oscilantes cuyo propósito es irradiar o recibir las ondas electromagnéticas, por lo que el diseño de las mismas está dirigido principalmente a que éstas irradien la mayor cantidad de energía o reciban la mayor energía posible para una frecuencia determinada. Las características de una antena son iguales ya sea que se use para transmitir o para recibir, por lo que se puede afirmar que una buena antena en transmisión será también una buena antena en recepción.

Una antena es eficiente cuando todas las características eléctricas de la antena están en un perfecto estado de balance para una frecuencia de trabajo determinada (frecuencia de resonancia) por lo que circula la mayor cantidad de corriente en la antena. Una antena en ese estado se dice que está resonante en esa frecuencia de trabajo. No obstante, en el rendimiento de la antena influyen ciertos factores, como las dimensiones de la antena, la impedancia, la altura, la ubicación, etc.

Un circuito resonante actúa como un péndulo donde oscilan valores determinados de corriente y voltaje a todo lo largo del mismo. La antena es un circuito oscilante y en la antena la resonancia está determinada por la frecuencia de la oscilación de los distintos valores de corriente y voltaje a lo largo de la misma en relación con la longitud de la antena. Es comparable con el rebote continuo de una pelota de básquetbol en donde la frecuencia (el impulso que recibe la pelota) para mantener el rebote constante es relativo a la altura desde la cual la hacemos rebotar.

Existe una relación entre la resonancia de la antena y la longitud eléctrica del conductor con respecto a la longitud de onda de la frecuencia de trabajo. La fuerza del campo electromagnético irradiado por la antena dependerá de la longitud del conductor irradiante y de la magnitud de corriente que fluye por el mismo. Mientras más cantidad de corriente fluya por el conductor mayor será el campo electromagnético irradiado y existirá mayor cantidad de corriente cuando la antena es resonante en la frecuencia de trabajo.

Una antena será resonante para una frecuencia determinada cuando su longitud física se acomoda a un ciclo del recorrido completo de la carga eléctrica de un extremo al otro de la antena y de regreso.

Si la velocidad en que viaja la carga eléctrica es la velocidad de la luz, o sea 300,000,000 metros por segundo, la distancia que cubrirá la carga eléctrica en un ciclo de la frecuencia de resonancia corresponderá a la longitud de la onda; o sea, la velocidad de la carga dividida entre la frecuencia (en ciclos por segundos) dará como resultado la longitud de la onda (λ = 300,000.000 / ƒ ).

Aplicando la ecuación anterior obtendremos que para obtener la longitud de la antena en metros (l) tendremos que l (metros) = 300 / ƒ (MHz) cuyo resultado será la longitud eléctrica de la antena, o sea su longitud estrictamente teórica, sin tomar en cuenta los otros factores que hemos mencionado que influyen para que una antena alcance la resonancia. Pero, en la práctica, la longitud física de la antena es menor que la longitud eléctrica debido a que la velocidad de la carga es afectada por objetos próximos a la antena, el diámetro del conductor, la altura de la antena, etc.. Por lo tanto es necesario hacer un ajuste a la velocidad de la carga en aproximadamente un cinco por ciento (5%) para obtener la longitud física de la antena expresada en metros: l = (300 – 5%)/f (MHz.) o I = 285/ƒ (MHz.)

Como en un ciclo la carga atraviesa el circuito dos veces (ida y vuelta), la longitud física mínima del conductor para que la carga viaje una distancia equivalente al largo de una onda (1λ), será de la mitad (½λ). Por lo tanto, la longitud física mínima de una antena para que sea resonante será de media onda: l = 142.50 / ƒ (MHz.)

Como la velocidad de la carga siempre será la misma, solamente hay dos alternativas para hacer resonante una antena: Siendo fija la longitud de la antena hay que ajustar la frecuencia para encontrar la resonancia, o siendo fija la frecuencia habrá que ajustar la longitud del conductor para hacerlo resonante a esa frecuencia.

**Distribución de la corriente y el voltaje en la antena: La impedancia**

La fuerza del campo electromagnético irradiado por una antena depende de su longitud y de la magnitud de la corriente que fluye por la misma. Por lo que es deseable que circule por la antena la mayor cantidad de corriente posible, y existirá la mayor cantidad de corriente cuando la antena es resonante. Si se miden los valores de la corriente y de voltaje en diferentes punto a todo lo largo de la antena observamos que la corriente (intensidad) y el voltaje (tensión) se contraponen a todo lo largo del conductor y que habrá mayor corriente en los puntos correspondientes a un cuarto de onda (¼ λ) y sus múltiplos impares.

Fig. Distribución de la corriente y del voltaje a lo largo de la antena:

La impedancia de la antena es el resultado de la relación entre el voltaje y la corriente existente en cualquier punto de la antena. La relación existente entre el voltaje y la corriente en un punto determinado de la antena determinara la impedancia que presenta la antena en ese punto. Si alimentamos la antena en la frecuencia correspondiente a su resonancia, la impedancia de la antena coincidirá con la resistencia de radiación, la cual consiste en una resistencia ideal o ficticia en la que será mayor el campo electromagnético irradiado. En ese punto de alimentación tendremos un máximo de corriente creada por la potencia entregada la cual será disipada por la antena.

Como la impedancia de la antena guarda estrecha relación con la magnitud de la corriente en la antena; tendremos el máximo de impedancia en los extremos de la antena en donde existen los mínimos de corriente y el máximo de voltaje. Si se alimenta a la antena en este punto se dice que la antena está alimentada en voltaje. Cuando la antena es alimentada en un punto de máxima corriente y mínimo voltaje la impedancia será menor y en este caso se dice que la antena está alimentada en corriente.

La impedancia es un factor que se encuentra en todos los circuitos en donde existen reactancias capacitivas, reactancias inductivas y resistencia; por lo tanto, el factor de impedancia también existe en la antena, en la línea de transmisión y en nuestro equipo de radio, por lo que todos estos elementos del sistema deben acoplarse.

**Ancho de banda**

Consiste en la escala de frecuencias en que puede funcionar una antena sin que ésta sobrepase una magnitud determinada de relación de ondas estacionarias que surja en la línea de transmisión.

**Características de irradiación de las antenas**

El radiador isotrópico es una antena teorética cuya característica es que irradia igual intensidad de energía en todas las direcciones y se utiliza como unidad comparativa de medida del poder de irradiación de las antenas.

El dipolo ideal es una antena que se usa también como punto de referencia comparativo para la medida del poder de irradiación de las antenas.

La ganancia de una antena es la medida de la concentración del poder entregado por la antena (en relación con su directividad), y su unidad se expresa en decibeles (dB) que es la medida de la relación de poder de la antena con un cambio detectable en la fuerza de la señal de la antena, mirado como valor actual del voltaje de la señal. La ganancia de la antena cuando ésta es comparativa con el radiador isotrópico se expresa (dBi) que significa decibeles sobre radiador isotrópico.

La ganancia de la antena cuando es comparativa con el dipolo ideal se expresa (dBd) que significa decibeles sobre el dipolo ideal. En condiciones de laboratorio la unidad de ganancia del dipolo ideal (dBd) equivale a 2.15 dbi.

La directividad de la antena es la capacidad de una antena para concentrar el máximo valor de radiación en una dirección deseada seleccionando el objetivo a donde se desea llegar con más energía irradiada. Dependiendo de la dirección en que pueden irradiar las antenas podemos clasificarlas en antenas omnidireccionales y .antenas direccionales.

Las antenas omnidireccionales son aquellas antenas que irradian un campo igual en una circunferencia cuyo centro es la antena.

Las antenas direccionales o antenas directivas son aquellas antenas que permiten dirigir su campo de irradiación hacia uno o más lugares específicos.



 Irradiación de la antena omnidireccional y de la antena direccional

Un diagrama de radiación es un gráfico que muestra la fuerza de radiación de una antena en todas las direcciones alrededor de la misma, abarcando 360˚ en el plano horizontal o de 0˚ a 180˚ en el plano vertical. Normalmente estos gráficos se trazan en coordenadas cartesianas o polares y son muy valiosos para los radioaficionados para determinar la efectividad de la antena con respecto a su directividad, el ángulo de radiación y la relación pecho-espalda de la antena. Siendo estos factores muy importantes para el efectivo trabajo de DX.



Diagramas de radiación en elevación y de azimut

El diagrama de radiación azimutal nos señala la dirección en que irradia la antena. Además indica la relación pecho-espalda (front to back) de la antena que viene siendo la relación entre el lóbulo principal de irradiación y el lóbulo opuesto.

El diagrama de radiación de elevación nos señala el ángulo de radiación. El ángulo de radiación de la antena es el ángulo sobre el horizonte con respecto al eje del lóbulo principal de radiación. Este ángulo es muy importante para lograr mayores distancias de salto pero hay que tomar en cuenta que la altura de la antena sobre el suelo, la polarización y la frecuencia de funcionamiento afectan el ángulo de radiación.

**Distintas clases de antenas:**

Primordialmente todas las antenas pueden ser clasificadas en dos tipos básicos, conforme a si las componen uno o dos elementos irradiantes: Las antenas Marconi o de Hilo largo y las antenas Hertzianas.



Antenas Marconi y Hertziana

De acuerdo con la posición del elemento radiador las antenas pueden ser verticales u horizontales.

Las antenas verticales son antenas cuyo elemento radiador se encuentra en posición vertical. La polarización de su campo electromagnético es vertical. Son antenas prácticas por el hecho de que no requieren un espacio físico horizontal de tamaño considerable y ofrecen un ángulo de irradiación bajo sin requerir mucha altura. El patrón de irradiación de las antenas verticales es omnidireccional.

Antena vertical

Para que funcionen las antenas verticales requieren de una tierra muy efectiva en conducción para la formación de la imagen que la complementa, Sin embargo, el plano de tierra puede ser sustituido mediante conductores radiales que, haciendo las veces de un plano artificial, liberarán a la antena de la tierra pudiendo ésta ser elevada. (A este tipo de antena se le conoce como “ground plane”).

En virtud que la longitud de la antena vertical corresponde a la mitad de una antena dipolo su fórmula es la siguiente:

###  l = 234/f (MHz.)

Como la impedancia que presenta una antena vertical es de solo 36. 5 ohmios ya que corresponde a la mitad de una antena dipolo cuya impedancia teórica es de 73 ohmios, para alimentar la antena vertical con un cable coaxial hay que elevar esa impedancia a por lo menos 50 ohmios que es la impedancia del coaxial. Eso se logra inclinando los radiales en aproximadamente un ángulo de 30º.



Fig. Antena vertical “ground plane” para la banda de dos metros “Pata de Gallina” (Cortesía de HP1AFK)

Las antenas horizontales son antenas en las que su plano de radiación es horizontal paralelo al suelo. En éstas el campo electromagnético es de polarización horizontal. Las más comunes son:

La antena dipolo: Es la antena más sencilla de construir y la más popular. Para el cálculo de la longitud de una antena dipolo se emplea la fórmula:

###  l = 142.50 / f l = 468 / f

 (metros) (pies)

Un ejemplo del diseño una antena dipolo puede hacerse si ensayamos con el cálculo de un dipolo para operar en la frecuencia de 14.250 MHz. para lo cual hay que dividir 142.5 entre 14.250 lo que da como resultado que la antena tendrá una longitud total de 10 metros. La longitud total es la existente entre un extremo al otro del dipolo.



Antena Dipolo

El diagrama de radiación de una antena dipolo tiene la forma de un “8” horizontal o una forma “toroidal” y puede ser considerada como una antena con patrón de irradiación direccional.



Fig. Diagrama de radiación de la antena dipolo

La mayoría de las antenas horizontales no son más que una derivación de la antena dipolo. Por ejemplo:



 Dipolo multi-banda



Dipolo “V” invertida

Las antenas direccionales: De acuerdo con la forma en que irradian, hay antenas que “enfocan” el haz de radiación hacia un punto determinado. Una de las forma más conocidas es la antena Yagi-Uda denominada así en honor a los profesores universitarios japoneses Hidetsugu Yagi y Shintaro Uda que la inventaron en los años 20, aunque por los común se le conoce simplemente como antena Yagi. Como modelo típico de antena direccional, consiste en un dipolo que actúa como elemento radiador principal, conjuntamente con un elemento reflector y un elemento director con el propósito de orientar la máxima potencia de energía transmitida en la dirección deseada.



Fig. Antena Yagi con elementos radiadores y reflectores

Existen también otra variedad de antenas cada una de ellas con especiales características las cuales recomendamos a nuestros colegas su estudio a fin de conocer más a fondo las cualidades y ventajas que ofrecen.



 Antena “Loop”



 Antena “Delta Loop”



Antena cuadra-cúbica



 Antena “log-periódica”

Las antenas parabólicas son antenas que poseen forma de parábola, diseñadas para concentrar, el haz de radiación por medio de la reflexión y obtener así una gran ganancia. Consisten básicamente en un reflector de forma parabólica, en cuyo punto focal se instala el elemento radiante.

Este tipo de antena se utiliza para las comunicaciones por medio de satélites y en las comunicaciones con microondas.



Antena parabólica

Hay muchos otros tipos de antenas y es imposible listarlas todas. Sin embargo, conviene al radioaficionado mantener vivo el interés por investigar las diferentes clases de antenas y estar dispuesto a experimentar con ellas a fin de utilizar en sus comunicados la antena que le dé los mejores resultados y rendimiento en cuanto a la eficiencia, tamaño y costo.