

**ESCUELA NACIONAL DE PESCA  
“COMANDANTE LUIS PIEDRA BUENA”**



# **Operador Radiotelefonista Restringido**

**Elementos de Tecnología**

**2011**

**RON de 1ra y Op. Gral. Claudia S. Puebla  
RON de 2da y Op. Gral. Anabel Peccoud**



# **PROGRAMA DEL CURSO OPERADOR RADIOTELEFONISTA RESTRINGIDO**

## **ASIGNATURA: Elementos de Tecnología**

**OBJETIVOS:** Formar al futuro Operador en la correcta operación de los actuales equipos y sistemas de telecomunicaciones, de acuerdo a la evolución tecnológica y a la tendencia mundial en cuanto a la utilización de los sistemas aplicados a la salvaguarda de la Vida Humana.

Brindar los fundamentos de la técnica orientados a la óptima utilización y preservación de los elementos que intervienen en una radiocomunicación, así como la de reconocimiento y eliminación de las interferencias y de sus fuentes.

Brindar la información suficiente en cuanto a la utilización y cuidado del espectro radioeléctrico, como recurso escaso y compartido por los distintos servicios de telecomunicaciones.

### **UNIDAD I – CONDUCTORES Y SEMICONDUCTORES**

Estructura de la materia. Conductores, aisladores y semiconductores. Diferencias conceptuales entre carga y corriente eléctrica. Resistividad.

### **UNIDAD II – CIRCUITOS ELÉCTRICOS**

Elementos integrantes del circuito: fuerza electromotriz, corriente y resistencia. Ley de Ohm. Definiciones conceptuales. Aplicaciones elementales. Elementos de protección. Ley de Ohm para corriente alterna. Conceptos de potencia eléctrica. Conceptos de impedancia, reactancia inductiva y capacitiva. Dispositivos electrónicos.

### **UNIDAD III – FUENTES DE ALIMENTACIÓN SECUNDARIA**

Baterías. Distintos tipos. Estructura. Capacidad. Proceso de carga y descarga de baterías. Tipos de cargadores: eléctricos y solares. Comprobación del estado de carga. Densímetro. Conexión de baterías. Nociones de mantenimiento preventivo. Medidas de seguridad.

### **UNIDAD IV – CLASES DE EMISIÓN Y ANCHO DE BANDA**

Clases de emisión. Frecuencia portadora y frecuencia asignada. Ancho de banda de las diferentes emisiones. Concepto de banda ancha y banda estrecha. Bandas de guarda. Nomenclatura de los distintos tipos y clases de emisiones.

### **UNIDAD V – TRANSMISIÓN Y MODULACION**

La portadora modulada. Distintos modos de emisión. Nociones de funcionamiento de osciladores y de amplificadores de RF y AF. Nociones de modulación de AM y FM. Bandas laterales. Efectos de la sobremodulación. Aplicaciones de Radiotelefonía y en Radionavegación en los distintos tipos de comunicaciones.

### **UNIDAD VI – RECEPCION Y DEMODULACION**

Noción de heterodinación. Proceso de sintonía. Conversión. Etapas de Frecuencia Intermedia y selectividad. Función del detector. Demodulación en A3E y en F3E. Función de los circuitos auxiliares en recepción: CAG, CAF, SQUELCH, otros. Aplicaciones en Radiotelefonía y en Radionavegación.

### **UNIDAD VII – SISTEMAS IRRADIANTES**

Reciprocidad entre una antena Transmisora y Receptora. Sistema de alimentación y adaptadores. Tipos de líneas de transmisión (coaxiales, planos, otros) e impedancia de los mismos. Antenas elementales de  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{1}{4}$  de longitud de onda. Detalles constructivos. Longitud eléctrica y longitud física. Ajuste eléctrico. Tipos de antenas más conocidas. Concepto de ROE. Características y lóbulos elementales del campo de irradiación.

### **UNIDAD VIII –NOCIONES DE PROPAGACIÓN**

Generación y propagación de campos electromagnéticos. Conceptos básicos. Campos de inducción y radiación. Concepto de armónicas. Refracción y reflexión. Comportamiento de las capas ionizadas de la atmósfera. Características. Longitudes de onda donde preponderan las ondas de tierra, ondas refractadas y directas. Zonas de silencio. Desvanecimientos. Aplicaciones en Radiocomunicaciones y radionavegación.

## **UNIDAD IX – INTRODUCCION A LOS ASPECTOS TÉCNICOS DEL NUEVO SISTEMA DE COMUNICACIONES SMSSM**

Comentarios sobre evolución tecnológica y las nuevas tendencias en telecomunicaciones en el servicio móvil marítimo y aeronáutico. Servicios satelitales. Ejemplos.

## **UNIDAD X – USO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO**

Concepto general sobre el aprovechamiento del espectro de frecuencias. Cuadro de atribución Nacional e Internacional de frecuencias. Espectro de frecuencias. Gestión del espectro Radioeléctrico.

## **UNIDAD XI – EQUIPOS DE RADIOCOMUNICACIONES**

Mandos y conexiones. Transmisores, Receptores y Transceptores de MF, HF, VHF y Receptores NAVTEX. RBLS satelital de 406 Mhz, Aparato radiotelefónico bidireccional de ondas métricas y Responder de radar.

## INDICE

Concepto de Enlace Radioeléctrico	1
Elementos de un Enlace Radioeléctrico	1
Tipos de Enlaces	2
Tipos de Ondas que Intervienen en un Enlace	3
Características de las Ondas	3
Tabla del Espectro de Radiofrecuencias	4
Sistemas Irradiantes - Antena	5
Línea de Transmisión	5
Antenas	6
Relación de Ondas Estacionarias	9
Características del Lóbulo de Irradiación	10
Teoría Electrónica Aplicada	13
Concepto Electrónico de Tensión y Corriente Eléctrica	16
Sentido de Circulación de la Corriente	16
El Circuito Eléctrico Elemental	17
Elementos de Protección	19
Comportamiento en Circuitos de la Resistencia en Serie ó en Paralelo	19
Generación de Energía Eléctrica	20
Instrumentos de Medición	21
Resistencia Eléctrica de un Conductor	21
Acumuladores Ácidos y Alcalinos	23
Constantes de una Batería	25
Carga y Descarga de Acumuladores	25
Mantenimiento	26
Conexión de Acumuladores	26
Uso de Acumuladores de Plomo en Buques	27
Nociones de Propagación	29
Concepto de Armónicas	30
Propagación de las Ondas Electromagnéticas	30
Transmisión y Modulación	35
Diagrama den Bloques de un Transmisor	37
Recepción y Demodulación	39
Diagrama en Bloques de un Receptor Superheterodino	40



## CONCEPTO DE ENLACE RADIOELECTRICO

### El Avance Tecnológico en los Sistemas de Radiocomunicaciones



Las Radiocomunicaciones no datan de hace mucho tiempo, ya que la existencia real de las ondas electromagnéticas es comprobada en la práctica por el físico alemán HERTZ en el año 1888, demostrando que éstas ondas poseen todas las propiedades de la luz, tal como 20 años antes lo había predicho teóricamente el célebre matemático y físico MAXWELL (Teoría Electromagnética de la Luz).

De allí aparece en el año 1895 uno de los inventos mas revolucionarios en la historia de las comunicaciones: la Radiotelegrafía, del Ingeniero italiano MARCONI, quien en principio logró transmitir señales de telegrafía “sin hilos” a gran distancia. No pasaron muchos años más y se logró transmitir VOZ, y así comenzó la Radiotelefonía utilizando la idea del invento de BELL, el teléfono, que venía siendo utilizado desde 1876.

Ya entrado el siglo XX, los adelantos se apuntan al ALCANCE de las radiocomunicaciones. Se mejoran las técnicas de transmisión y fundamentalmente, las ANTENAS. Se comienzan los estudios exhaustivos del medio de propagación de las ondas, la ATMÓSFERA. Es así que se llega al año 1906 con otro adelanto formidable, la AMPLIFICACION mediante la VALVULA TERMOIÓNICA (DE FOREST).

El sucesor de esa antigua y efectiva VÁLVULA y la célula básica que logra el funcionamiento adecuado de todo equipo de comunicaciones moderno es el TRANSISTOR (1947).el componente de estado sólido “amplificador” por excelencia que ha podido reducirse al tamaño diminuto de una bacteria y así lograrlo integrar (desde 1970 en adelante) en circuitos MICROPROCESADORES de miles o millones de ellos.

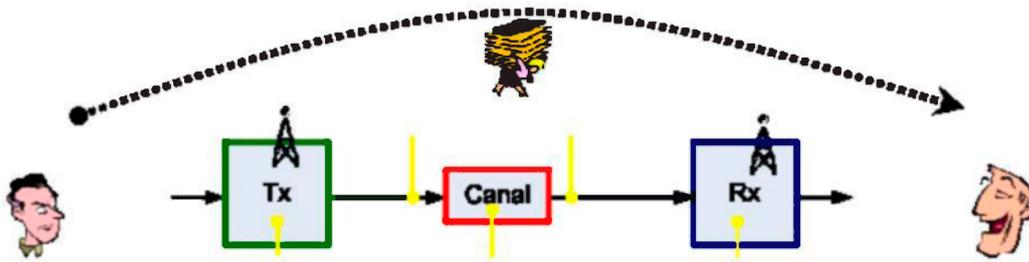
### Elementos de un Enlace Radioeléctrico

Las comunicaciones de radio nacen de la necesidad entre dos o más personas de manifestar sus ideas, encontrándose a una distancia considerable para realizarlo en forma oral. Una forma de lograrlo es utilizar como medio de transporte las ondas electromagnéticas, también llamadas ondas de radio.

Para llevar a cabo esa comunicación, se debe poner en funcionamiento los siguientes elementos:

- **El Transmisor:** Convierte las ondas sonoras (mecánicas) que produce la voz en ondas eléctricas a través de un micrófono, amplifica estas ondas, las convierte en ondas electromagnéticas y, a través de una antena de transmisión, emite el mensaje mediante una Onda Portadora Electromagnética de determinada frecuencia.

- **El Receptor:** El que, sintonizado en esa misma frecuencia, se va a encargar de detectar esa emisión, eliminar, filtrar o atenuar todo lo posible el inevitable RUIDO (interferencias de otras comunicaciones, inducción de otros aparatos, y los producidas por factores atmosféricos) y volver a convertir las ondas electromagnéticas en ondas eléctricas y a su vez en ondas sonoras, a través de un parlante.



De esta manera se establece un CANAL DE COMUNICACIONES que comienza en el cerebro del Operador de la Estación Transmisora y termina en el cerebro del Operador de la Estación Receptora.

### Tipos de Enlaces

#### ✓ ENLACE SIMPLEX:

En este tipo de Enlace, la Onda Electromagnética (Portadora de Radiofrecuencia) lleva la información en una sola frecuencia. También hay un solo sentido de comunicación: del TX al RX, sin posibilidad de respuesta ó acuse de la información que se recibe. Este tipo de Enlace es típico en la práctica cuando se recibe la transmisión de una broadcasting o, profesionalmente, cuando se recibe un Aviso a los Navegantes ó Boletín Meteorológico de una Estación Costera.



#### ✓ ENLACE SEMIDUPLEX Ó HALFDUPLEX:

Este tipo de Enlace es el que normalmente usamos en nuestra profesión. También se utiliza una sola frecuencia para enviar la información, pero se utilizan dos sentidos de comunicación: primero del TX1 al RX2 y luego, del TX2 al RX1 usando cada operador un TRANSCEPTOR (Transmisor y Receptor en un solo aparato) ó un Transmisor y un Receptor, ambos por separado.



Al utilizar una sola frecuencia, una vez que transmitimos la información debemos decir CAMBIO u OVER para que el otro Operador pueda respondernos utilizando la misma frecuencia.

#### ✓ ENLACE DUPLEX

Este Enlace es de plena utilización en comunicaciones de correspondencia pública ya que, con el radioteléfono adecuado, puede hacerse uso de DOS CANALES SIMULTANEOS, con dos sentidos de comunicación simultáneos mediante dos frecuencias (una para transmitir y otra para recibir).



## Tipos de Ondas que Intervienen en un Enlace

Existen diferentes tipos de ondas según su naturaleza y características, lo que hace que se manifiesten de manera diferente en cada caso.

Las ONDAS MECANICAS O SONORAS, son las producidas por el Sonido, energía fundamental en nuestros mensajes radiotelefónicos. Estas ondas poseen dos cualidades bien diferenciadas: la **Intensidad** (a tener en cuenta en la amplificación) y el **Tono** (su frecuencia). Todas las frecuencias a la que es sensible el oído humano están comprendidas en la banda de audiofrecuencias (A.F) las que se encuentran entre los 15 Hertz y 22.000 Hertz.

Las frecuencias situadas por encima, se denominan radiofrecuencias (R.F) ya que son útiles para la radiotransmisión.

Las ONDAS ELECTRICAS son aquellas que provienen de los generadores de energía eléctrica alterna también llamados Alternadores. A éstas frecuencias se las conoce como Industriales, ya que vienen normalizadas dentro de los siguientes valores: 16 Hz, 25 Hz, 50 Hz, 60 Hz. (1 Hz = 1 Hertz = 1 ciclo por segundo = 1 c.p.s.) En algunos turbo alternadores de las aeronaves comerciales la frecuencia es de 400 Hz.

En la República Argentina tanto en las instalaciones industriales (380 Volts) como en las domésticas (220 Volts), se usa energía alterna de 50 Hz.

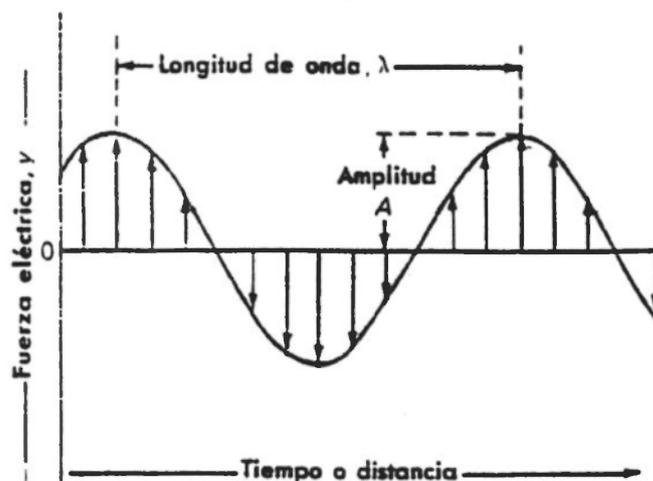
Las ONDAS ELECTROMAGNETICAS O DE RADIO, conocidas también como radiofrecuencias (R.F.) u Ondas Hertzianas, provienen de los Osciladores de los Transmisores. También se las conoce como ONDAS PORTADORAS DE R.F.

De éstas ondas pueden esperarse distintos modos de emisión, según sea la frecuencia de la portadora y por ende, múltiples aplicaciones.

## Características de las Ondas

Una onda es una serie de perturbaciones que se producen en forma sucesiva. Cada una de esas perturbaciones se denomina CICLO. La cantidad de ciclos en 1 segundo, corresponde a la FRECUENCIA Si se produce un ciclo en el lapso de 1 segundo, tenemos una frecuencia igual a 1 Hertz. La distancia que ocupa un ciclo se denomina **LONGITUD DE ONDA –  $\lambda$** .

La **AMPLITUD** es el valor máximo de intensidad de energía (señal) dentro de un ciclo. Además las ondas se propagan con una cierta velocidad de propagación que en el caso de las Ondas



Electromagnéticas es de 300.000 Km. /seg.

De allí se vincula la llamada Ecuación de la Onda

$$\lambda \times \text{ficia.} = 300.000 \text{ Km. /seg.}$$

Así puede saberse cuántos metros le corresponden a determinada frecuencia

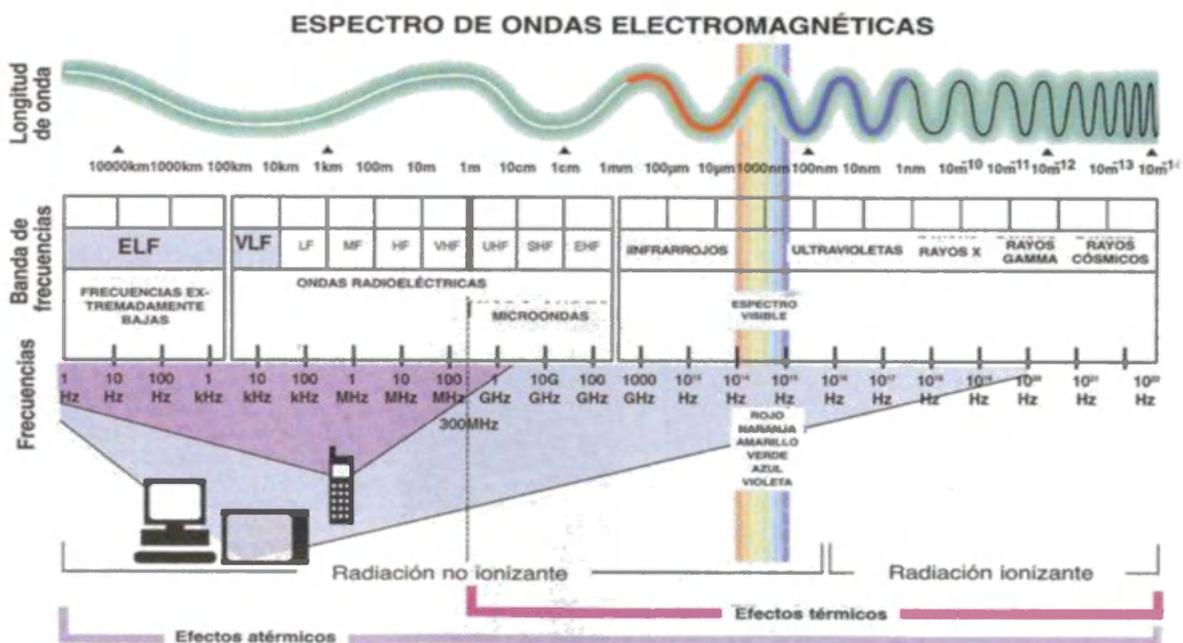
$$\lambda = \frac{300.000 \text{ Km. /seg.}}{\text{fcia.}}$$

### Tabla del Espectro de Radiofrecuencias

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (U.I.T.) al igual que en nuestro País, la Comisión Nacional de Comunicaciones (C.N.C.) tiene registro de cada uso destinado de manera internacional y nacional de todo el Espectro de R.F. a los fines de controlarlo y hacerlo respetar.

Por otra parte, en el orden técnico, hay que tener en cuenta que las portadoras de R.F. pueden designarse tanto por su frecuencia (Hertz) como por su longitud de onda (metros).

Margen de Frecuencias	Designación por su Frecuencia	Longitud de Onda	Designación por su Longitud
3 kHz a 30 kHz	VLF Very Low Frequency (frecuencias muy bajas)	100 Km a 10 Km Km	Miriamétricas
30 kHz a 300 kHz	LF Low Frequency (frecuencias bajas)	10 Km a 1 Km	Kilométricas
300 kHz a 3.000 kHz	MF Medium Frequency (frecuencias medias)	1 Km a 100 m	Hectométricas
3 MHz a 30 MHz	HF High Frequency (frecuencias altas)	100 m a 10 m	Decamétricas
30 MHz a 300 MHz	VHF Very High Frequency (frecuencias muy altas)	10 m a 1 m	Métricas
300 MHz a 3.000 MHz	UHF Ultra High Frequency (frecuencias ultra altas)	1m a 10cm	Decimétricas
3 GHz a 30 GHz	SHF Super High Frequency (frecuencias super altas)	10 cm a 1 cm	Centimétricas
30 GHz a 300 GHz	EMF Extremely High Frequency (frecuencias extremadamente altas)	1cm a 1mm	Milimétricas



## SISTEMAS IRRADIANTES

Todo sistema irradiante consta de dos partes fundamentales:

- 1) **La Antena:** es la encargada de irradiar al espacio la onda electromagnética ó de recibirla, según se esté operando en Transmisión ó en Recepción.
- 2) **La Línea de Transmisión:** es la encargada de llevar la energía desde el transceptor a la antena.

### Antena

Es un dispositivo que sirve para transmitir y recibir ondas de radio, encargado de transformar una señal eléctrica en una electromagnética o viceversa. Esas ondas electromagnéticas se propagan por el espacio a la velocidad de la luz, es decir a 300.000 Km. / seg. En su forma más elemental, la antena está constituida por un conductor dispuesto en forma horizontal ó vertical.

Para que una Antena trabaje correctamente debe tener una longitud física igual a la longitud de onda correspondiente a la frecuencia de emisión, (Teoría Electromagnética de Maxwell).

**En la práctica, generalmente por razones de espacio, se utilizan antenas cuyas longitudes físicas corresponden a  $\frac{1}{2}$  ó  $\frac{1}{4}$  de la longitud de onda.**

$$\text{Longitud de onda} = \frac{\text{Velocidad de la luz}}{\text{Frecuencia}}$$

En transmisión, si la antena no se encuentra ajustada correctamente (no tiene su longitud óptima o algún otro elemento próximo perturba su sintonía), parte de la energía entregada por el equipo a la antena no será irradiada al espacio y retornará al equipo. Esto, por un lado, le resta eficiencia.

**Pero LO MÁS GRAVE es que esta energía que retorna de la antena puede ser de tal magnitud que DAÑE A LA ETAPA DE SALIDA DEL TRANSMISOR. NUNCA OPERAR EL EQUIPO EN TRANSMISIÓN CON LA ANTENA DESCONECTADA.**

### Línea de Transmisión

La interconexión entre el transceptor y la antena se debe realizar de manera tal de lograr la máxima transferencia de uno a otro.

Un par de conductores conforman una línea de transmisión y cumplen con la propiedad de mantener constantes sus propiedades eléctricas, cualquiera sea su longitud.

Además, debe tenerse en cuenta que las **IMPEDANCIAS** (oposición que presenta un elemento al paso de la energía alterna que por el mismo atraviesa) del Transceptor, la Línea de Transmisión y la Antena tengan la adaptación correcta.

Si la Impedancia de salida del Transceptor fuera de 50  $\Omega$ , la de la Línea de Transmisión de 300  $\Omega$  y la de la Antena de 75  $\Omega$ , necesitaríamos entre la salida del Transceptor y la entrada de la Línea de Transmisión, un adaptador de 50:300 $\Omega$  y entre la salida de la Línea de Transmisión y la entrada de la Antena, uno de 300:75 $\Omega$ .

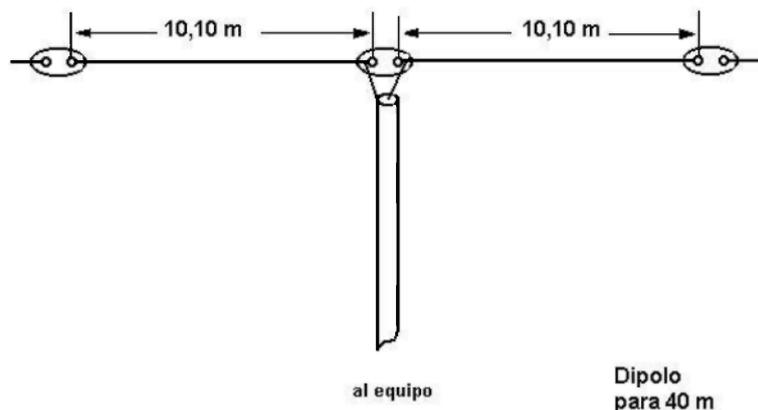
**Es tan importante calcular la longitud de antena como adaptar las impedancias Reciprocidad entre una Antena Transmisora y Receptora**

La misma antena se puede emplear, ya sea para transmitir o para recibir señales, o bien como en el caso de la antena del Radar, para las dos condiciones alternadamente. Cabe aclarar que los requisitos para las antenas receptoras son mucho menos exigentes que para las antenas transmisoras.

Comúnmente se emplean dos tipos de antenas de las cuales derivan una gran variedad de aplicaciones: la Antena **Hertz** de media onda ó dipolo sin conexión a tierra, y la **Marconi** de un cuarto de onda con conexión a tierra.

### **Antena Hertz (Dipolo – Direccional)**

La antena HERTZ está constituida por dos conductores suspendidos sobre la tierra cuya longitud física depende de la frecuencia ó longitud de onda que se ha de irradiar. Hertz comprobó que para una longitud física igual a la mitad de la longitud de onda ( $\lambda/2$ ) se mantenía una buena relación. De allí nació la ANTENA DE MEDIA ONDA.



Ejemplo de cálculo elemental de una antena Hertz: Se desea conocer la longitud de una antena de media onda acoplada a un emisor que genera una señal de 6.000 Kc/s.

$$6.000 \text{ Kc/s} = 6.000 \text{ Khz} = 6 \text{ Mhz}$$

$$\text{Velocidad de la luz} = 300.000 \text{ Km./ seg.}$$

$$\lambda = 300.000 \text{ Km/seg} / 6.000 \text{ Khz} = 50 \text{ mts. Por lo tanto } \lambda/2 = 25 \text{ mts.}$$

**Por lo general, en la práctica, la longitud real de una antena es un 5% menor que la longitud eléctrica. Esta corrección se realiza por lo que se denomina “EFECTO DE PUNTAS” (debido al efecto que producen los aisladores en las puntas de la antena).**

$$\text{Longitud física de la antena} = 25 - 5\% = 23,75 \text{ mts}$$

Cálculo de la Línea de Transmisión:

La longitud del alambre se puede calcular mediante la fórmula aproximada para antenas Hertz (otra fórmula práctica – experimental)

$$L \text{ (en metros)} = 143 / f \text{ (Mhz)} = 143 / 6 \text{ Mhz} = 23,83 \text{ mts}$$

Para longitudes mayores se aconseja utilizar los submúltiplos pares de  $\lambda/2$

### Antena Marconi (Omnidireccional)

La antena MARCONI está constituida, por lo general, por un solo conductor vertical ó inclinado ó en parte vertical y parte horizontal. Luego se la conecta a tierra a través de los dispositivos de acoplamiento y sintonía. Esa conexión a tierra ó contra antena desempeña un papel importante en este tipo de antenas. Este tipo de antenas es la más usada en equipos portátiles. La longitud de esta antena corresponde a  $\lambda/4$ . Esto es posible porque trabaja con la puesta a tierra



Ejemplo de cálculo elemental de una antena MARCONI: Calcular la longitud de una antena con iguales valores que el caso anterior  $f = 6 \text{ Mhz}$ .

$$\lambda = 50 \text{ mts Por lo tanto } \lambda/4 = 12,5 \text{ mts}$$

$$\text{Longitud física de la antena} = 12,5 \text{ mts} - 5\% = 11,9 \text{ mts}$$

Cálculo de la Línea de Transmisión:

$$L \text{ (en metros)} = 72 / f \text{ (Mhz)} = 72 / 6 \text{ Mhz} = 12 \text{ mts}$$

Esta longitud corresponde al largo total desde el extremo alejado de la antena hasta la conexión a tierra. Para longitudes mayores se aconseja utilizar los submúltiplos impares de  $\lambda/4$ . Las antenas resultan más eficaces cuanto más alta estén ubicadas y más lejos de objetos capaces de absorber su energía como edificios, torres metálicas, techos de zinc ú otro metal, árboles, chimeneas, etc.

Con respecto a la antena MARCONI es conveniente que la conexión a tierra sea de muy baja resistencia.

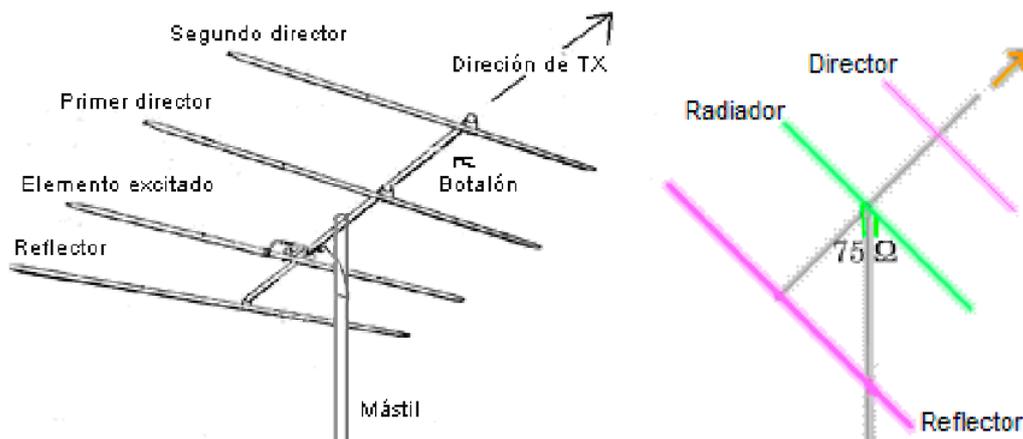
### Antenas Multibandas

En una nave, no sería posible ajustar estas relaciones en virtud de la gran cantidad de frecuencias que se utilizan y de las limitaciones a que está sujeta la antena por razones de espacio.

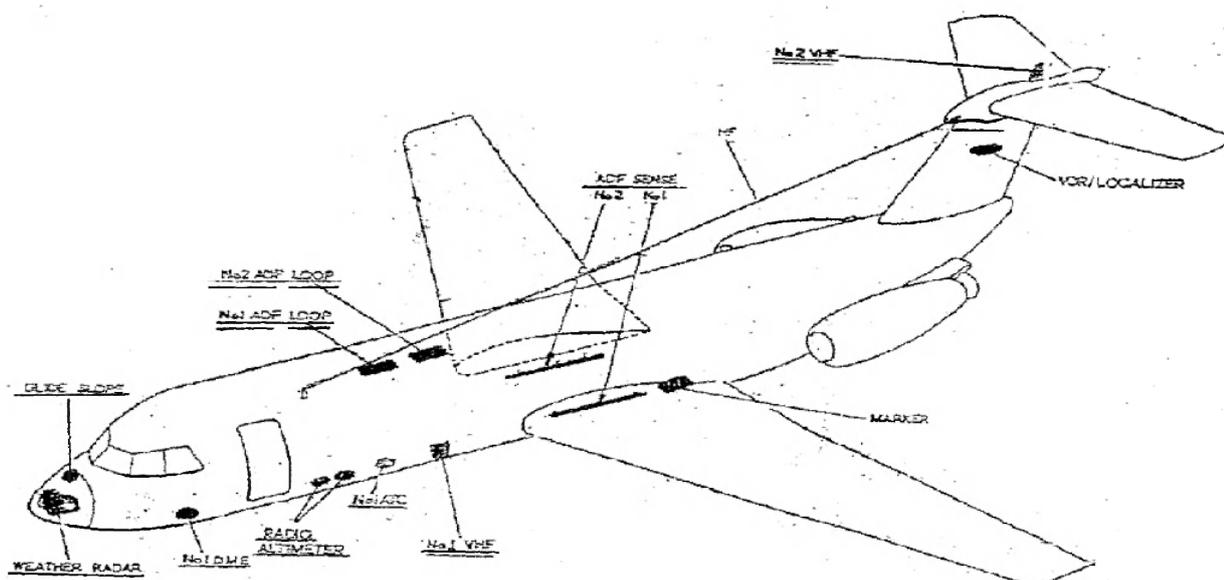
En estos casos, se compensa la diferencia de longitud para cada frecuencia por medio del **SINTONIZADOR DE ANTENA**, que la "alarga" ó la "acorta" según el caso. En realidad, la hace más inductiva ó más capacitiva, según sea el caso, para llevarla al punto exacto.

## Antena Yagui

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 Yagui 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 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.



## Ubicación de Antenas en Aeronaves



## Relación de Ondas Estacionarias (ROE)

En caso de no tenerse una correcta adaptación del transceptor, la línea de transmisión y la antena, sólo una parte de la potencia enviada por el transmisor va a ser realmente irradiada por la antena, el resto se va a reflejar hacia el transmisor.

La potencia total que envía el transmisor se denomina potencia directa o incidente y la que retorna de la antena al equipo potencia reflejada. De la relación entre ellas se puede establecer el coeficiente de reflexión como:

$$\text{Coef. De reflexión} = \sqrt{\text{potencia reflejada/potencia directa}}$$

Como la potencia reflejada nunca puede ser mayor que la directa, el coeficiente de reflexión siempre va a ser menor que 1. Para el mejor caso el coeficiente de reflexión valdrá 0 (nada se refleja), mientras que para el peor caso valdrá 1 (todo se refleja).

En la práctica se determina un valor denominado RELACIÓN DE ONDAS ESTACIONARIAS ó ROE en forma abreviada, que da una idea de los valores relativos de estas potencias o, lo que sería el equivalente, del grado de adaptación de todo el sistema. Se la define como:

$$\text{ROE} = \frac{1 + \text{Coef. Reflexión}}{1 - \text{Coef. Reflexión}}$$

Los valores del ROE están comprendidos entre 1 (mejor caso) e infinito (peor caso). Lo recomendable es operar siempre con un ROE menor de 3. Logrando ajustar el sistema con una ROE cercana a 1 se obtiene alta potencia directa con baja potencia reflejada. Para una ROE elevada, la potencia reflejada será del mismo orden que la potencia directa.

Como ejemplo, supongamos que durante la transmisión se mide una potencia directa de 10W y una potencia reflejada de 1W. El coeficiente de reflexión se puede calcular fácilmente como la raíz cuadrada de 1/10 que es 0,316. A partir de este valor se puede determinar el ROE que da un valor de 1,92.

Es posible medir el ROE con un instrumento denominado medidor de ROE o ROÍMETRO el que se intercala entre el transceptor y el sintonizador de antena. Básicamente permite hacer mediciones de potencia en un sentido y en otro. En la posición de potencia directa se transmite una señal (en general una portador sin modular) para poder ajustar la aguja a fondo de escala (set), luego se pasa a lectura de potencia reflejada y volviendo a transmitir la misma señal, se lee el indicador que viene graduado directamente en valores numéricos de ROE.

Se mencionó que una antena tiene su funcionamiento óptimo a una frecuencia, es decir que si se desea operar en una banda, es lógico pensar que se van a producir desadaptaciones en mayor o menor medida. Supongamos por ejemplo que se desea utilizar una antena dipolo de  $\frac{1}{2}$  longitud de onda en una determinada banda y haciendo mediciones se establece que la mejor ROE (menor valor) se obtiene en las frecuencias más bajas de la banda. Recordando la relación inversa entre frecuencia y la longitud de onda, si se desea tener un mejor comportamiento de la antena (mejor ROE) a mayor frecuencia se debe tener menor largo de la antena, en definitiva se debe acortar.

Si existe desadaptación entre la línea de transmisión y la carga, se puede obtener la ROE como:

$$\text{ROE} = \text{mayor impedancia/menor impedancia}$$

Supongamos que se tiene un transmisor de 45 Watt de potencia trabajando con una antena de  $120\Omega$  de impedancia, interconectados por medio de una línea de transmisión de  $50\Omega$ .

Realizando el cálculo correspondiente se determina directamente el ROE como 120/50 siendo esta relación 2,4. Nótese que el ROE no depende de la potencia de transmisión.

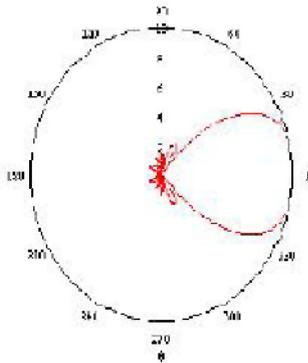
### **Características del Lóbulo del Campo de Irradiación**

El ángulo de radiación de una antena es el que forma el eje de su lóbulo de radiación principal con el horizonte. Este ángulo 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 radiación. Una representación gráfica de la intensidad de la radiación en el espacio se denomina diagrama de radiación. En ella se relaciona el campo eléctrico y la densidad de potencia para un intervalo de ángulos. Si la relación es con respecto a la intensidad o densidad de campo, el patrón se denomina absoluto. Si se toma con respecto a un punto de referencia, se denomina relativo.

Si el radio de la antena es comparable a la longitud de onda, como suele suceder en las antenas reales, no puede considerarse constante la corriente en todos sus puntos. Sin embargo la antena puede descomponerse en un gran número de elementos diferenciales y superponerse los campos creados por todos ellos.

Un aspecto que hay que tener en cuenta cuando se elige una antena es la característica de radiación de la misma ya que es uno de los parámetros más importantes de la antena. Por ejemplo, la característica de radiación de una antena transmisora debe ser igual a la característica de recepción de la antena receptora para que el proceso de transmisión sea óptimo. La característica de radiación de una antena representa el cambio de intensidad de un campo magnético en una esfera cuyo centro es la antena radiante. Entonces se puede decir que la radiación de la antena tiene una forma circular, elíptica, etc.

La interpretación geométrica se puede ver de la siguiente forma: Se puede representar el campo eléctrico, magnético o la densidad de la potencia radiada. Las formas de representación pueden ser tridimensionales o bidimensionales, en escala lineal o logarítmica.



El lóbulo principal se presenta en la posición angular de mayor intensidad de campo. Para ello se toma un nivel de referencia máximo. Los lóbulos laterales se presentan a 180° de la dirección del lóbulo principal. La línea que divide el lóbulo principal desde el centro de la antena en la dirección de la máxima radiación se llama línea de tiro. En el patrón absoluto, el patrón se traza en una línea representando la distancia desde la antena. En el patrón relativo se traza el patrón en una línea representando puntos de igual distancia sobre la antena y los círculos indican la densidad de potencia.

La energía de R.F. se expande hacia el espacio pero no lo hace con igual intensidad en todas las direcciones, a menos que usemos una antena que presente un diagrama de radiación preferentemente esférico; esa antena teórica se llama isotrópica. Se llama radiador isotrópico a una antena imaginaria que irradia igual energía en todas las direcciones: esta antena estaría en el centro de una esfera en la que todos los puntos de su superficie recibirían la misma cantidad de energía. El radiador isotrópico sólo existe teóricamente, ya que un punto situado en el centro de la esfera no puede ser una antena puesto que ésta exige unas dimensiones físicas de acuerdo con la frecuencia de trabajo y por lo tanto tendrá una mayor radiación hacia unos puntos que hacia otros.

Las antenas prácticas irradian y reciben preferentemente en unas direcciones determinadas mientras que en otras presentan muy poca radiación.

Ello nos lleva a considerar dos tipos de diagrama de radiación, uno en el plano horizontal y otro en el plano vertical. El diagrama vertical de una antena determina la cantidad de energía que se envía con el ángulo de salida adecuado para el circuito a cubrir.

Las antenas direccionales, 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 o eficacia directiva de la antena.

Alrededor de una antena transmisora podemos medir la intensidad de campo producida por la onda electromagnética radiada, uniendo todos los puntos de igual intensidad, trazamos una curva que corresponderá al lóbulo de radiación de la antena; si las medidas se han tomado en el plano vertical, tendremos el lóbulo de radiación vertical.

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. La ganancia de una antena se expresa en dB.

Las antenas se pueden clasificar según su directividad en el plano horizontal, si el lóbulo de radiación es parecido a una circunferencia con centro en la antena es omnidireccional; si la radiación es en dos direcciones opuestas, la antena es bidireccional y cuando el lóbulo de radiación está en una sola dirección, la antena es direccional.



## PORTADORES DE CORRIENTE EN DISTINTOS MEDIOS

### Teoría Electrónica Aplicada

Esta Teoría se desprende de la Teoría Atómica la cual sostiene que toda la **MATERIA** (aquello que se puede ver ó sentir con forma definida) está compuesta por **MOLÉCULAS** (la mínima división de materia que conserva todas sus propiedades características).

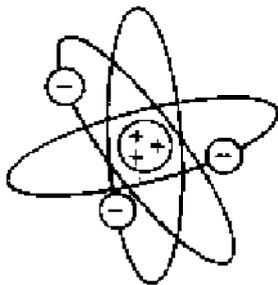
La **MOLÉCULA** está compuesta por un número determinado de **ATOMOS** (la menor cantidad posible de un elemento). Así, por ejemplo, una molécula de agua está compuesta por dos átomos de Hidrógeno (H<sub>2</sub>) y uno de oxígeno (O).

Los **ATOMOS** están constituidos por tres tipos de partículas fundamentales llamadas subatómicas:

Protones y Neutrones: constituyen el **NÚCLEO ATÓMICO**

Electrones: son partículas móviles que giran alrededor del NUCLEO formando una nube difusa.

Tanto los Protones que tienen carga positiva (+) como los Electrones que tienen carga negativa (-) de la misma magnitud, determinan las propiedades eléctricas del ATOMO DE UN ELEMENTO. El Neutrón no tiene carga eléctrica, sólo le agrega peso al átomo.

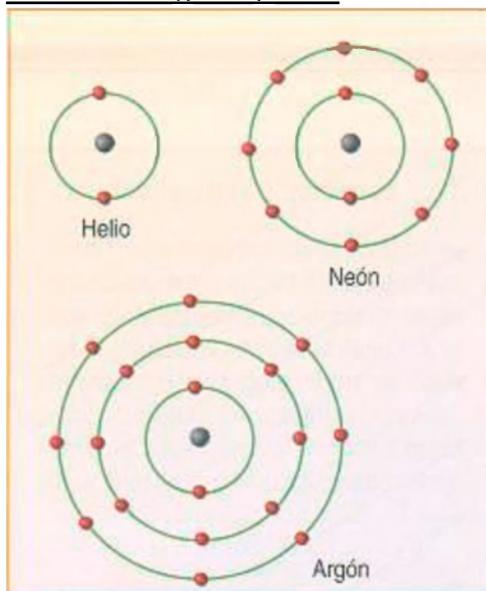


Todos los átomos son eléctricamente **NEUTROS** en su estado **NORMAL**. El Número Atómico, en la Tabla Periódica de los Elementos, representa la cantidad de Protones de un elemento. Por ejemplo, el Cobre (Cu) de número atómico 29, tiene 29 Protones y 29 Electrones.

Todos los átomos son como "Sistemas Solares" con Electrones que giran en órbitas circulares o elípticas más o menos lejanas respecto del Núcleo.

Es sabido que cargas de distintos signo se atraen y de igual signo se repelen. Eso implica que entre un Protón y un Electrón se ejercen Fuerzas de Atracción Eléctrica y, entre Electrones ó entre

Protones, habrá Fuerzas de Repulsión Eléctrica. La Teoría Electrónica justifica que los Electrones se mantienen alejados en mayor o menor medida del núcleo donde están los Protones debido a una fuerza igual y opuesta llamada **FUERZA CENTRIFUGA**. Si la posición de un Electrón es más alejada del Núcleo, es porque existe una fuerza mayor que lo aleja por tener una velocidad periférica de rotación mayor. Los que están más alejados del Núcleo, están en un nivel de energía superior.



*Ejemplos:*

${}^2\text{He}$  Tiene sólo 2 electrones. Se sitúan en la primera capa. Se representa como (2). Las capas se colocan entre paréntesis y se separan por comas.

${}_{10}\text{Ne} \rightarrow (2, 8)$

${}_{18}\text{Ar} \rightarrow (2, 8, 8)$

${}_{11}\text{Na} \rightarrow (2, 8, 1)$

${}_{15}\text{P} \rightarrow (2, 8, 5)$

Fig. 11. Esquemas de la configuración de los átomos de algunos gases nobles según el modelo atómico de Bohr.

En todo átomo existe un Nivel de Energía Superior, la órbita más alejada permitida para sus electrones de mayor velocidad. A ésta última órbita se la conoce como CAPA DE VALENCIA. En esa última órbita, los electrones no pueden ser un número mayor que 8 (ocho).

**UNA CAPA O BANDA DE VALENCIA COMPLETA O VACIA ES MAS ESTABLE.  
EL ATOMO CON SU CAPA DE VALENCIA “PARCIALMENTE LLENA”, TIENDE  
A PASAR AL ESTADO ESTABLE MAS PROXIMO.**

Aquellos átomos que en su Capa de Valencia tienen menos de 4 electrones se denominan **ATOMOS METALICOS** como el Cobre (Cu) ó el Aluminio(Al).

Los que en su Capa de Valencia tienen más de 4 electrones se denominan **ATOMOS NO METALICOS** como el Oxígeno (O).

Los que tienen 4 electrones en su Capa de Valencia, se denominan **SEMI METALICOS**, como el Carbono (C), el Silicio (Si) y el Germanio (Ge).

Los **ATOMOS METALICOS (CONDUCTORES)** tienen mayor facilidad para ceder electrones. Se deduce entonces que hace falta muy poca energía adicional para separar un electrón de un átomo metálico y se transforme en un electrón libre.

La Fuente de Energía Exterior la proporciona un Acumulador de Corriente Continua (Energía Química que se transforma en Energía Eléctrica) para que los electrones de la Capa de Valencia del Cobre de los conductores que alimentan el equipo de radio se hagan electrones libres.

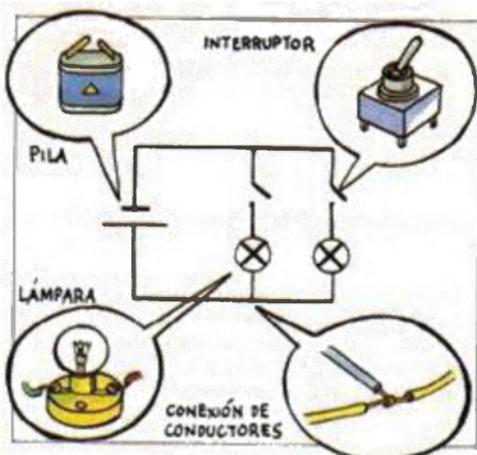
**LA CARGA ELÉCTRICA ES EL EXCESO O DEFECTO DE ELECTRONES EN UN CUERPO.** Las cargas se pueden medir en Coulomb. 1 Coulomb equivale a 6.280.000.000.000.000 electrones ( $6,28 \times 10^{18}$ ). Esto sale de consideraciones de la química de los Elementos.

Si los electrones libres se adhieren en alguna sustancia y allí se quedan, se llamará Electricidad Estática. Si el electrón continúa moviéndose a lo largo del conductor, decimos que se produce una Corriente Eléctrica.

Existe **IONIZACION** cuando un átomo gana ó pierde electrones.

**ION POSITIVO:** si **PIERDE** electrones (tendrá más protones)

**ION NEGATIVO:** si **GANA** electrones (tendrá más electrones)



Cuando el interruptor está en **OFF** los átomos de Cu del conductor que está conectado a la lámpara, son eléctricamente neutros y por ello la lámpara permanece apagada.

Cuando el interruptor está en **ON** los átomos se transforman en Iones Positivos, ya que han perdido los electrones de la última órbita. Estos electrones libres circulan por el conductor en virtud de existir una fuente de energía (batería) conectada a dicho conductor por el que circulan con gran facilidad (por el material que es metálico) conformando una Corriente Eléctrica de cargas negativas y transmitiendo dicha energía a la lámpara para que prenda.

**CORRIENTE ELECTRICA: ES EL DESPLAZAMIENTO DE CARGAS ELECTRICAS.**

Como hay dos clases de cargas, positivas y negativas, la corriente eléctrica se puede lograr de la circulación de cualquiera de dichas cargas, dependiendo del medio en el que circulen.

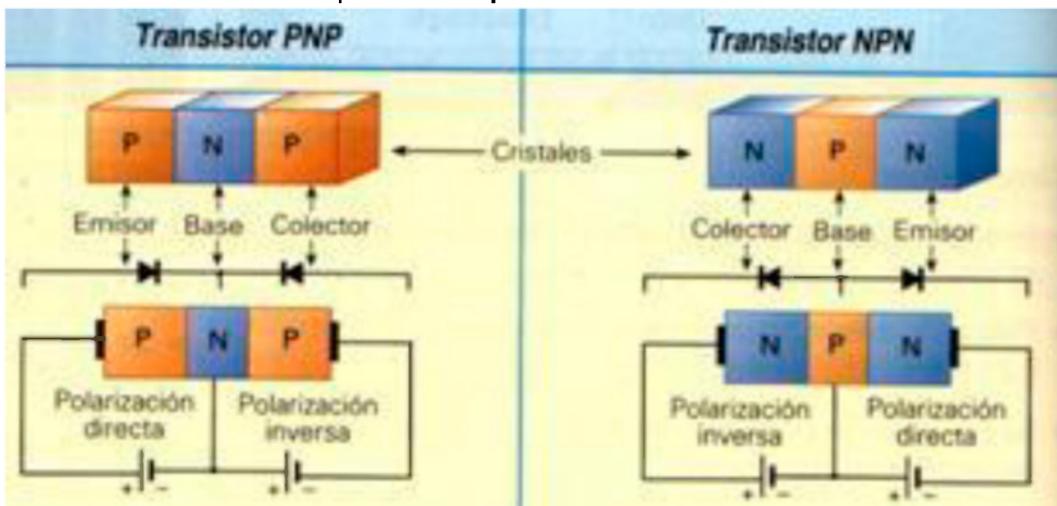
Los **ATOMOS NO METALICOS (AISLANTES)** son aquellos que no permiten que se establezca una corriente eléctrica. Estos pueden ser: plástico, caucho, porcelana, mica, vidrio, etc. Si se le aplica una Fuente de Energía Exterior no es posible la circulación de la corriente ya que no existen cargas libres.

Los **ATOMOS SEMI METALICOS (SEMICONDUCTORES)** se encuentran en una situación intermedia: se comportan como aislantes a una baja temperatura, pero mediante un aporte de energía, adquieren un comportamiento más cercano a los conductores. Estos pueden ser el Silicio (Si) y el Germanio (Ge) de uso común en la tecnología microelectrónica. Estos átomos cuando se combinan entre sí, comparten o combinan los 4 electrones de su última órbita así todos los átomos tienen la última órbita completa con 8 electrones. De esta forma el Silicio, por ejemplo, en su estado puro y a baja temperatura se comporta como un material aislante.

Si se introduce una pequeña porción de impurezas al semiconductor (por ejemplo Fósforo, Arsénico, Antimonio), pueden modificarse las propiedades eléctricas en determinadas zonas del material. Este proceso se denomina **DOPAJE O DOPING**. Si la impureza que se agrega tiene menos de 4 electrones en su última órbita, se llama "ACEPTORA" y si por el contrario, tiene más de 4 electrones en su última órbita, se llama "DONORA".

Los átomos de impureza que se agregan, proporcionan **PORTADORES DE CORRIENTE AL SEMICONDUCTOR**, además de **DISMINUIR SU RESISTIVIDAD**.

Semiconductor Puro + Impureza **Aceptora**: Semiconductor TIPO P



Semiconductor Puro + Impureza **Donora**: Semiconductor TIPO N

Estos Semiconductores dopados, se aplican ampliamente en las técnicas de: **RECTIFICACIÓN** de la Corriente Alterna (permite el paso de electrones libres en un sentido selectivo) mediante los llamados Diodos Semiconductores.

Pero la más importante aplicación de estos materiales radica en la técnica de **AMPLIFICACION** de débiles a fuertes Corrientes tanto en A.F., R.F., radares electrónicos y aplicaciones industriales, donde se requiere mayor potencia disponible mediante los Transistores.



El DIODO "Conduce ó Bloquea" C.C. "Rectifica" C.A.



Transistor NPN. Símbolo



Transistor PNP. Símbolo

El TRANSISTOR "Amplifica" Corriente, por lo tanto, Potencia.

## **Concepto Electrónico de Tensión y Corriente Eléctrica**

A mayor cantidad de electrones libres en un cuerpo cargado negativamente, mayor será la fuerza ejercida por esos electrones. Esta fuerza se denomina FUERZA ELECTROMOTRIZ (F.E.M.) y es la que hace que esos electrones libres se muevan.

Si comparamos el número de electrones que existen en ese cuerpo con otro cuerpo “descargado” ó “neutro” (igual número de electrones que protones), existe una DIFERENCIA. Cuanto mayor es esa diferencia electrónica, mayor es la F.E.M. Esa “Diferencia” se denomina DIFERENCIA DE POTENCIAL, ya que refiere a la Energía Potencial posible de utilizarse. Otra forma común de identificarla es: TENSION.

**FUERZA ELECTROMOTRIZ, DIFERENCIA DE POTENCIAL O TENSION (T): ES LA FUERZA QUE EJERCEN LOS ELECTRONES LIBRES AL MOVERSE O AL TRATAR DE MOVERSE DE UN CUERPO QUE TIENE EXCESO DE ELECTRONES A UN CUERPO QUE TIENE DEFICIENCIA DE ELECTRONES.**

La unidad de medida para la TENSION, FEM. ó D.D.P es el VOLT (V).El Volt representa “la energía necesaria para realizar un Trabajo”, no indica movimiento de electrones, es una unidad de Energía Potencial.

En cuanto al número de electrones, la unidad que se utiliza es el COULOMB.

La forma más usual de medir los electrones consiste en medir el “efecto del movimiento de esa gran cantidad de electrones en un segundo”

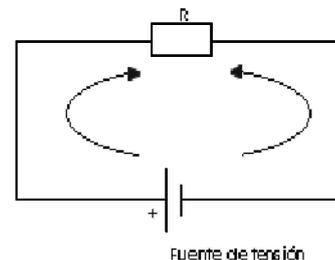
**INTENSIDAD DE LA CORRIENTE (I): ES LA CANTIDAD DE ELECTRONES QUE SE DESPLAZAN EN UN SEGUNDO.**

La unidad de medida para la Intensidad es el AMPERE (A). Se dice que la Intensidad de Corriente es de 1 Ampere cuando por un punto del conductor circula 1 Coulomb en 1 segundo.

## **Sentido de Circulación de la Corriente**

En los conductores de un circuito eléctrico existen dos sentidos de circulación de la corriente según sea la técnica que se utilice.

En la Técnica Electrónica los electrones, como es lógico salen del cátodo (-) de la batería (fuente de electrones) hacia el ánodo (+) de la batería (sumidero de electrones); éste se denomina SENTIDO REAL



En la Técnica Eléctrica se utiliza el sentido contrario, de (+) a (-); éste se denomina SENTIDO CONVENCIONAL

## EL CIRCUITO ELECTRICO ELEMENTAL

### Introducción

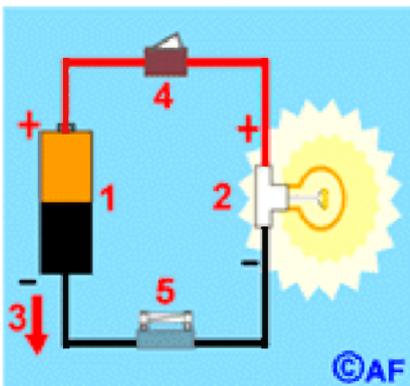
Al operar un equipo electrónico, sea cual fuere su aplicación, se sabe que el mismo representa desde el punto de vista eléctrico, una utilización y un cierto consumo de energía eléctrica.

Estas consideraciones sobre el equipo como “Receptor” de energía, nos llevan a prestar atención tanto en lo que refiere a su alimentación (VOLTS) como a la demanda de corriente eléctrica (AMPERES) que el equipo requiera.

Todo transceptor o cualquier otro equipo electrónico se comporta como una RESISTENCIA ELECTRICA (R) medida en Ohms, es decir que se presenta como una cierta oposición al paso de los electrones que lo alimentan desde una fuente de energía (una batería, un alternador, una dínamo, etc.)

El elemento que hace de “nexo” entre la fuente de energía y el equipo es el Circuito Eléctrico, el que transportará tantos electrones como el equipo demande.

A su vez, dicho circuito contiene dispositivos de comando y de Control (interruptor, relés, etc.) así como de Protección (fusibles, interruptores termomagnéticos, etc.).



Se puede plantear ahora el siguiente Esquema Eléctrico: se tiene una fuente de alimentación (pila) que suministra una TENSION (V) para que circulen los electrones por el conductor. Los electrones entran a ese conductor donde se encuentra intercalada una RESISTENCIA (R) (Lámpara) que se opone al pasaje de los electrones generando así una circulación ó INTENSIDAD DE CORRIENTE (I)

Esto constituye un Circuito Eléctrico Elemental donde se pueden resaltar tres características: TENSION (V), RESISTENCIA (R) E INTENSIDAD (I).

Manteniendo invariable la Resistencia, si se aumenta la Tensión, la corriente que circula (Intensidad) será mayor; la corriente es directamente proporcional a la tensión. Por otro lado, manteniendo invariable la tensión, si se genera una resistencia mayor, la corriente que circula será menor; la corriente es inversamente proporcional a la resistencia. Se puede plantear entonces la siguiente relación

$$I = \frac{E}{R}$$

La LEY DE OHM se puede enunciar como:

**LA INTENSIDAD DE UNA CORRIENTE ELECTRICA ES DIRECTAMENTE PROPORCIONAL A LA TENSION E INVERSAMENTE PROPORCIONAL A SU RESISTENCIA.**

**POTENCIA ELÉCTRICA:** Es la energía suministrada por la fuente de alimentación en una unidad de tiempo. Esa potencia suministrada por la fuente de alimentación es “gastada” por la resistencia, que la convierte en potencia de calor ó luminosa (según el caso). Todo esto es válido tanto para corriente continua como para corriente alterna. Se mide en Watt (W) y se puede expresar como:

$$P = V \cdot I$$

Si por ejemplo se desea saber qué potencia se le suministra a una resistencia de 50  $\Omega$  alimentada con 12 Volts, en primer lugar se debe determinar la corriente que circula por ésta:

$$I = V / R \quad 12 \text{ Volt} / 50 \Omega = 0,24 \text{ Amper} = 240 \text{ miliamper} = 240 \text{ mA}$$

La potencia entonces será:

$$P = V \times I = 12 \text{ Volt} \times 0,24 \text{ Amper} = 2,88 \text{ Watt}$$

**REACTANCIA:** Es el almacenamiento de energía. Existen dos elementos físicos reales capaces de almacenar energía en un circuito eléctrico de corriente alterna:

**Capacitor (C):** Consiste básicamente de dos placas de gran superficie y muy próximas entre sí, separadas de un elemento muy delgado denominado dieléctrico que no permite el paso de electrones. El conjunto, que se asemeja a un sándwich, permite almacenar electrones en una de las placas atraídos por la carga positiva que se genera en la otra placa.

**Inductor (L):** Consiste básicamente de conductores arrollados o bobinas, que tienen la propiedad de almacenar energía en la forma de campos magnéticos.

Del mismo modo que en un circuito eléctrico la resistencia representa la oposición al paso de los electrones, la **REACTANCIA (X)** representa el almacenamiento de energía. Por un lado los capacitores generan la **reactancia capacitiva (XC)**, que tiene valor negativo, y por otro los inductores generan la **reactancia inductiva (XL)**, que tiene valor positivo (es decir que entre ellas se restan). La reactancia total es la suma de las dos anteriores:

$$\text{Reactancia Total} = \text{Reactancia Inductiva} + \text{Reactancia Capacitiva}$$

**IMPEDANCIA:** Involucra los efectos de oposición y almacenamiento de la energía.

$$\text{Impedancia} = R + X = \text{Resistencia} + (\text{Reactancia Inductiva} + \text{Reactancia Capacitiva})$$

La Ley de Ohm para Corriente Alterna se puede expresar de la siguiente manera:

$$\text{Corriente} = \text{Tensión} / \text{Impedancia} = \text{Tensión} / (\text{Resistencia} + \text{Reactancia})$$

Una propiedad muy importante que tienen tanto la reactancia capacitiva como la inductiva es que sus valores varían de acuerdo a la frecuencia de la tensión aplicada (a diferencia de la resistencia que mantiene el mismo valor para todas las frecuencias).

Para frecuencia cero (caso de corriente continua) un capacitor, al tener las placas aisladas con el dieléctrico, presenta una oposición total al paso de los electrones y por lo tanto su reactancia tiende a infinito. En otras palabras, un capacitor conectado entre dos puntos de un circuito bloquea el paso de la corriente continua.

Por el contrario, como un inductor para frecuencia cero (corriente continua) es directamente un conductor, su reactancia es cero. Para frecuencias extremadamente altas la situación se invierte: un capacitor genera una reactancia igual a cero, mientras que un inductor genera una reactancia que tiende a infinito.

Se puede concluir que a medida que aumenta la frecuencia, la reactancia capacitiva disminuye y la inductiva aumenta. En un circuito que contiene un capacitor y un inductor, se produce un efecto denominado **RESONANCIA** que ocurre cuando la frecuencia de la tensión es tal que ambas reactancias son iguales y, como se restan, se cancelan entre ellas.

## Elementos de Protección

Para proteger los circuitos eléctricos de los “cortocircuitos” existen diferentes dispositivos de protección. El más común es el fusible. Este dispositivo normalmente posee en su interior una lámina metálica o un hilo de metal fusible como, por ejemplo, plomo.



Cuando el fusible tiene que soportar la elevación brusca de una corriente en ampere, superior a la que puede resistir en condiciones normales de trabajo, el hilo o la lámina se funde y el circuito se abre inmediatamente, protegiéndolo de males mayores. El resultado de esa acción es similar a la función que realiza un interruptor, que cuando lo accionamos deja de fluir de inmediato la corriente.

Los fusibles se utilizan, principalmente, para proteger circuitos de equipos electrónicos y en las redes eléctricas de las industrias. Para proteger la línea de corriente eléctrica que llega hasta nuestras casas, en muchos lugares se han sustituido por interruptores diferenciales ó automáticos, que realizan la misma función que el fusible, pero que no hay que sustituirlos por otro nuevo cuando ocurre un cortocircuito. Una vez resuelta la avería, solamente será necesario accionar su palanquita, tal como se hace con cualquier interruptor común, y se restablecerá de nuevo el suministro de corriente. Tanto los fusibles como los dispositivos automáticos se ajustan de fábrica para trabajar a una tensión o voltaje y a una carga en ampere determinada, para lo cual incorporan un dispositivo térmico que abre el mecanismo de conexión al circuito cuando la intensidad de la corriente sobrepasa los límites previamente establecidos.

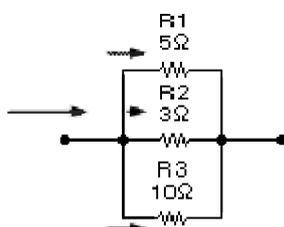
## Comportamiento en Circuitos de la Resistencia en Serie ó en Paralelo

Resistencias en Serie: Cuando un circuito está compuesto por resistencias en serie, la resistencia total del mismo es la suma de las resistencias parciales. Si las resistencias fuesen del mismo valor, multiplicaremos dicho valor por la cantidad de resistencia.

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 = 5 \Omega + 3 \Omega + 10 \Omega = 18 \Omega$$

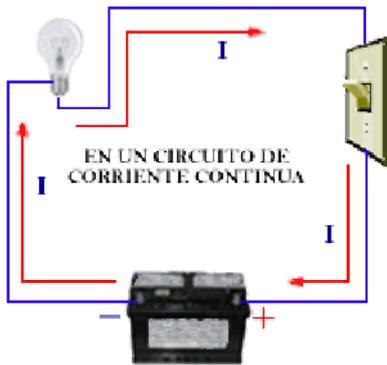


Resistencias en Paralelo: Cuando en un circuito se encuentran resistencias en paralelo, la resistencia total del mismo será menor que el valor de la menor de las resistencias. Si las resistencias son del mismo valor, la resistencia total será el resultado de dividir el valor de las resistencias por la cantidad. Si las resistencias son de distinto valor, la resistencia total la obtendremos aplicando la siguiente fórmula



$$R_T = (1 / 5) + (1 / 3) + (1 / 10) = 1.57\Omega$$

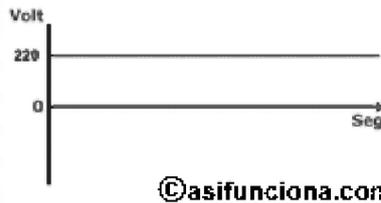
## Generación de Energía Eléctrica. - Características de la Corriente Continua



La Corriente Continua es aquella que siempre circula en una misma dirección y, de no mediar causas externas, mantiene un Nivel de Energía constante; es decir una Amplitud constante. Además, fluye en una única dirección, por lo que queda establecida una Polaridad que nunca cambia. Es decir que si a un circuito eléctrico se lo alimenta con un acumulador o con una dinamo, éste siempre mantendrá su conductor positivo y su conductor negativo.

### Dínamo ó generador eléctrico

Máquina capaz de transformar la pone en movimiento, en Energía



**LA POLARIDAD SE CONSERVA de Corriente Continua:** Energía Mecánica que lo Eléctrica Continua.

### **VENTAJAS DE LA CORRIENTE**

1. Control simple y flexible de las máquinas eléctricas.
2. Cálculo mucho más simples, al no depender del tiempo.
3. Posibilidad de almacenamiento de esta energía en grandes cantidades.
4. Resulta cuatro veces menos peligrosa que la corriente alterna.

### **DESVENTAJAS**

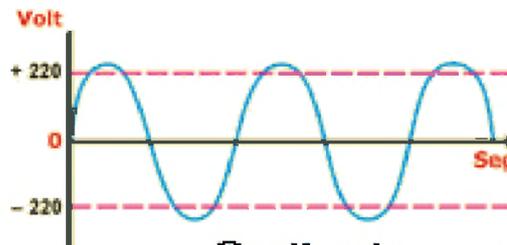
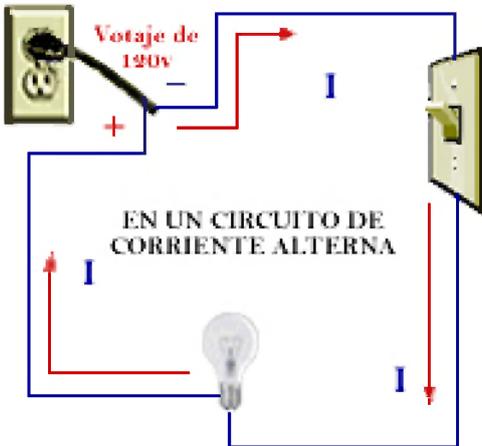
1. Imposibilidad de empleo de transformadores, lo que dificulta el cambio de nivel de tensión.
2. La interrupción de corriente continua presenta más problemas que la de corriente alterna.

### **CONTINUA**

## Características de la Corriente Alterna

La Corriente Alterna fluye en una dirección durante un cierto período de tiempo, y luego invierte su dirección y fluye en sentido contrario durante igual período de tiempo por lo cual queda establecida una Polaridad que cambia al mismo ritmo. Este período de tiempo depende de la frecuencia de trabajo que imponga el generador de dicha Corriente. Además, la Amplitud varía a cada instante

### **LA POLARIDAD CAMBIA CON CIERTA FRECUENCIA DE TIEMPO**



**Alternador ó generador eléctrico de Corriente Alterna:** Máquina capaz de transformar la Energía Mecánica que lo pone en movimiento en Energía Eléctrica Alterna con una determinada frecuencia.

### **VENTAJAS DE LA CORRIENTE ALTERNA:**

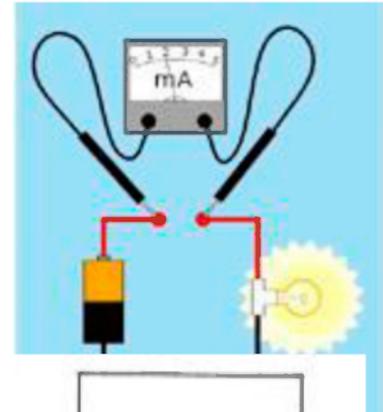
- 1) Se puede transmitir a larga distancia sin experimentar pérdidas elevadas de energía, ya que podemos transformarla en Alta Tensión (Alto Voltaje) y baja Intensidad, lo que constituye una baja pérdida de energía de transmisión desde las grandes plantas generadoras hasta los centros urbanos. Llegada la energía a estos centros, se la

transforma fácilmente en niveles de corriente y tensión eléctricas adecuadas a las necesidades. En las industrias: 380 Volts. En la red domiciliaria: 220 Volts con una frecuencia de 50 Hertz.

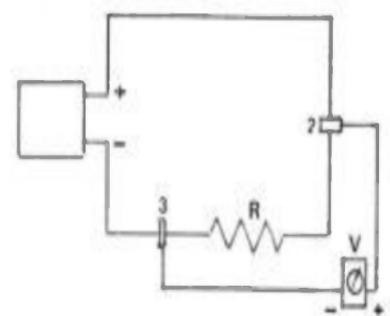
- 2) Toda maquinaria que se fabrica para Corriente Alterna es más liviana, más robusta y menos delicada en lo que hace a mantenimiento.
- 3) Es la que se aplica en la generación de ondas electromagnéticas.

### Instrumentos de Medición

**Amperímetro:** Mide la Intensidad de Corriente que circula en un circuito eléctrico. Debe ser intercalado en el elemento conductor (debe conectarse en serie) y, para no influir en la circulación de dicha corriente, debe presentar muy poca oposición a dicha circulación. La unidad de medida es el Ampere (A).



**Voltímetro:** Mide la Tensión ó Diferencia de Potencial entre dos puntos de un circuito eléctrico. Para ello debe ser "colgado" entre esos dos puntos (debe conectarse en paralelo). Además, no debe influir en la circulación por lo que presenta una muy alta oposición al paso de la corriente a través del instrumento. La unidad de medida es el Volt (V).



**Ohmetro:** Mide la Resistencia que ofrecen los distintos elementos alimentados por el circuito eléctrico (consumidores de energía). Igual que el voltímetro no debe influir en la circulación de la corriente. Debe conectarse en paralelo (entre la entrada y la salida del elemento consumidor). La unidad de medida es el Ohm ( $\Omega$ ).



El **Multímetro** agrupa las funciones de amperímetro, voltímetro y ohmetro en un solo instrumento de medición.

### Resistencia Eléctrica de un Conductor

**RESISTENCIA ELECTRICA (R):** ES LA PROPIEDAD POR LA CUAL LOS MATERIALES OFRECEN CIERTA OPOSICION AL PASO DE LA CORRIENTE ELECTRICA.

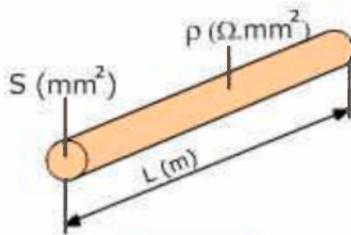
Esta "Oposición" varía según el material, la temperatura y sus dimensiones. Se mide en OHMS ( $\Omega$ ). Se dice que un material tiene la resistencia de 1 Ohm si al aplicar una tensión de 1 Volt circula por el material una corriente de 1 Ampere.

Los materiales de poca resistencia ceden muchos electrones, los de alta resistencia ceden pocos. Además, experimentalmente se verifica que con el aumento de la Temperatura, la Resistencia Eléctrica de los materiales aumenta.

Observamos la siguiente tabla de Resistividad

Material	Resistividad
Aluminio	0.0263
Carbón	63
Cinc	0.058
Cobre	0.0172
Estaño	0.115
Hierro	0.1
Mercurio	0.958
Níquel	0.068
Plata	0.0159
Plomo	0.22
Magnesio	1.85
Oro	0.0204
Cadmio	0.068
Titanio	0.478

De la siguiente fórmula se deduce que la Resistencia Eléctrica es mayor, cuanto mayor es la longitud y menor es la sección del conductor.



$$R = \frac{\rho \cdot L}{S}$$

## ACUMULADORES ACIDOS Y ALCALINOS

### Introducción

La energía eléctrica puede transformarse en cualquier otro tipo de energía: mecánica, química, térmica, como así cualquier tipo de energía puede transformarse en energía eléctrica.

En las estaciones radioeléctricas de los sistemas móviles (buques, aeronaves) se transforma la energía mecánica del motor en energía eléctrica alterna (alternadores) y/o continua (dínamos).

Las fuentes de Energía exigidas para los buques son las siguientes:

- 1) **Fuente de Energía Principal:** es la que proviene de los generadores del buque, capaces de alimentar todos los servicios del mismo ( SOLAS Cap. II- 1 Parte D Regla 41)
- 2) **Fuente de Energía de Emergencia:** en caso que un buque cuente con ella, deberá ser con las siguientes capacidades:
  - Buques de Pasaje: 36 horas de duración
  - Buques de Carga: 18 horas de duración

SOLAS Cap. II-1 Parte D Regla 42 y 43 (Esta exigencia rige desde el 1 de Febrero de 1995, SOLAS Cap. II-1 Parte D Regla 42.2.2.1 y 43.2.3.1

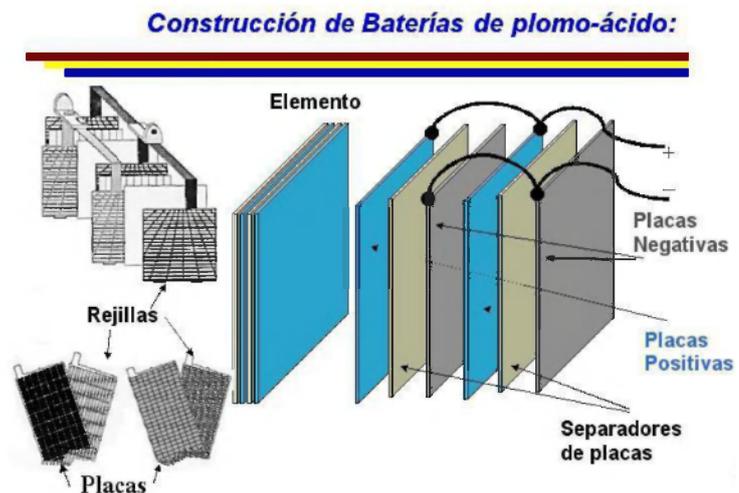
- 3) **Fuente de Energía de Reserva:** constará de baterías de acumuladores y deberá tener una duración mínima de UNA HORA para los buques construidos el 1 de Febrero de 1995 ó posterior y 6 horas los construidos antes de esa fecha (SOLAS Cap. IV, Regla 13.2.1)

Los acumuladores de energía transforman energía química en energía eléctrica. Se presentan en dos clases de características y capacidades distintas: Las ácidas y las alcalinas.

### Acumuladores de Plomo

En líneas generales consisten en unas placas de plomo, separadas entre sí por delgadas planchas de madera preparada ó vidrio (con pequeños orificios) dispuestas dentro de un recipiente que contiene un electrolito formado por un 20% de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) y 80% de agua destilada. Este recipiente se denomina Vaso. Dentro de ese vaso, una serie de placas conforman el polo positivo y otras, el polo negativo. Cada Vaso, una vez cargado, entrega una tensión nominal de 2 Volts. Dependiendo del valor de Tensión del acumulador, puede haber 6 ó 12 vasos conectados entre sí en serie.

Cuando esos polos (positivo y negativo) se conectan a un generador externo para comenzar el proceso de carga, se hace circular una corriente eléctrica a través de las placas y del electrolito que producirá una descomposición química. Este proceso llamado electrólisis hará que el oxígeno del agua destilada se deposite sobre las placas conectadas al polo positivo conformando PEROXIDO DE PLOMO, mientras que el hidrógeno lo hará sobre las otras placas (polo negativo), conformando PLOMO ESPONJOSO.

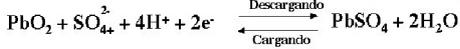


**Química de Baterías de Plomo-Ácido**

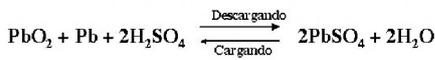
Reacción de la Placa Negativa (Plomo Esponja PV)



Reacción de la Placa Positiva (Dioxido de Plomo PbO<sub>2</sub>)

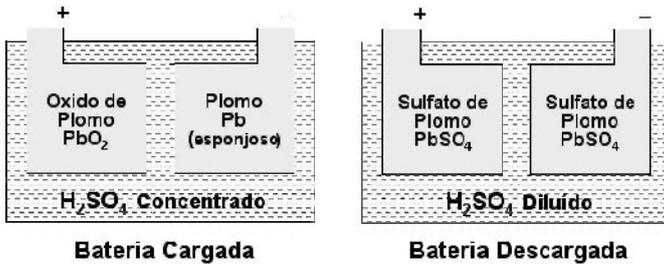


Reacción Neta (Con Electrolito de Ácido Sulfúrico H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)



Se dice que el acumulador está cargado cuando la densidad del electrolito es de entre 1.26 1.28 g/cm<sup>3</sup>. Esto se debe a una disminución en el nivel del agua destilada destinada al proceso de carga.

Desde el momento en que el acumulador es conectado a un circuito eléctrico, se originará una corriente de descarga y tanto las placas positivas como las negativas, se combinan con el ácido sulfúrico del electrolito y se convierten gradualmente en sulfato de plomo y agua. El aumento del nivel de agua que surge de dicha reacción disminuye la densidad del electrolito.

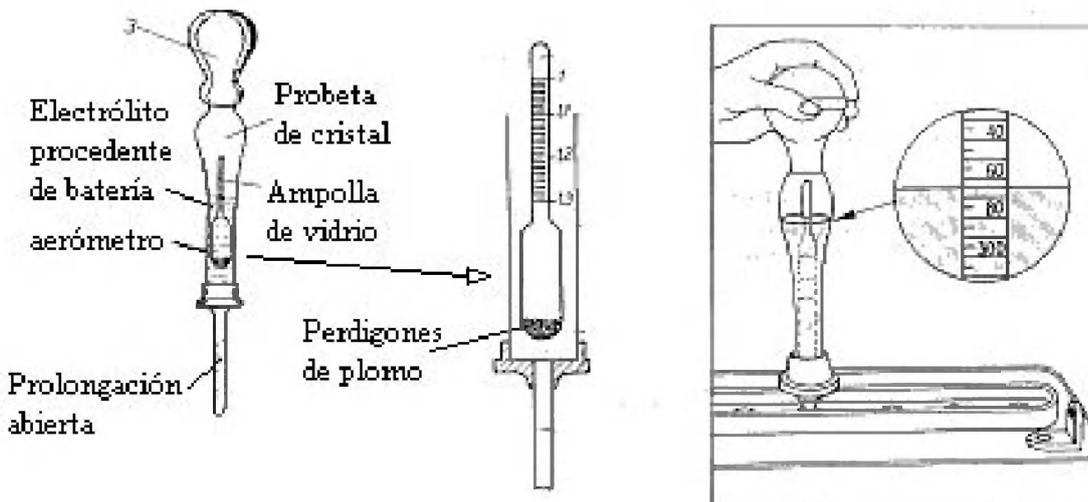


La tabla muestra la relación entre la densidad y el estado de carga de una batería en términos de porcentaje.

CONDICION	DENSIDAD (grs./cm3)
Plena Carga (100%)	1,28
Casi a plena Carga (75%)	1,25
Media Carga (50%)	1,225
Casi Descargada (25%)	1,19

Alcanzado este último estado, es imprescindible desconectar el acumulador del circuito exterior y conectarlo al cargador de baterías para que revierta el proceso químico y restituya el acumulador a su estado de plena carga.

Es por ello que el estado de carga de las baterías de plomo se mide haciendo uso de un densímetro, que mide la densidad del electrolito.



Está formado por una probeta de cristal, en la parte superior tiene una pera de goma y por la parte inferior un tubo de goma. En el interior de la probeta se aloja un tubo de vidrio graduado. Se maneja colocando el densímetro en posición vertical, succionando el electrolito mediante la pera de goma hasta llenar la probeta, el nivel del líquido alcanzara una determinada altura en la escala, lo que determinara la densidad del electrolito.

Una densidad comprendida entre 1,270 y 1,290 indica que la batería esta completamente cargada. Un valor comprendido entre 1,200 y 1,240 indica media carga y los valores inferiores a 1,190 indican que la batería esta descargada.

La medición de la densidad no debe realizarse después de una fuerte descarga de la batería.

La cantidad de electrolito tomada de una batería para medir su densidad debe ser devuelta una vez terminada la medición.

Hay densímetros graduados en grados Beaumé,

También existen densímetros de bolas, en los cuales se sustituye el flotador por tres bolas apropiadas. Al hacer la medición, si flotan las tres, es que la batería esta cargada. Si solo flotan dos, indica media carga y si solo flota una es que esa batería esta descargada.

Las baterías exentas de mantenimiento están provistas de un testigo óptico de carga de batería. Si este testigo esta en verde la batería esta cargada correctamente, si la batería esta completamente descargada el color del testigo seria amarillo.

### **Constantes de una Batería**

- **Fuerza Electromotriz ó Tensión:** Cuando un vaso de acumulador de plomo se encuentra totalmente cargado, su Tensión es de 2.2 Volts. Al iniciarse la descarga, ese valor disminuye a 2 Volts y permanece prácticamente invariable hasta que, completado el proceso de descarga, comienza a descender notablemente. Debido a esta particular forma de variación, no puede utilizarse un voltímetro como elemento para determinar el estado de carga.
- **Capacidad:** Es la cantidad de electricidad (carga eléctrica) que es capaz de almacenar y, por lo tanto, de suministrar. Se expresa en AMPER / HORA (Ah) y tiene el siguiente significado: Una batería de 60 Ah puede suministrar 60 A. durante una hora. Por la misma razón, podría suministrar en media hora el doble de corriente.

La capacidad de un acumulador depende de varios factores:

- Dimensiones de placas.
- Numero de placas.
- Cantidad de materia activa
- Volumen del electrolito
- Densidad del electrolito

### **Carga y Descarga de Acumuladores**

Se denomina régimen de carga y descarga de un acumulador al valor de Intensidad de Corriente que no conviene sobrepasar para lograr el mayor rendimiento y vida útil de los mismos. Este régimen depende de la cantidad de materia activa de las placas por lo que para los distintos tipos de acumuladores oscila entre 0.5 a 1.5 A por Kg. para la carga y 1 a 2 A para la descarga. Dado que usualmente no se conoce el peso neto de las placas, suele utilizarse como régimen de carga y de descarga una Intensidad alrededor del 5% del valor de la capacidad expresada en Ah.

$$\text{Corriente de Carga} = 0.05 \times \text{Capacidad de la Batería (expresada en Ah)}$$

Por ejemplo: Una batería que tiene una capacidad de 200 Ah, necesita una corriente de carga de 10 Amperes.

Un régimen de carga a un valor mayor ó menor, la dañaría produciendo depósitos de sulfato de plomo que reducen su vida útil.

## Mantenimiento

- Verificar el buen funcionamiento de la ventilación forzada. Las baterías al cargarse despiden gases explosivos.
- Comprobar el estado de carga de los vasos midiendo la densidad del electrolito con un densímetro.
- Comprobar que la corriente de carga no exceda el valor requerido y el buen funcionamiento del cargador de baterías.
- Agregar agua destilada para reponer la que se pierde por evaporación y electrólisis. El nivel del electrolito debe mantenerse 1 cm. por encima del nivel superior de las placas. **NUNCA SE DEBE AGREGAR ACIDO SULFURICO PURO NI EN SOLUCIÓN.**
- Constatar que los orificios de ventilación de los tapones de los vasos estén libres de obstrucciones para gasear libremente y que la temperatura del electrolito no exceda los 45°.
- Proceder a la limpieza de los bornes con agua dulce caliente y, luego de ajustarlos, cubrirlos con una delgada capa de vaselina fibrosa.
- Medir la densidad de las baterías que puedan tenerse fuera de servicio y como reserva ya que, aún inactivas, sufren una autodescarga que en algunos casos puede alcanzar el 25% de su capacidad por mes de inactividad.
- Para conectar una batería primero se conecta el borne positivo y luego el negativo y para desconectarla primero se retira el borne negativo y después el positivo.

## Conexión de Acumuladores

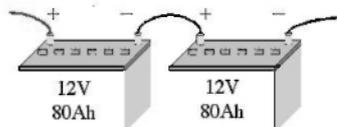
Existen dos formas de conectar acumuladores de acuerdo a las necesidades. Una es la conexión en SERIE con la que obtendremos mayor voltaje y una misma capacidad. La otra es la conexión en PARALELO con la que mantenemos constante el voltaje y aumentamos la capacidad.

En la figura superior, los acumuladores fueron conectados en SERIE, obteniendo como resultado una Capacidad invariable y un aumento de la Tensión proporcional a la cantidad de acumuladores conectados.

En la figura lateral (EN PARALELO), se mantiene invariable la Tensión mientras que la Capacidad aumenta, también, en forma proporcional. En esta forma de conexión debe tenerse en cuenta que las tensiones deben ser iguales, caso contrario, fluiría corriente de una a otra disipándose potencia en forma de calor, agotándose rápidamente

### Conexión de Baterías en Serie

- ◆ La capacidad se determina por el tamaño de una sola batería (o celda)
- ◆ Posibles altos voltajes peligrosos (normalmente no se pasa 250V)

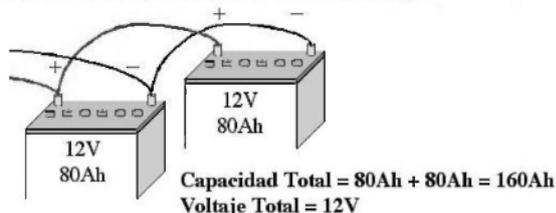


Capacidad Total = 80Ah

Voltaje Total = 12V + 12V = 24V

### Conexión de Baterías en Paralelo

- ◆ La capacidad se determina por el número de baterías (celdas) en paralelo
- ◆ Requiere una buena técnica de instalación



Capacidad Total = 80Ah + 80Ah = 160Ah  
Voltaje Total = 12V

## **Uso de Acumuladores de Plomo en Buques**

A bordo de buques mercantes, los acumuladores de plomo tienen aplicaciones muy importantes constituyendo la fuente de alimentación de las luces de emergencia y los transceptores de radio. Son dos grupos de baterías ubicados en un cuarto especial cercano a la cubierta de botes que debe contar con ventilación forzada. Mientras un grupo se mantiene listo a entrar en servicio al fallar la energía principal, el grupo restante se encuentra en carga lenta alimentado por un cargador ubicado en el mismo cuarto de baterías.

## **Tipos de Cargadores**

**Eléctricos:** Son máquinas capaces de transformar la energía mecánica que los pone en movimiento en energía eléctrica, llamándose dínamo en el caso de generación de C.C y alternador para la C.A. En el caso de la dínamo, la polaridad generador – batería debe ser negativo con negativo y positivo con positivo, por las características de la C.C. Para el alternador debido a la generación de C.A esta debe rectificarse previamente para poder entregar carga a la batería.

**Solar:** Es aquel que transforma la energía de la radiación del sol en energía eléctrica, a través de células fotoeléctricas, dispositivo que consiste en la emisión espontánea de electrones de las superficies metálicas cuando sobre estas inciden radiaciones luminosas.

## **Averías en las Baterías**

Se pueden establecer tres tipos de averías:

### **\* De origen exterior:**

Proviene del sistema eléctrico y son debidas a un trabajo inadecuado y excesivo de la batería. Esto produce sobrecargas, con lo cual sería necesario añadir agua frecuentemente. El remedio sería la reparación del circuito de carga cuyo mal funcionamiento provoca la sobrecarga. También es avería exterior la carga deficiente, la solución a este problema sería revisar las conexiones. Por último si una batería no puede mover el motor de arranque debe ser sustituida puesto que no es capaz de mantener la carga normal introducida en ella.

### **\* Puramente mecánicas:**

Son las roturas de la caja debido a golpes o exceso de vibraciones, pérdida de tapones que permiten la salida de electrolito y desprendimientos de materia activa de las placas.

### **\*De origen interior:**

Las más frecuentes son separadores defectuosos, sedimentos depositados en el fondo de la caja, impurezas y sulfatación de placas.

## **Baterías de Níquel – Hierro (Ni – He)**

Estas baterías tienen el polo positivo de Níquel y el negativo de Hierro. El electrolito consiste en una solución diluida de calcio y su densidad permanece casi constante. El voltaje de cada celda es de aproximadamente 1.4 V. y en consumo, de 1.2 V. Este voltaje decae rápidamente durante la descarga por lo cual el estado de carga debe controlarse con un voltímetro. A plena carga pueden llegar a 1.8 Volts.

### **Baterías de Níquel – Cadmio (Ni – Cd)**

Estas tienen el polo negativo de Cadmio en lugar de Hierro. El electrolito es una disolución acuosa al 20% de Hidróxido de Potasio con otros aditivos. Su densidad varía muy poco ya sea a plena carga o totalmente descargado. Su estado de carga se debe controlar con un voltímetro. La tensión de cada vaso es de 1.25 V. y si bien es conveniente cargarlas a un régimen de carga similar a las de plomo, pueden soportar intensidades de carga mucho más grandes sin sufrir daño alguno.

#### **Ventajas**

- Muy larga vida útil
- Gran resistencia a los golpes.
- Gran resistencia a intensidades elevadas.
- El electrolito no desprende gases corrosivos.
- Fuera de servicio presentan poca autodescarga.
- Soporta las bajas temperaturas.
- Mínimo mantenimiento.

#### **Desventajas**

- Poca FEM por elemento.
- Elevado costo.
- Las reparaciones y reposición de elementos se hacen en fábrica.

En función de las características indicadas, el acumulador de Ni-Cd resulta más voluminoso, pesado y costoso que uno similar de plomo, aunque con una vida útil más larga y con mayor capacidad para soportar trato riguroso.

## NOCIONES DE PROPAGACION

### Generación y Propagación de los Campos Electromagnéticos

Se llama campo a un grupo de fuerzas que actúan sin contacto físico. Se le define como cualquier cantidad física que puede tomar diferentes valores en diferentes puntos en el espacio. Un campo tiene dos propiedades fundamentales: **Intensidad** (magnitud de la fuerza que el campo ejerce sobre el objeto sumergido en él) y **Dirección** (sentido en que el objeto sobre el que se ejerce la fuerza tiende a moverse)

Una corriente eléctrica alterna (AC) se define como el movimiento de electrones en una misma dirección, usualmente a través de un alambre. Esta corriente produce dos tipos de campos: **Un campo eléctrico y un campo magnético**, ambos forman lo que se llama un campo electromagnético. Los campos eléctricos de la corriente alterna resultan de la intensidad de la carga y los campos magnéticos resultan del movimiento de las cargas. El campo eléctrico representa la fuerza que las cargas eléctricas ejercen sobre otras cargas, y esta fuerza puede repeler o atraer. El campo magnético se forma alrededor de la corriente y se irradia en ángulo recto respecto a la dirección de la corriente.

Es muy interesante observar que mientras una corriente eléctrica alterna crea un campo magnético, también un campo magnético crea una corriente eléctrica en un conductor cercano.

Este es el principio de la **Inducción** y por este se puede detectar y medir la presencia de campos electromagnéticos. La inducción es también el principio mediante el cual un transformador eleva o baja voltajes. En un transformador, una corriente eléctrica alterna a través de los alambres de una bobina, irradia campos magnéticos y en otra bobina adyacente los alambres captan los campos magnéticos y los convierte de nuevo en corriente eléctrica alterna. El número de vueltas en espiral que tenga cada lado del transformador, determina qué tanto voltaje se incrementa o disminuye.

**Radiación** es un término ampliamente utilizado para referirse a la transmisión de energía a través del espacio, a través de materiales, o a través de la energía por sí misma. La fuerza del campo asociada con la radiación es la región a través de la cual la radiación se puede medir. Algunas veces la radiación electromagnética se le llama EML y se refiere a un rango del espectro electromagnético, desde las frecuencias extremadamente bajas a las ondas de radio.

Campos electromagnéticos de diferentes fuentes pueden adicionarse o cancelarse mutuamente. Esto es debido a las características de las ondas de la radiación electromagnética. Si la radiación de dos fuentes está en fase, entonces los picos de cada ciclo ocurren al mismo tiempo, y los campos se adicionan. Por otro lado, si dos fuentes están exactamente fuera de fase, entonces una alcanza su máxima intensidad en una dirección, exactamente al mismo tiempo que la otra fuente lo está alcanzando en la dirección opuesta.

Si la magnitud de los campos es idéntica entonces los campos se cancelarán el uno al otro, y la medición del campo magnético será cero. Esta es la razón de porque los cables calientes y neutrales en el cableado de las casas deben aparearse muy cercanos. Esta característica también provee el mecanismo mediante el cual se pueden configurar las líneas de transmisión eléctrica y los monitores de computadoras para reducir los campos electromagnéticos.

Los campos electromagnéticos pueden ocurrir naturalmente o ser creados por el hombre. Ejemplos de radiación electromagnética en orden de incremento de intensidad son: Extrema baja frecuencia (ELF), muy baja frecuencia (VLF), ondas de radio, microondas, rayos infrarrojos (calor), luz visible, rayos ultravioleta, rayos-X y rayos gama. Toda la radiación electromagnética viaja a la velocidad de la luz.

La **Polarización** de una onda de radio es la dirección de las líneas de fuerza del campo eléctrico de la misma. Si las líneas eléctricas son perpendiculares a la tierra, se dice que la onda está **polarizada verticalmente**; si son paralelas a la tierra, la onda está **polarizada horizontalmente**. Las ondas más largas cuando viajan a lo largo del suelo, por lo general

mantiene su polarización en el mismo plano con que fueron generadas con la antena. La polarización de las ondas más cortas puede ser alterada.

La intensidad de campo de una onda es inversamente proporcional a la distancia de la fuente de origen. Por lo tanto, si en un medio uniforme, un punto de recepción está alejado del emisor el doble de otro, la intensidad de campo en el punto más distante es igual a la mitad de la intensidad de campo presente en el punto más cercano. Esto se produce porque la energía en el frente de onda debe distribuirse sobre mayor superficie a medida que la onda se aleja de la fuente. Esta **ley inversa de la distancia** está basada en la suposición de que no existe nada en el medio capaz de absorber energía de la onda en su recorrido. Esto se cumple en el espacio libre pero no en la comunicación práctica a lo largo de la tierra y a través de la atmósfera.

### **Concepto de Armónicas**

Si hay reflexión a partir del final de un conductor, el número de ondas permanentes en el conductor será igual a su longitud dividida por media longitud de onda. Así, si el conductor es dos media longitud de onda, habrá dos ondas permanentes; si es de tres media longitud de onda, habrá tres ondas permanentes, etcétera. En conductores más largos, cada uno de los múltiplos de media longitud de onda, también serán resonantes, a la misma frecuencia que el conductor de sólo media longitud de onda.

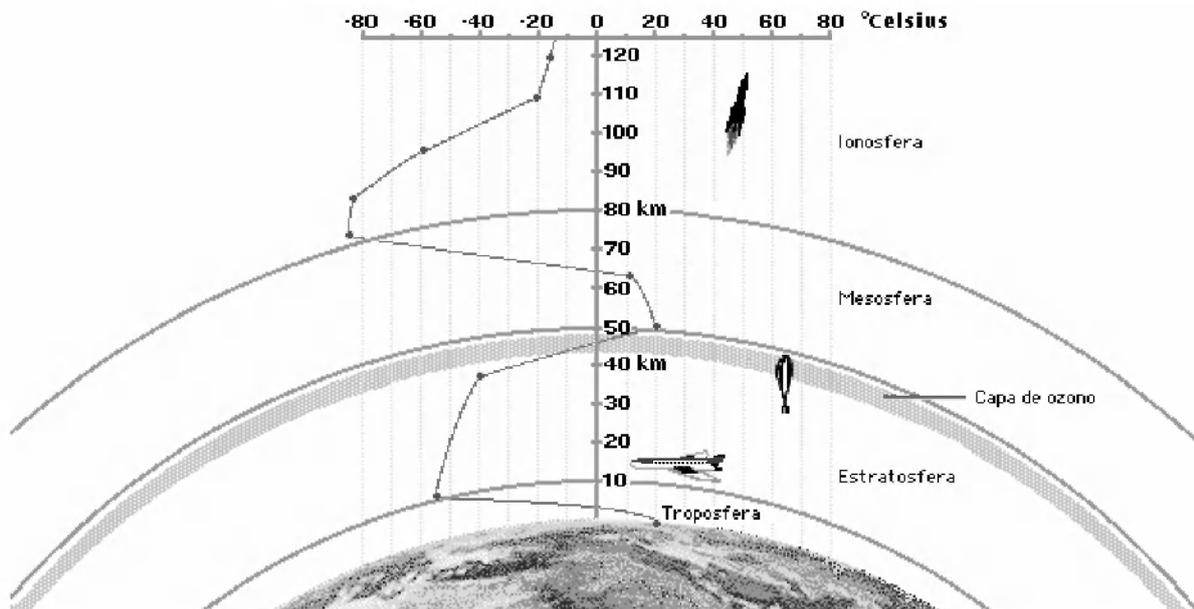
Cuando una antena es de dos o más media longitud de onda en la frecuencia de operación se dice que es armónicamente resonante, u opera en una armónica. El número de armónicas es el número de ondas permanentes en el alambre.

### **Propagación de las Ondas Electromagnéticas**

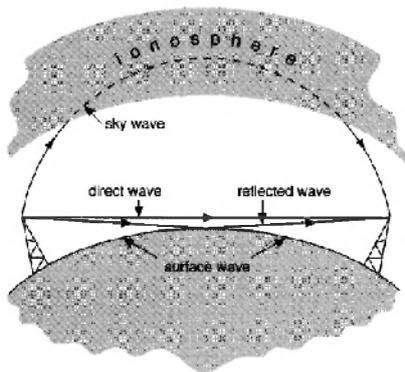
El planeta tierra está rodeado por una masa gaseosa llamada ATMÓSFERA. la que a su vez está dividida en regiones.

Las distintas regiones en que se considera dividida la atmósfera terrestre son:

- 1) La Troposfera: es la que está en contacto con la corteza terrestre y llega a alcanzar un espesor de 18 Km sobre el ecuador.
- 2) La Estratosfera: se extiende hasta una altura de 80 Km
- 3) La Ionósfera: está caracterizada por una notable intensidad de IONIZACIÓN. Esta ionización la produce la radiación ultravioleta solar al actuar sobre los átomos de oxígeno, sodio y nitrógeno presente a esas alturas.



La propagación de las ondas electromagnéticas es el resultado de una perturbación eléctrica que se difunde en todo medio, aún en el vacío y a la velocidad de la luz.



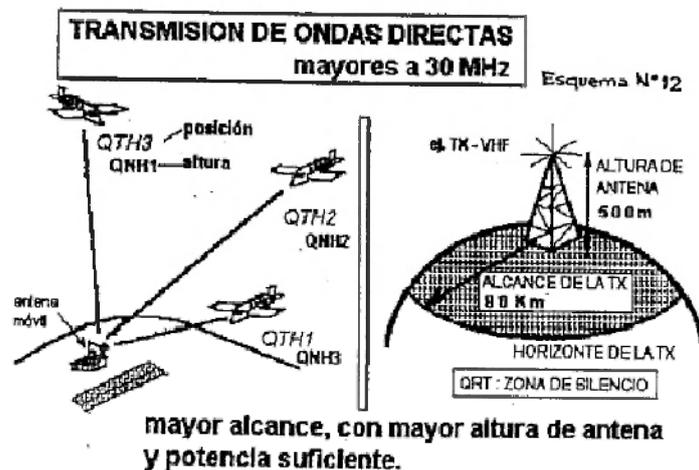
Según sea el medio de propagación se clasifican en:

- Ondas Directas.
- Ondas Terrestres ó Troposféricas.
- Ondas Reflejadas ó Ionosféricas.

### Ondas Directas

Por encima de la frecuencia de 30 Mhz, no puede utilizarse como medio de propagación la Onda Terrestre ni la Ionosférica, ya que no se refractan hacia la tierra. La única onda radiada que puede utilizarse es la que va en línea recta desde la antena transmisora hasta la antena receptora. Se denominan también de alcance óptico.

Es el caso de las transmisiones por VHF, se utiliza también en el Radar y además en los enlaces con el Satélite.



### Ondas Terrestres ó Troposféricas

Este tipo de propagación se utiliza en Frecuencias Medias (MF)

La facilidad con que esta onda puede viajar está afectada principalmente por las características de la superficie de la tierra. La superficie de la tierra se considera como un conductor. Esa conductividad varía con la naturaleza del trayecto recorrido

Medio	Conductividad Relativa
Agua de mar	Buena
Terreno Plano Arcilloso	Regular
Grandes Masas de Agua Dulce	Regular
Terreno Rocoso	Pobre
Terreno Desértico	Pobre
Selva ó Jungla	Inutilizable

## Ondas Ionosféricas

El sol influye en todas las radiocomunicaciones más allá del alcance local. Las condiciones varían con la hora del día ó la estación del año modificando la distancia que puede recorrer una determinada frecuencia. Puesto que éstos difieren con cambios apreciables de latitud y longitud, prácticamente cada enlace de comunicación es único en varios aspectos.

En frecuencias por debajo de los 30 Mhz., las comunicaciones a larga distancia son el resultado de una curvatura de la onda transmitida al incidir sobre la atmósfera. Esta es una región entre unos 100 y 350 Km sobre la superficie de la tierra en la que existen suficientes iones y electrones libres como para afectar la dirección de la circulación de una onda.

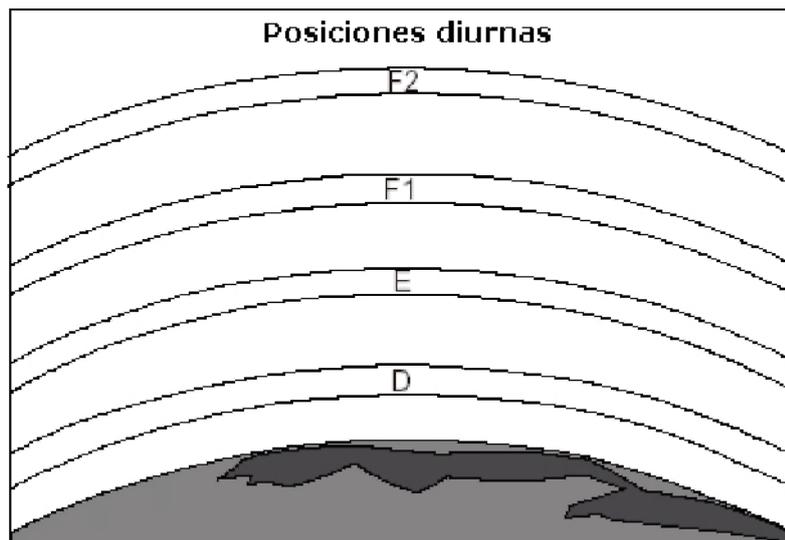
La ionización de la alta atmósfera se atribuye a la radiación ultravioleta del sol. Cuando un átomo de oxígeno ó nitrógeno es excitado por los rayos ultravioletas procedentes del sol, entra en oscilación. Esta llega a ser tan violenta que algunos electrones del átomo se desprenden, dejando un ión y un electrón libres, los cuales recorren un camino para unirse con otro y formar un átomo nuevo.

Al llegar las radiaciones solares a la ionosfera, encuentran que la concentración molecular y de átomos es muy débil; por lo tanto, es fácil de ionizar y ser excitada por unas frecuencias determinadas. Durante la noche, dado que los rayos solares no la afectan, la ionización se detiene. El resultado no es una única región sino varias capas con densidades variables a distintas alturas rodeando la Tierra.

De día, está formada por cuatro capas: D, E, F1 y F2

De noche, la ionización es muy débil y se distinguen dos capas: E y F

La capa D desaparece y las capas F1 y F2 se unen a una altura aproximada de 280 Km de altura.



F2 250-500 km (250-420 km de noche)  
F1 200-250 km  
E 90-130 km  
D 75-90 km

**Estructura de la ionosfera**

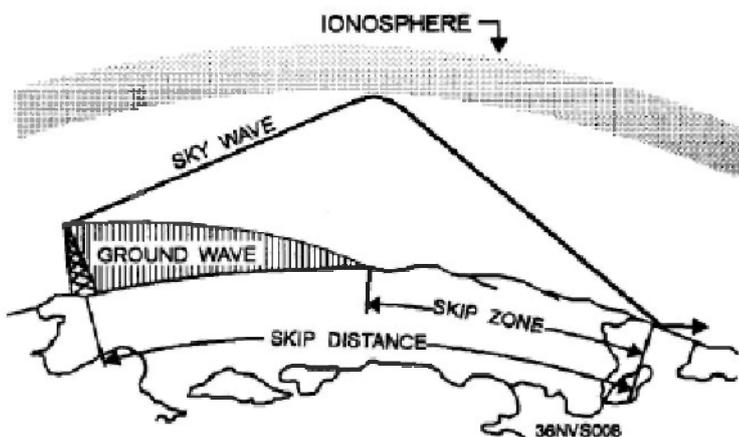
**Alcance de las diferentes Bandas de HF**

Bandas	Día	Noche
4 a 6 Mhz	Distancias Cortas	Distancias Medias
8 a 12 Mhz	Distancias Medias	Distancias Globales
16 a 22 Mhz	Distancias Globales	No hay Cobertura

**Reflexión y Refracción de las Ondas de Radio**

Es común explicar el proceso por el cual la ionosfera devuelve las ondas a tierra como una "reflexión", algo similar a lo que le sucede a un rayo de luz en un espejo, o bien imaginar que las señales "rebotan" como una pelota en una pared. Un rebote o una reflexión suceden en general en un lugar bien definido, por ejemplo el espejo o la pared, pero las ondas responden en realidad al fenómeno conocido como *refracción*.

La refracción se produce porque las ondas de radio o luminosas se propagan a distinta velocidad en medios diferentes, a ella se debe que una varilla sumergida en agua clara se vea "quebrada". La ionosfera no es una zona con límites determinados que surge de golpe, sino que su densidad aumenta progresivamente y al ingresar a la ionosfera las ondas van encontrando un medio distinto y son curvadas hasta que por fin son devueltas a la tierra.



**Zona de Silencio (skip zone)**

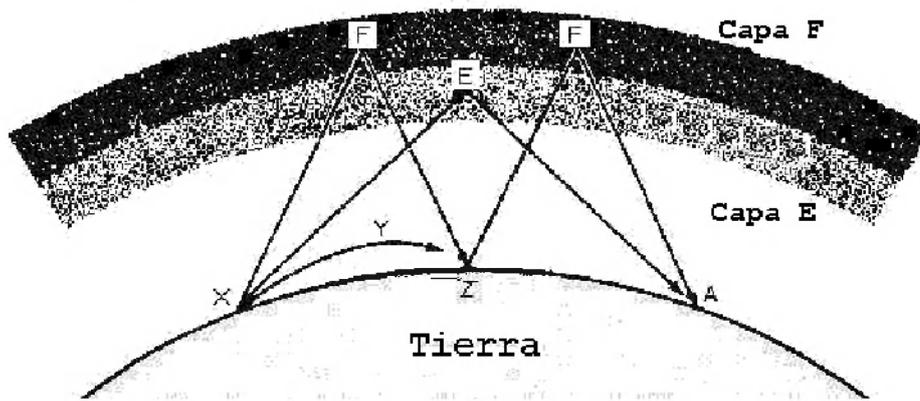
La zona de silencio o "zona de skip" es un área alrededor del transmisor que no es alcanzada por la onda ionosférica, la espacial o la terrestre, por lo tanto en ella no se reciben las señales del transmisor.

A partir de cierta frecuencia, cuando la señal incide sobre la ionosfera con ángulos próximos a la vertical, la atraviesa sin reflejarse, las señales no son devueltas a la tierra y no puede establecerse contacto entre estaciones que precisen de una reflexión en tal

ángulo; a medida que ese ángulo se hace más rasante, llega un punto en que la ionosfera si puede reflejar la señal hacia tierra y pueden comunicarse entre si estaciones situadas entre los dos puntos que ese ángulo determina.

Supongamos que rayos más verticales que el indicado en la figura no pudieran ser reflejados, entonces la zona de skip o silencio es la que hay entre la parte alcanzada por la onda terrestre (*ground wave*) de la estación emisora y el punto en que la señal arriba a la tierra reflejada por la ionosfera. Esta zona suele ser más amplia durante la noche, en invierno y durante los períodos de menor actividad solar debido a que en estas situaciones la densidad de la capa ionizada es menor, haciendo imposibles los comunicados a corta distancia sobre la banda considerada. En este caso la solución para comunicarse con estaciones más cercanas es emplear frecuencias más bajas

### Desvanecimiento (Fading)



Cuando se reciben ondas de radio de un mismo punto, la intensidad de las mismas varía notablemente según la hora del día, la época del año etc, según se vio, pero es común percibir una variación mucho más rápida en la intensidad que puede producirse desde muy lentamente (minutos) hasta bastante rápida (décimas de segundo).

Estas variaciones más o menos rápidas se conocen como "desvanecimientos" y obedecen a diferentes causas, tales como:

- Que varíen las condiciones físicas del medio por el cual viajan las señales (variaciones de densidad de la atmósfera, del contenido de vapor, de iones, etc.)
- Que lleguen al receptor distintas "copias" de la señal *recorriendo múltiples caminos (multipath)*. Las diferentes copias arriban ligeramente desfasadas haciendo que se sumen o se resten sus amplitudes (diferencias de fase). Como estos caminos están continuamente variando, el efecto de atenuación o refuerzo varía con el tiempo.
- Que se produzcan reflexiones en objetos que están en movimiento provocando el efecto anterior (aviones, automóviles, etc.)
- Que el transmisor y o el receptor estén en movimiento y los caminos de la señal estén variando con el tiempo.
- Que se atenúen algunas frecuencias mientras que otras inmediatamente cercanas no, deformando las señales (desvanecimiento selectivo).

## TRANSMISION Y MODULACION

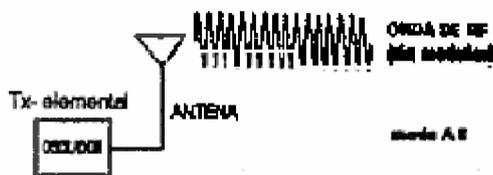
### Introducción

Un transceptor es un equipo electrónico capaz de transmitir y recibir información, sea en forma simultánea (DUPLEX), en forma conmutada (SEMIDUPLEX) ó en forma SIMPLEX.

Para transportar esa información de un punto a otro se utilizan las ondas electromagnéticas. Para poder generarlas y lograr que se propaguen a una distancia apreciable, deben tener una frecuencia por encima de los 300 Khz. (Radiofrecuencia – RF). Esta señal de RF se genera con una amplitud y frecuencia fija y se la codifica ó MODULA de acuerdo al tipo de información que se quiere transportar (Voz, Datos, Telegrafía, etc.), todo esto en el transmisor. Luego, en el receptor, se la decodifica ó DEMODULA, volviendo a reconstituir el mensaje original.

### Transmisores de Potencia Reducida y Modulación

Si a un oscilador (circuito encargado de generar la onda de RF) le aplicáramos una antena adecuada en su salida, tendríamos un rudimentario transmisor de baja potencia. Si sólo contásemos con esa onda, la misma se propagaría continuamente sin ningún tipo de cambio ó modificación, es decir, una Onda Portadora sin Modular (sin información).



Un transmisor radiotelefónico es un dispositivo cuya principal finalidad consiste en transportar señales de AUDIO FRECUENCIA (información) sobre una onda portadora de RADIO FRECUENCIA. Al proceso de inyectar la información (AF) sobre la portadora (RF) se lo llama **MODULACIÓN**. Este proceso da como resultado tres frecuencias: la frecuencia portadora y dos frecuencias laterales espaciadas arriba y debajo de la portadora en una magnitud igual a la frecuencia de la señal de modulación (Doble Banda Lateral). Esas frecuencias laterales son, realmente, imágenes especulares una de la otra y cualquiera de ellas puede demodularse para obtener la información transmitida. El ancho de frecuencia entre el tono más bajo y el más alto, se denomina ANCHO DE BANDA.

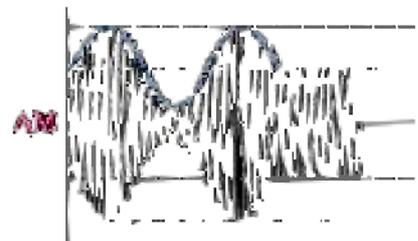
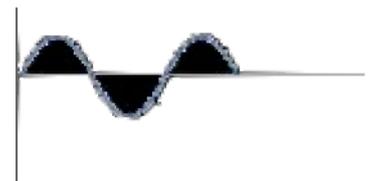
### Modos de Emisión

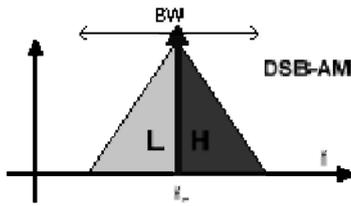
MODULACIÓN DE AMPLITUD (AM – A3E): La modulación de amplitud AM consiste en la variación de la amplitud de la portadora, de acuerdo a la señal con información, manteniendo constante su frecuencia.

La amplitud de la portadora deja de ser constante y en vez de eso toma los valores que le corresponde según la señal que la modula. Esto genera dos curvas, una superior y otra inferior, generando una ENVOLVENTE. La curva superior tiene la misma forma de la señal “modulante” mientras que la inferior está invertida en relación a la superior.

El ancho de banda de la señal de AM es dos veces el ancho de banda de la señal modulante. (6 Khz para banda estrecha, 10 Khz para banda ancha)

La información está contenida en cada una de las bandas laterales (está repetida dos veces).





- La sobremodulación sucede cuando una señal inteligente excede la señal modulada lo que producirá un porcentaje de modulación mayor al 100%.



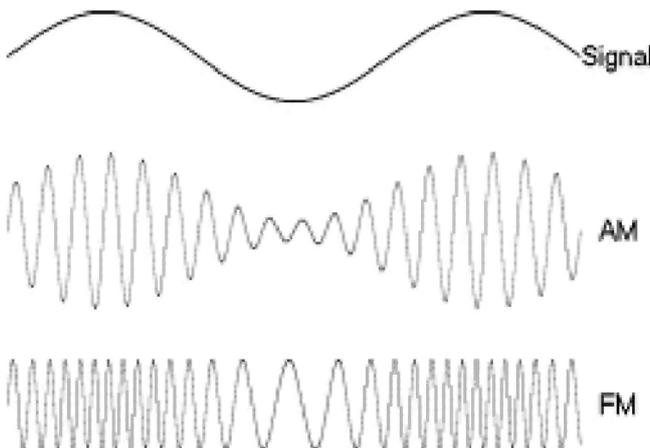
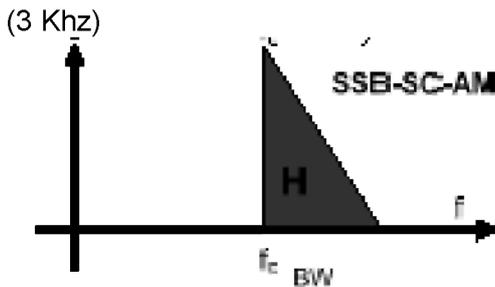
Fig. 1-1

Efectos de la Sobremodulación:

- La brecha producida por la sobremodulación se denomina *sideband splatter*, este efecto resulta en la transmisión de frecuencias fuera del ancho de banda normal separado para esa radio (ancho de banda excesivo), esta es una condición inaceptable y causa interferencias severas en otras estaciones.

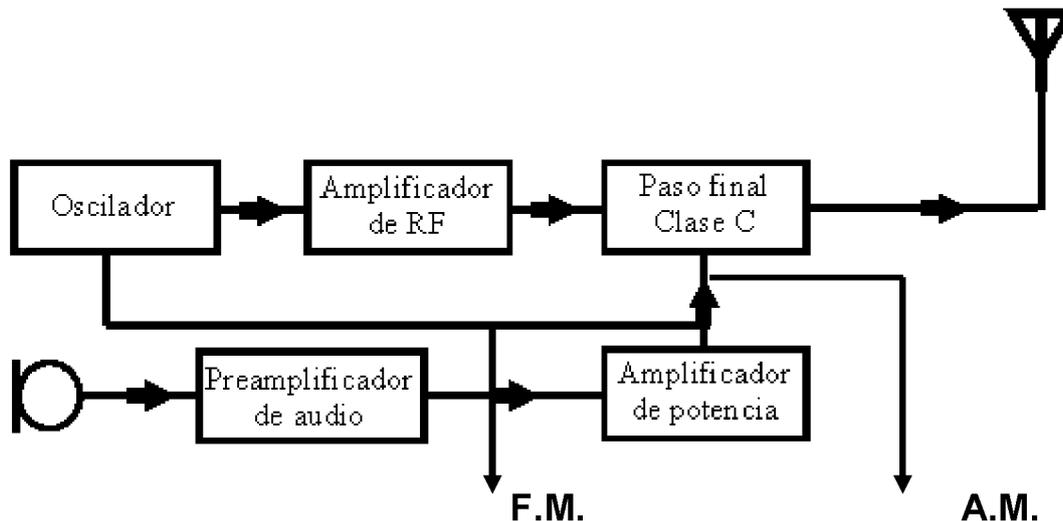
MODULACION EN BANDA LATERAL UNICA (BLU ó SSB ó J3E): La modulación de Banda Lateral Única es una variante de AM en la que sólo se utiliza una de las bandas laterales y se suprime la otra y la portadora. Se puede utilizar tanto la Banda Lateral Inferior BLI (LSB) como la Banda Lateral Superior BLS (USB).

El ancho de banda de la señal de BLU es igual al ancho de banda de la señal modulante.



MODULACION DE FRECUENCIA (FM – J3E): La modulación de frecuencia FM consiste en una variación leve de la frecuencia de la portadora manteniendo constante la amplitud. En los valores máximos de la señal modulante los ciclos de la portadora se juntan más (mayor frecuencia), mientras que en los mínimos ocurre lo contrario. El ancho de banda de esta señal es de 30 KHz para banda estrecha y 150 KHz para banda ancha.

## DIAGRAMA EN BLOQUES DE UN TRANSMISOR



### Etapas de Audio Frecuencia

**MICRÓFONO:** Para transmitir los sonidos de la voz es necesario que las ondas sonoras sean convertidas en ondas eléctricas. Estas ondas eléctricas de audio son entonces superpuestas a la señal de radiofrecuencia que se propaga a través del espacio.

Para la conversión de las ondas sonoras (ondas mecánicas) en ondas eléctricas, se requiere de un dispositivo conocido como *transductor electroacústico*. Uno es el micrófono, el otro es el altoparlante que realiza la función inversa

**AMPLIFICADOR DE AUDIO FRECUENCIA:** La onda eléctrica generada por el micrófono es muy débil. De allí que es necesario amplificarla hasta un nivel lo suficientemente elevado para entregarla a la última etapa de Audio Frecuencia, el Amplificador Modulador.

**AMPLIFICADOR MODULADOR:** Esta etapa prepara a la onda de Audio Frecuencia para ser inyectada a la sección de Radio Frecuencia que corresponda de acuerdo al servicio para el que la transmisión esté destinada. Si la emisión es de Amplitud Modulada (AM – A3E), la señal moduladora se inyecta a la entrada de la etapa del Amplificador de Potencia de R.F. Si la emisión es de Frecuencia Modulada (FM – F3E), la señal se inyecta al comienzo de la etapa de R.F., es decir, en el Oscilador. Aquí se “recorta” el Ancho de Banda de A.F. de la señal moduladora. Para comunicaciones profesionales se utiliza un ancho de banda de 3 KHz. (BANDA ESTRECHA) Para comunicaciones de radiodifusión se utiliza un ancho de banda de 5 KHz para transmisiones en AM y de 15 KHz para FM (BANDA ANCHA). Además es la etapa encargada de amplificar definitivamente la señal de A.F.

### Etapas de Radio Frecuencia

**OSCILADOR:** Un circuito oscilador es aquel que entrega una corriente alterna que tiene una forma de onda y una frecuencia específica sin utilizar una señal de entrada externa. Es el corazón del transmisor ya que es el que genera la Radio Frecuencia.

Para generar esa frecuencia existen dos tipos de osciladores:

- 1) Oscilador a Cristal: Consiste en un cristal piezoeléctrico el cual tiene una extrema estabilidad. Se utilizan en los servicios donde la frecuencia de trabajo debe ser exacta. Para cambiar la frecuencia de esos transmisores, se debe cambiar el cristal. Se utiliza, generalmente, en los equipos VHF.

- 2) Oscilador de Frecuencia Variable (OFV): Se utilizan en equipos en los que el cambio de frecuencia se pueda hacer rápida y continuamente (BLU). Se lo puede operar en cualquier frecuencia dentro de una banda con un simple movimiento del dial.

AMPLIFICADOR DE RADIO FRECUENCIA (CADENA BUFFER): Consiste en una cadena de amplificadores llamados generalmente **SEPARADORES** ó **MULTIPLICADORES DE FRECUENCIA**. El objetivo principal de esta etapa es la de SEPARAR ó AISLAR al oscilador de las etapas finales del transmisor a fin de evitar variaciones de energía de manera que no repercutan sobre su frecuencia, y amplificar su débil señal para entregarla a las etapas subsiguientes. Además, puede **MULTIPLICAR**, dentro de ciertos límites, la frecuencia proveniente del oscilador. Esto permite mejorar la estabilidad de esa onda, ya que le permite trabajar en una frecuencia menor a la requerida.

AMPLIFICADOR DE POTENCIA: De esta etapa dependerá el alcance de la transmisión. Amplifica a gran escala las corrientes de Radio Frecuencia que provienen de la etapa anterior.

ANTENA TRANSMISORA: Es la encargada de recibir toda esa energía y transferirla al aire. Toda antena constituye un verdadero circuito oscilante que, debidamente calculado para una frecuencia determinada y sintonizado a esta frecuencia, permite obtener el máximo de transferencia de irradiación al espacio.

ALIMENTACION DE ENERGÍA ELÉCTRICA AL TRANSMISOR: Tanto el Oscilador como las etapas amplificadoras de A.F y R.F., necesitan diferentes valores de tensión. Para ello existe una unidad llamada “Fuente de Alimentación”. Esta toma energía de los circuitos básicos de generación del buque y le proporciona a las distintas etapas, los valores correctos de tensión de trabajo.

## RECEPCION Y DEMODULACION

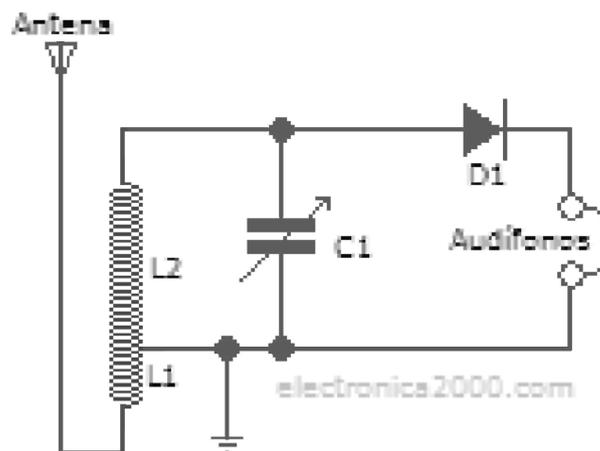
### Introducción

El Receptor es un equipo utilizado para interceptar ó recibir una señal de radio y convertir la información en ella contenida a su forma deseada.

Fundamentalmente un receptor de radio debe ser capaz de realizar las cinco funciones siguientes: interceptación de la señal, selección, amplificación, detección y reproducción.

### Receptor Simple

El receptor más simple está compuesto por la Antena, Circuito de Sintonía, Circuito Detector y Transductor de A.F. (Parlante)

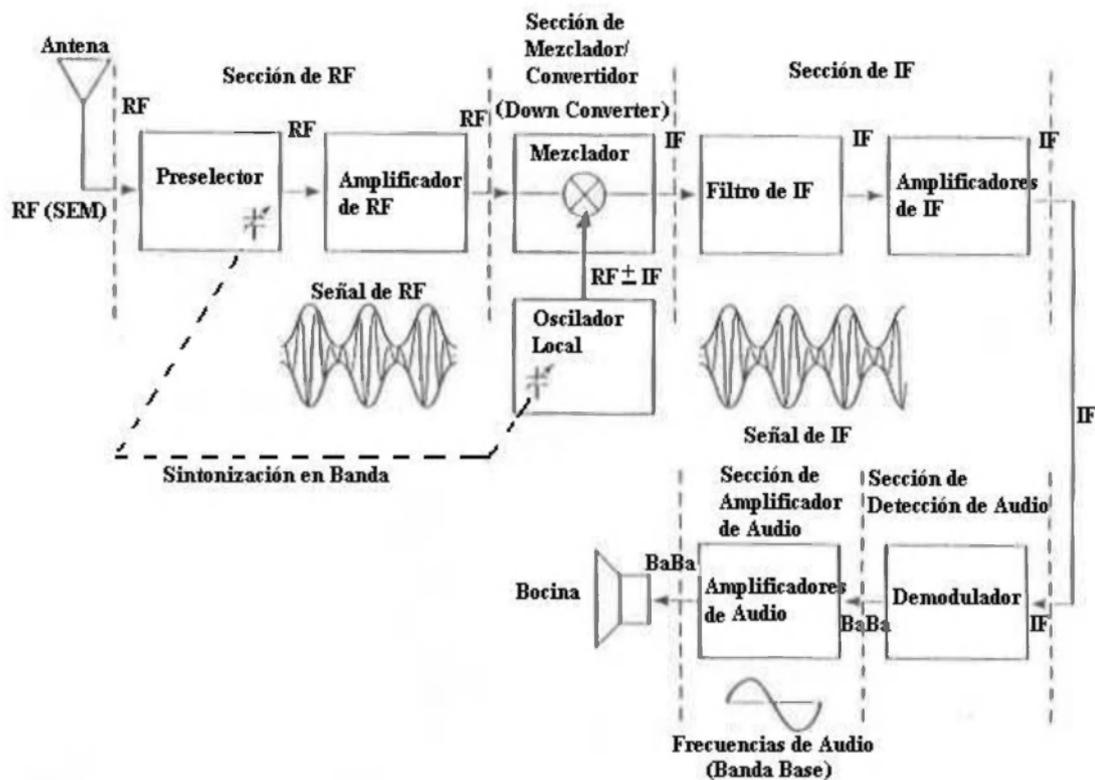


La frecuencia de R.F. deseada se selecciona en el Circuito de Sintonía (Circuito Tanque). La onda “detectada” a través de la antena, se demodula en el Circuito Detector que la transforma en sonido audible a través del Transductor de A.F. (Parlante). Este receptor, no necesita fuente de alimentación ya que no tiene ninguna etapa amplificadora. Su recepción es muy pobre, ya que apenas excita al parlante.

### Receptor Superheterodino

Este tipo de receptores se aplica en radiocomunicaciones, radionavegación y televisión. Si bien es el más complicado de su tipo, se lo utiliza porque presenta mayor SENSIBILIDAD (Capacidad para recibir señales débiles) y SELECTIVIDAD (Capacidad para rechazar interferencias de estaciones potentes que se encuentran operando en frecuencias próximas a la frecuencia de trabajo).

**DIAGRAMA EN BLOQUES DE UN RECEPTOR SUPERHETERODINO (AM)**



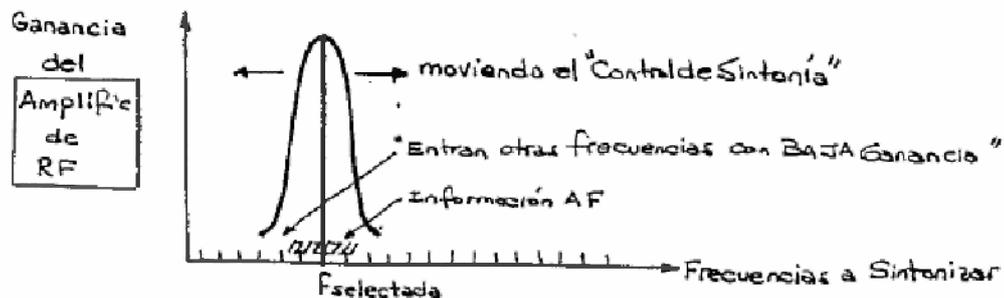
**Etapas del Receptor**

**ANTENA:** Es la que da comienzo al proceso de recepción captando la onda de R.F. de la frecuencia seleccionada a través del Circuito de Sintonía (Circuito Tanque).

**AMPLIFICADOR DE RADIO FRECUENCIA:** La señal captada, generalmente, es de una intensidad muy débil. Por ello se hace necesario amplificarla hasta un valor determinado. De esta manera se aumenta la SENSIBILIDAD. Llegan a la etapa siguiente señales amplificadas (con mayor ganancia) que en un principio fueron débiles cuando se captaron en la antena.

Si las señales captadas por la antena son muy fuertes, la amplificación puede resultar perjudicial ya que podría distorsionarlas. Para ello, algunos receptores cuentan con una CONTROL DE GANANCIA DE R.F. Este control elimina esta primera amplificación.

A la salida de Amplificador se tiene no sólo la portadora sintonizada con su respectivo ancho de banda, sino que también algunas señales de frecuencias cercanas de acuerdo a las características de GANANCIA de este amplificador.



OSCILADOR LOCAL: Genera una onda de R.F. sin modular cuya frecuencia varía según el Circuito de Sintonía. Esta frecuencia siempre superará en una cantidad fija de Hertz a la frecuencia seleccionada. En AM (A3E), esta frecuencia es de un valor de 455 Khz. En FM (J3E), es de 10,7 Mhz.

MIXER ó MEZCLADOR ó CONVERTOR: Este circuito transforma cualquier onda portadora seleccionada en una frecuencia fija ó interna, mejorando la SELECTIVIDAD de equipo. Luego de esta etapa, el equipo seguirá trabajando “sintonizado a frecuencia fija” llamada **frecuencia intermedia ó fija**. Este proceso se denomina Conversión de Frecuencias ó Batido ó HETERODINACION, para ello interviene el Oscilador Local. Sólo pasa a la siguiente etapa la frecuencia resultante de la resta entre la frecuencia sintonizada y la del oscilador local. Este valor es constante, independiente de la frecuencia sintonizada.

CADENA DE AMPLIFICADORES DE FRECUENCIA INTERMEDIA: Consta de varias etapas amplificadoras puestas en cascada. Esto no sólo amplifica la señal hasta el nivel requerido, sino que además, logra una mejor SELECTIVIDAD (amplificar la frecuencia de, por ejemplo, 455 Khz y sus bandas laterales y rechazar cualquier otra frecuencia “vecina” que pudiera haber pasado en el proceso de sintonía a través del Amplificador de R.F. y el Mezclador). A mayor cantidad de etapas, mayor Selectividad.

DETECTOR ó DEMODULADOR: En esta etapa se recupera la “envolvente de modulación” (la información de Audio Frecuencia que se utilizó en el Transmisor para modular la portadora de R.F.). Para ello se emplea un DIODO junto a un circuito de filtrado.

AMPLIFICADOR DE AUDIO FRECUENCIA: La señal de Audio Frecuencia proveniente del Demodulador se amplifica a un nivel considerable para transferirla al parlante. En esta etapa aparece el CONTROL AUTOMÁTICO DE GANANCIA (AGC) el cual controla el funcionamiento de los amplificadores de R.F. y F.I. de manera que, para señales fuertes, la ganancia sea débil y para señales débiles, sea alta. Además se encuentra el SILENCIADOR ó SQUELCH. Este actúa anulando la salida del amplificador de A.F. ante la ausencia de señal transmitida, evitando una audición molesta.

El SQUELCH regula esa relación señal/ruido que se desea a la salida del receptor.

FUENTE DE ALIMENTACIÓN: Es la misma que se utiliza para la etapa transmisora. En la mayoría de los equipos profesionales es el interruptor del micrófono (PTT) el que actúa conmutando la función TX/RX, alimentando a una u otra etapa.

### **Receptor Superheterodino de Frecuencia Modulada**

Todas las etapas del Receptor Superheterodino son iguales tanto en A.M. como en F.M. excepto en la etapa de **DEMODULACIÓN** donde se requiere de un circuito más complejo. En principio se debe recortar la amplitud de la **Frecuencia Intermedia** para evitar las distorsiones que pueda traer. A esta etapa se la denomina **LIMITADOR**. Luego se pasa a la etapa de demodulación propiamente dicha. A esta etapa se la conoce como **DISCRIMINADOR**. Este circuito convierte la señal de Radio Frecuencia ampliada en frecuencia, en la señal de Audio Frecuencia que trae la información.