

"SISTEMA DE RADAR"

Ref.

- a.- Apuntes del “Curso navegación por radar, ploteo por radar y uso del APRA” OMI 1.07. Centro de Instrucción y Capacitación Marítima (CIMAR)
- b.- Manual de Navegación, Pub. SHOA 3030 ed. 2012

A.- INTRODUCCION

1.- Historia Radar:

- 1864 JAMES CLERK MAXELL: Describió las leyes del electromagnetismo.
- 1888 HEINRICH RUDOLF HERTZ: Demostró que las ondas electromagnéticas se reflejaban en superficies metálicas.
- 1904 CHRISTIAN HUELMEYER: Patentó el primer sistema anticollisión, usado en buques, basado en las ondas electromagnéticas.
- 1917 NIKOLA TESLA: Estableció los principios teóricos de lo que después sería el radar.
- 1935 WATSON-WATT: Patentó el RADAR.

2.- Motivación para el desarrollo

- Las necesidades propias de la guerra.
- Contar con un sistema efectivo anticollisión después del hundimiento del HMS “Titanic”, en el año 1912.

B.- SINTESIS

¿Qué es el **RADAR?** (**RA**dio **D**etection **A**nd **R**anging. “Detección y medición de distancias por radio”

Es un equipo electrónico, compuesto por varias unidades, que sirve para mantener la seguridad de la navegación, tanto marítima, aérea y terrestre.

El radar determina la distancia a un objeto, midiendo el tiempo requerido por una señal de radio para viajar desde un transmisor al objeto y regresar. Estas mediciones pueden ser convertidas en líneas de posición compuestas de círculos con un radio igual a la distancia al objeto.

Como los radares marinos usan antenas direccionales, ellos también pueden determinar la demarcación al objeto. Pero, debido a su diseño, la demarcación de radares de menor precisión que la medición de distancia. La comprensión de estos conceptos es fundamental en el óptimo empleo del radar para una segura navegación.

Ej.: Si la velocidad de la energía es 161.829 (millas/seg) y el tiempo que se demoró en regresar la onda es de 0,0003 seg. ¿A qué distancia está el blanco?

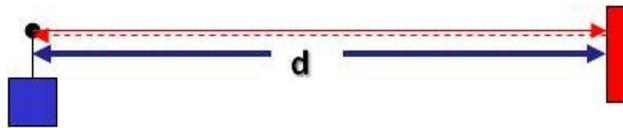


Fig. N° 1.1 “Concepto de medición de distancia de un radar”

$$d = (v \times t) / 2$$
$$d = (161829 \text{ [millas/seg]} \times 0,0003 \text{ [seg]}) / 2$$
$$d = 24,27 \text{ millas}$$

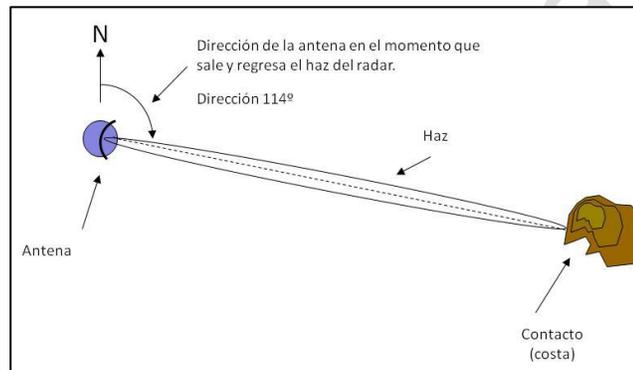


Fig.: N° 1.2 "Medición de la dirección en el radar"

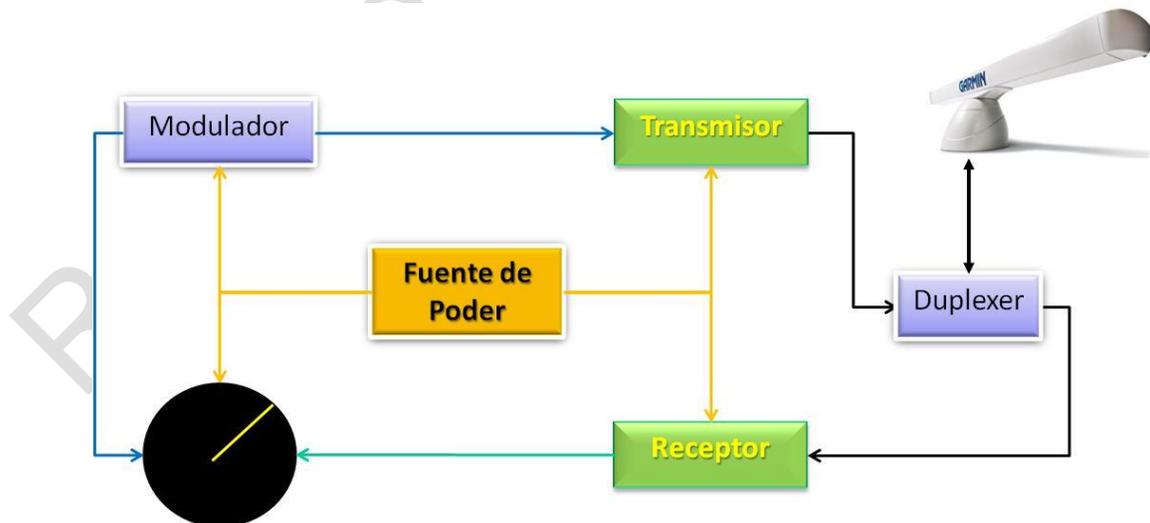


Fig.: 1.3 "Diagrama en block"

Componentes:

- **Fuente de poder:**
 - Proporciona todos los voltajes para la operación de los componentes.
- **Modulador:**
 - Produce la sincronización de la señal que hace que el transmisor emita el número necesario de veces por segundo.
 - Hace partir el barrido del indicador.
 - Coordina para que todos los sistemas trabajen entre ellos con una relación de tiempo bien definido.
- **Transmisor:**
 - Genera la energía de radiofrecuencia en la forma de cortos y poderosos pulsos.
- **Sistema de antena:**
 - Toma la energía de Radiofrecuencia (RF) del transmisor y la irradia en la forma de haz altamente direccional, recibe los ecos reflejados que regresan y los hace llegar al receptor.
- **Receptor:**
 - Amplifica la intensidad de los ecos
 - Transforma en señales de video que traspasa al indicador.
- **Indicador (Pantalla):**
 - Produce la indicación visual de los pulsos de eco.
 - Proporciona la información deseada con una presentación visual de las demarcaciones y distancias de los ecos que recibe el Radar.

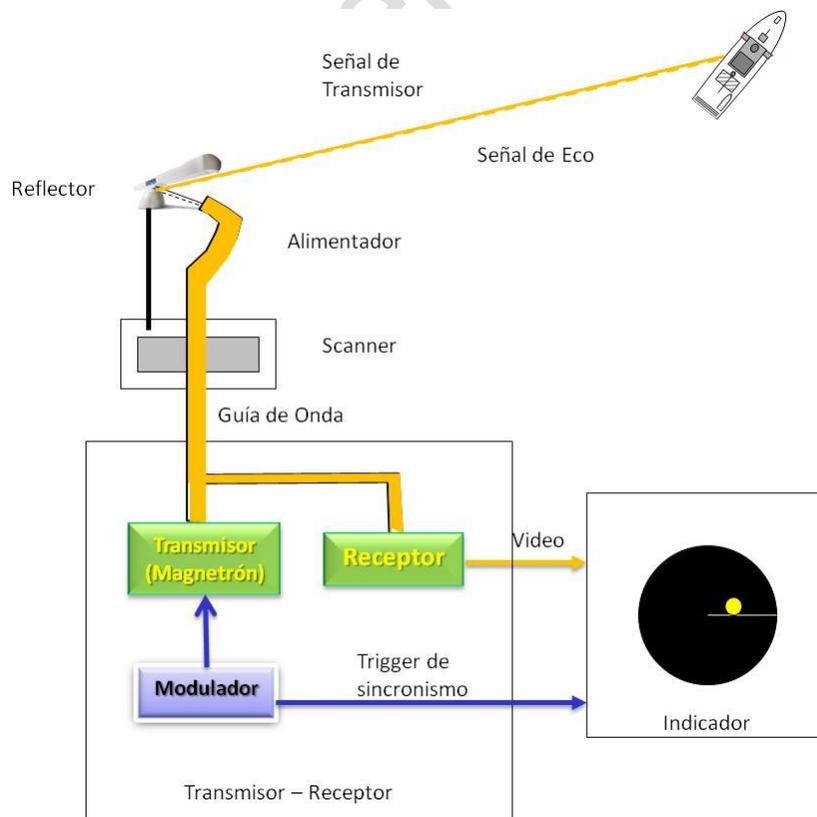


Fig.: 1.4 "Diagrama del radar"

C.- PROPAGACIÓN DE ONDAS DE RADAR.

1.- Es generada por una válvula llamada Magnetrón, que está en la unidad del Transmisor (TX) y esta energía de radio frecuencia va hacia la antena, a través de una guía de onda o cable coaxial. Viaja a la velocidad de la luz:

300.000 km/ seg. 162.000 Mn/seg. (Aprox.)

2.- La energía de RF es transmitida por pulsos modulados en amplitud y tiempo, consistiendo en una serie de pulsos espaciados, con una duración de 1 μ s o menos, separado por períodos muy cortos durante la energía transmitida.

3.- El microsegundo es la 1.000.000 parte de un segundo.

4.- La distancia a un blanco es determinada midiendo el tiempo de salida del pulso que viaja y retorna a la antena, este pulso llega como un eco reflejado. Es necesario que este ciclo se complete antes que el pulso inmediatamente siguiente sea transmitido, con el objeto de no tener una distancia errónea.

5.- Por esta razón los pulsos transmitidos deben tener un tiempo relativamente corto de transmisión, con el objeto de que las distancias medidas sean las correctas.

6.- La antena sirve para transmisión y recepción de los ecos, los cuales estos son muy débiles, por lo que podrían ser bloqueado por un nuevo pulso de salida del transmisor.

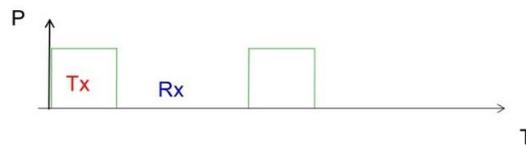


Fig. N° 1.5

7.- Características de propagación de las ondas de radar

- Las Ondas Electromagnéticas (OEM), emitidas por el transmisor de Radar, son pulsos de energía de RF que salen a través de la antena, en diferentes frecuencias usadas en los radares de Navegación, como por ejemplo:

Banda. "X" 9300 a 9500 MHz Banda. "S" 2900 a 3100 MHz
Bandas X (9,3 a 9,5 GHz) y S (2,9 a 3,1 GHz)

Otras bandas

India	8 GHz a 12 GHz
Eco	2 GHz a 3 GHz
Foxtrot	3 GHz a 4 GHz

- Tienden a desplazarse en línea recta o curvas, ya que están sujetas a diferentes tipos de refracción.
- Como las olas de mar, las ondas de radar también tienen energía, frecuencia, amplitud, largo de onda y período.

Frecuencia: Es la cantidad de ciclos que hay por segundo.

Ciclo : Es una oscilación completa de una onda.

Ciclo: La unidad usada para medir frecuencia es el Hertz. (Hz)

1 Hertz	=	1	Ciclo x Segundos.
1 KHz	=	1.000	Ciclos x Seg.
1 MHz	=	1 millón	Ciclos x Seg.

- Largo de Onda (Landa λ), es la distancia que hay entre cresta y cresta, cuando un ciclo se ha completado, la onda ha viajado un largo de onda.

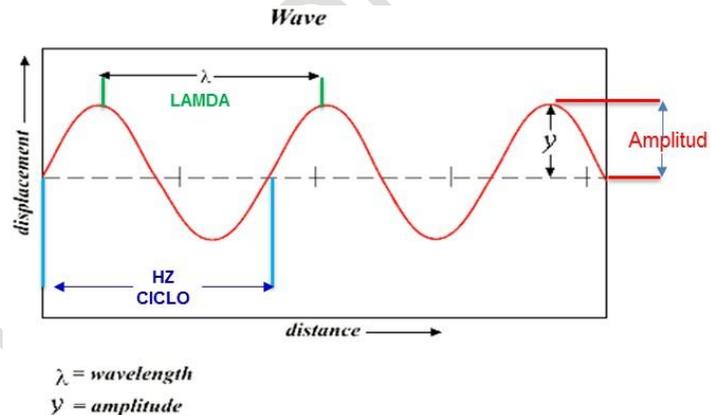


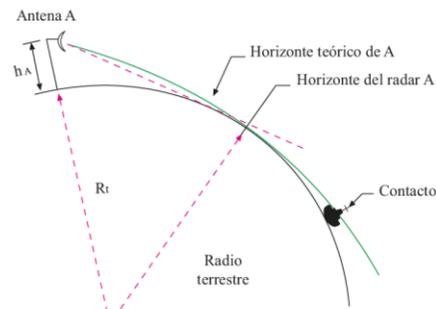
Fig. N° 1.6 "Largo de onda"

- La Amplitud es el máximo desplazamiento de la onda desde su inicio o valor cero.

8.- Refracción

Si las ondas de radar viajan en línea recta, la distancia al horizonte del radar dependería solamente de la potencia de salida del transmisor y de la altura de la antena. En otras palabras, la distancia del radar al horizonte sería igual que la distancia geométrica para la altura de la antena. Pero, la gradiente de la densidad atmosférica inclina el haz del radar en su trayectoria hacia y desde el contacto. Esta inclinación se conoce como refracción.

La distancia al horizonte del radar no limita la distancia a la cual los ecos de los contactos pueden ser recibidos. Considerando que la emisión se efectúa con suficiente potencia, se pueden recibir ecos de contactos que se encuentren más allá del horizonte del radar, si la superficie reflectora se extiende sobre el horizonte del radar. La distancia al horizonte del radar es la distancia a la cual los rayos del radar pasan tangentes a la superficie de la Tierra (Fig. N° 1.7)



La siguiente fórmula, donde h es la altura de la antena en metros, da la distancia teórica al horizonte del radar en millas náuticas, para condiciones estándares de la atmósfera.

$$d = 2,23 \sqrt{h}$$

Como las ondas de radar están sujetas a refractarse en la atmósfera, el resultado de su viaje a través de regiones dependerá de los diferentes estados climáticos.

Refracción normal

- Condiciones climáticas normales, atmósfera estándar, las OEM rozan la superficie de la tierra.

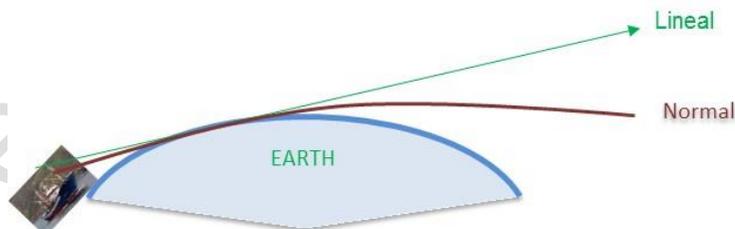


Fig. N° 1.8 "Refracción normal"

Súper refracción

- Condiciones climáticas calma, sin turbulencia, capa superior de aire seco y caliente, sobre una capa de aire frío y húmedo en el trópico.
- Aumenta el alcance.

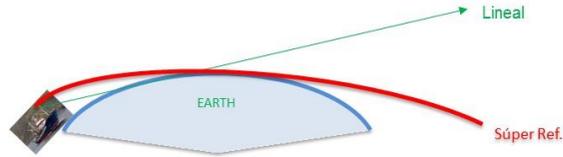


Fig. Nº 1.9 "Súper refracción"

Sub Refracción

- Contrario a la súper refracción. Capa superior de aire frío y húmedo, sobre una capa de aire seco y caliente.
- Disminuye el alcance.

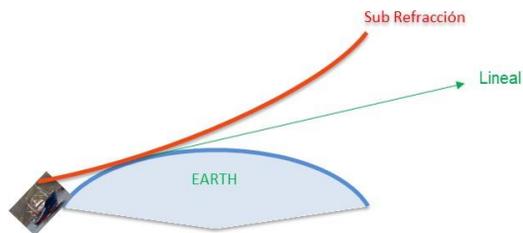


Fig. Nº 1.10

En siguiente página de INTERNET se encuentran las condiciones de altura aire frío y humedad o seco y caliente:

<http://www.ready.noaa.gov/ready2-bin/profile2.pl>

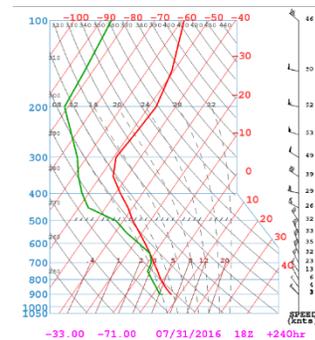


Fig. Nº 1.11

9.- Reflexión

Cuando las ondas de radio golpean una superficie, la superficie las refleja de la misma manera que las ondas de luz. La fuerza de la onda reflejada depende del ángulo de incidencia (el ángulo entre el rayo incidente y el horizontal), tipo de polarización, frecuencia, propiedades reflectantes de la superficie y divergencia del rayo reflejado. Las frecuencias más bajas penetran la superficie de la Tierra más que las más altas. A frecuencias muy bajas, se pueden recibir señales de radio utilizables a cierta distancia debajo de la superficie del mar.



Fig. N° 1.12

Es decir, es el cambio de dirección de una OEM que, al entrar en contacto con una superficie, regresa al punto donde se originó o cambia de ángulo.

Se requiere una superficie sólida y/o atmosférica, que permita la reflexión.

Reflexión total: Metal, Agua, Superficie terrestre.

Reflexión difusa : Madera porosa, plástico.

10.- Difracción:

Cuando una onda de radio encuentra un obstáculo, su energía es reflectada o absorbida, produciendo una sombra más allá del obstáculo. No obstante, parte de la energía entra al área de sombra debido a la difracción.

Debido a este fenómeno, hay algo de iluminación por el haz del radar en la región de sombra detrás de la obstrucción o el contacto. El efecto de la difracción es mayor en las frecuencias más bajas. Por lo tanto, el haz de un radar de baja frecuencia tiende a iluminar más el área de sombra detrás de la obstrucción o contacto, que el haz de un radar de más altas frecuencias o más cortos largos de onda.

Los efectos de la difracción son mayores a las frecuencias bajas.

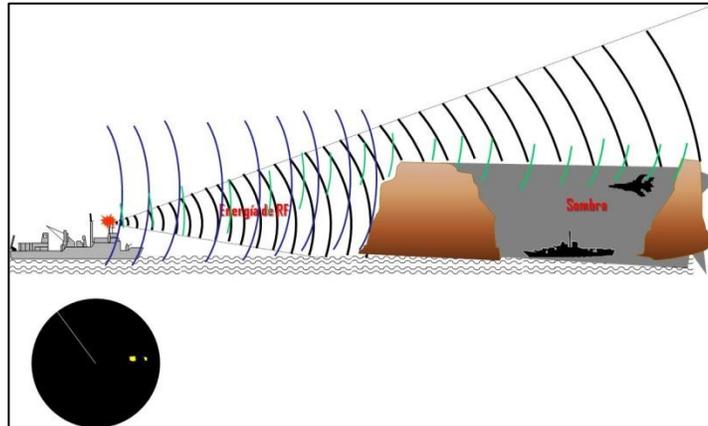


Fig.: N° 1.13 "Difracción"

11.- Atenuación

- La atenuación es la distorsión y absorción de la energía en el haz del radar cuando pasa a través de la atmósfera.
- Causa una disminución en la fuerza del eco.
- La atenuación es mayor en las altas frecuencias y largo de onda corta.
- Mientras que los ecos reflejados son mucho más débiles que los pulsos transmitidos, las características de su retorno al receptor son similares a las características de propagación.
- La fuerza de los ecos son dependientes de la cantidad de energía transmitida que golpea sobre los blancos, el tamaño y las propiedades de reflexión de los blancos.

D.- HAZ DE RADAR

- Los pulsos de energía de RF emitidos desde el transmisor del radar, son focalizados desde un reflector o antena del radar e irradiados directamente hacia el exterior.

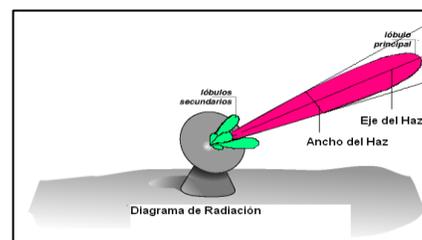


Fig. N° 1.14 "Haz de radar"

- Formando el lóbulo principal de radiación en el espacio libre. Como así también se forman los lóbulos laterales que son de menor alcance.
- En la figura 1.15 se muestra el haz del radar visto verticalmente. Se puede apreciar el eje principal de radiación y los lóbulos secundarios que puede detectar blancos en direcciones incorrectas.
- En la figura 1.16 se aprecia el haz de radar en sus componente vertical y horizontal. Mientras más agudo sea el ángulo horizontal, más precisa será la calidad de la imagen y la demarcación y distancia a los contactos
- En la figura 1.17 se muestra el diagrama de radiación de dos antenas. Al lado izquierdo, antena estándar que irradia en todas las direcciones, en algunas con mayor distancia. La segunda antena tiene un sector ciego por la popa debido probablemente al palo del buque u otra obstrucción.

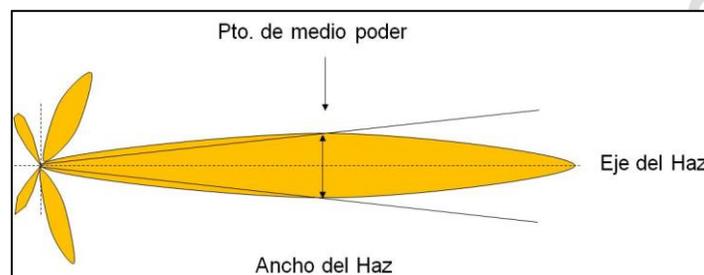


Fig.: N° 1.15 "Vista vertical."

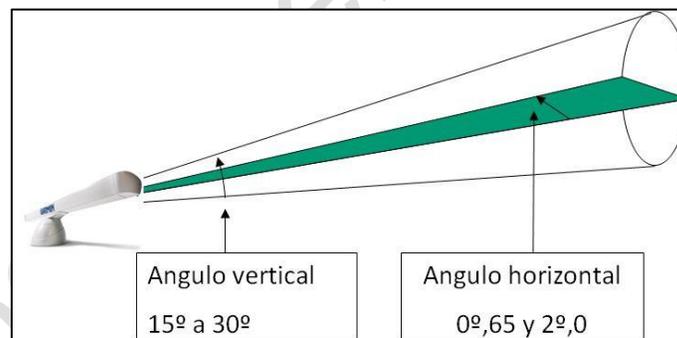


Fig.: N° 1.16 "Dimensión angular del haz de radar"

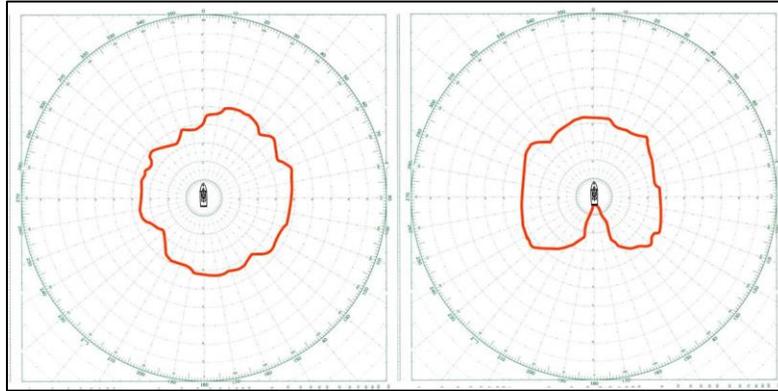


Fig.: Nº 1.17 "Diagrama de radiación"

E.- ALCANCE DE DETECCIÓN DE RADAR.

1.- Refracción normal o estándar.

- Condiciones normales, atmosférica estándar las OEM rozan la superficie de la tierra.

Distancia horizonte de radar. Respuesta en millas.

$$D = 2,21 \times \sqrt{h} \quad (h = \text{altura en metros})$$

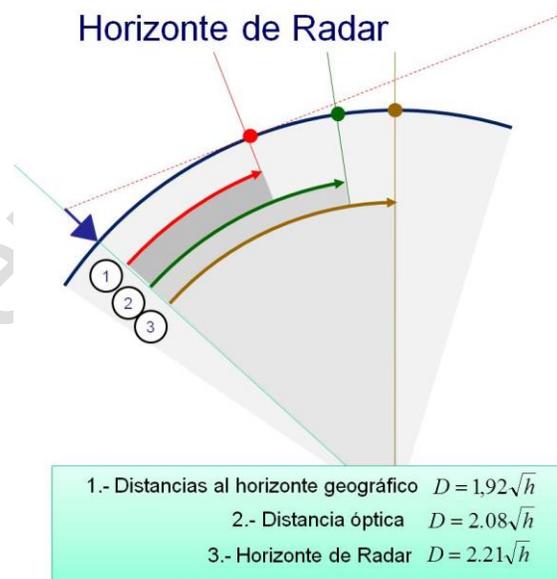


Fig. Nº 1.18 "Distancias - alcances de detección"

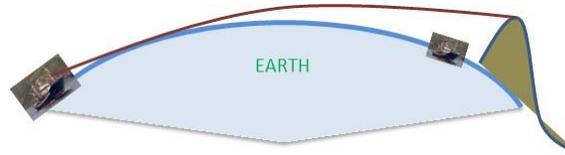


Fig. N° 1.19

Distancia: Antena : Altura 15 mts (8,6 MN)
Cerro : Altura 650 mts (56,3 MN)

Alcance de radar= $2.21 \times (\sqrt{15} + \sqrt{650})$
Alcance radar = 64.9 millas

- **Distancia geográfica** es 1,92 por la raíz de la altura en metros. (-15% del alcance de radar)..
- **Distancia óptica** es 2,08 por la raíz de la altura en metros. (-6% del alcanza de radar).
- Siempre va a ser mayor la distancia de radar.

El radar amplifica los sentidos Distancia (vista), Sonidos (ruidos), capacidad intelectual (los apoyos, R vector, ARPA, etc.)

F.- PARAMETROS DE UN SISTEMA DE RADAR.

- Parámetros, corresponde a ciertas constantes que se encuentran asociadas a un sistema de radar.
- La elección de estas constantes, lo fija el objetivo y empleo operativo, la exactitud necesaria, el alcance requerido, el tamaño del equipo y el problema de generar y recibir las señales.

Parámetros.

- 1.- Frecuencia de la portadora. (Frecuencia) (banda) **Es fija**
- 2.- Potencia de cresta es **fija**
- 3.- Largo o ancho de pulso. (Parámetro variable) (AP o LP). Se maneja con la escala, variando en el modulador.
- 4.- Frecuencia de repetición de pulso (PRF) (variable). Cantidad de ciclos por segundos.
- 5.- Ciclo de trabajo. (Variable asociado al ancho de pulso)

1.- Frecuencia de portadora.

- Por acuerdo internacional dos grupos de frecuencias son usados en el sistema de radares marinos civiles:

Primer grupo: De la banda “X”, incluye las frecuencias comprendidas entre 9.300 a 9.500 MHz , con un largo de onda (λ) de aproximadamente 3 Cm, con una menor potencia.

Segundo grupo: De la banda “S”, incluye las frecuencias comprendidas entre 2.900 a 3.100 MHz, con un largo de onda (λ) de aproximadamente 10 Cm, con una mayor potencia, por lo tanto **mayor alcance**.

- **La frecuencia portadora** es aquella generada por el magnetrón que está ubicado en el transmisor, que viaja hacia la antena a través de la guía de onda o cable coaxial.
- Para la determinación de la dirección y la concentración de la energía transmitida, la antena debe ser altamente directiva para que esta se útil.
- Para una alta frecuencia, el pulso de salida deberá ser corto y la antena pequeña para una obtener una agudeza de la energía irradiada.

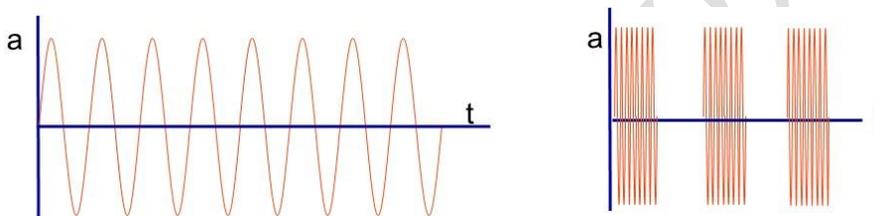


Fig. N° 1.20 "Frecuencia portadora"

2.- Potencia de cresta

- La distancia a la cual se detecta un blanco, depende directamente de la potencia del pulso transmitido.
- Muchos otros factores pueden afectar esa distancia, pero bajo cualquier otro parámetro, la máxima distancia teórica de detección del radar está limitada por la potencia transmitida.
- Los radares de navegación civiles, trabajan en potencias del orden del Kilo Watt. (KW)

3.- Largo de pulso

- Largo de pulso medido en microsegundos, es el tiempo de transmisión de un solo pulso de energía de RF.
- La mínima distancia a la cual puede ser detectado un blanco está determinada por el largo del pulso.
- Pulso corto escala de 3 millas hacia abajo, Pulso largo de 12 millas hacia arriba.

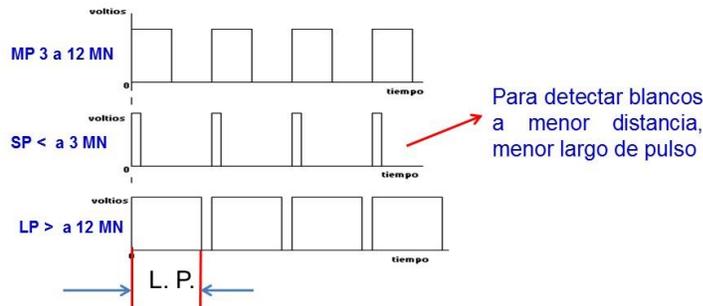


Fig. N° 1.21 "Largo de pulsos"

4.- Frecuencia de repetición de pulso (PRF)

- Número de pulsos transmitidos en un segundo.
- El alcance máximo, depende de la potencia de cresta en relación a la PRF.
- La PRF debe ser lo suficientemente alta, para permitir una cantidad de pulsos golpee un blanco, como asimismo, que un número suficiente de ellos regrese para detectar el blanco.
- La PRF, es inversamente proporcional al Largo de pulso.



Fig. N° 1.22 "PRF"

5.- Ciclo de trabajo

- Debido a que el transmisor emite durante un tiempo la duración del pulso, que es muy pequeño, pueden obtenerse potencias altas, medias y pequeñas.
- Durante el tiempo que el TX permanece inactivo, el Generador de RF, puede disipar el calor producido durante la emisión.
- La relación entre la potencia media y la potencia de cresta, toma el nombre de CICLO DE TRABAJO.

$$\text{Ciclo de Trabajo} = P_m / P_c = AP / \text{Período (P)}$$

$$\text{Período (P)} = 1 / \text{PRF}$$

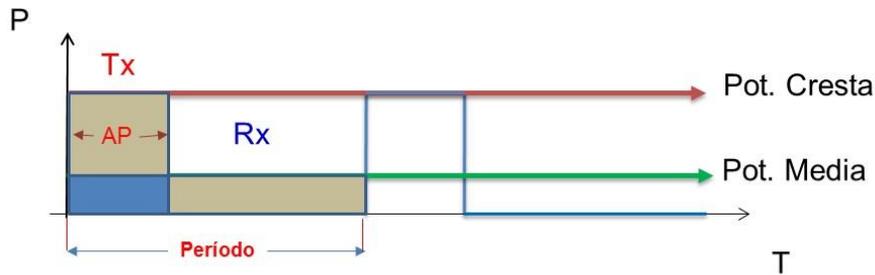


Fig. N° 1.23 "Ciclo de trabajo"

Ejemplo cantidad de pulsos en un grado en función de la RPM y la PRF:

- Antena girando a razón de 15 RPM
- PRF de 900 pulsos/seg.,
- Producirá aproximadamente 10 pulsos por cada grado de giro de la antena.
- El tiempo que retiene la imagen de los ecos en la pantalla y la velocidad de rotación de la antena, serán por lo tanto los factores que fijan el menor PRF a emplear.

15 RPM = 15 Rev de la antena en 60 segundos
 1 Rev = 360° de giro de la antena en 4 segundos (60 / 15).
 1° en 0,011111 segundo (4 / 360°)
 Si la PRF = 900 pulso / seg. entonces:

900 pulsos	en 1 segundo
X	en 0,011111 segundo
X	= 10 pulsos

Resultado: por cada 1° de giro de la antena se emiten 10 pulsos

G.- PRINCIPALES COMPONENTES DEL RADAR

- 1.- Transmisor (modulador (transformación de pulso, PRF, Sincronismo), Transmisor (Magnetron))
- 2.- Duplexer
- 3.- Sistema de antena
- 4.- Receptor, Pantalla indicador o PPI
- 5.- Fuente de poder

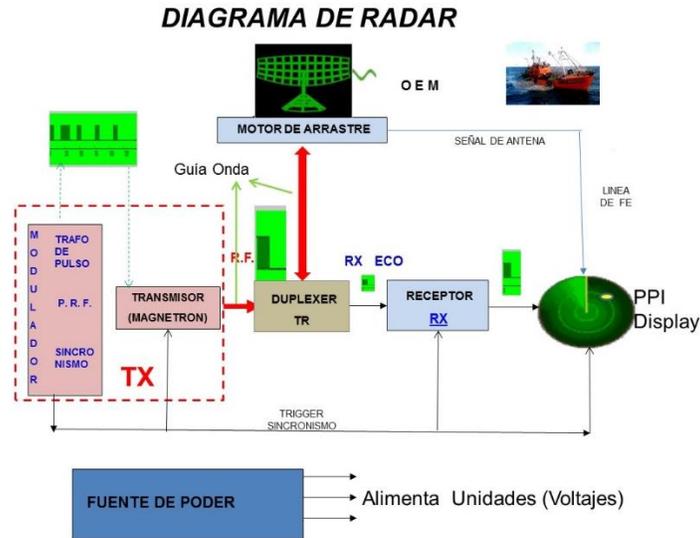


Fig. Nº 1.24 "Diagrama en Block"

1.- Transmisor:

- La función principal del Tx es generar energía de RF de pulsos muy cortos y poderosos.
- Este genera frecuencia portadora, potencia de cresta, ancho de pulso y longitud de onda y dependen de una válvula llamada **Magnetrón.**
- El Tx es básicamente un oscilador que genera energía de RF, debido a que es conectado y desconectado por una señal de disparo llamado "trigger" desde el modulador.



Fig. Nº 1.25

2.- Receptor

Función:

- Amplificar la señal o eco recibido, de una potencia muy pequeña
- Detectar la envolvente del eco y separar la señal de video para que sea enviada a la pantalla o display



Fig. Nº 1.26

3.- Duplexer

Función:

- Trabajar como Switch electrónico.
- Protege al Receptor, de la señal de potencia del Tx.



Fig. Nº 1.27

4.- Display o pantalla

Función:

- Presentación gráfica de ecos.
- Controles de Operación del Radar.
- Presentación y control del ARPA, ECDIS



Fig. Nº 1.28

5.- Antena

Función

- Irradiar la energía de RF al espacio, e interceptar los retornos de ecos.
- Los nombres más comunes usados para describir esta unidad son Aerial, scanner y antena.
- Su construcción define la distribución de poder del haz de radar en un plano horizontal y un plano vertical.
- Con el fin de lograr la característica direccional, los límites horizontales deben ser angostos.
- Por el contrario, el haz es ancho en el sentido vertical, con el objeto de mantener el rendimiento adecuado por el balance del buque en el mar.



Fig. Nº 1.29



6.- Guías de onda

- Es un conductor eléctrico rectangular de corte transversal, en el cual en su interior se traslada la energía de radio frecuencia hacia la antena.
- Como así mismo existe otro medio de traslado de energía llamado: cable **coaxial**.
- Pueden ser también flexibles.
- Proteger las guías de onda. Cualquier daño producirá ROE. Razón de onda electromagnética.

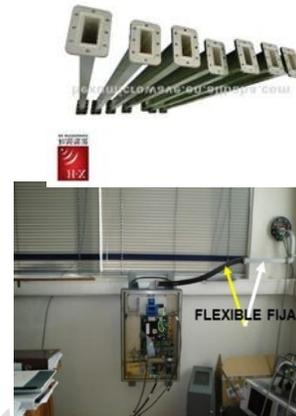


Fig. N° 1.30

7.- Fuente de poder

- Alimentar y distribuir los diferentes voltajes de las unidades del equipo de radar
- 115–60, 220–60 hz., 115– 400 hz
- 24 Vcc, 12 Vcc, etc.
- Tierra



Fig. N° 1.31

H.- FACTORES QUE AFECTAN A LA DETECCIÓN DE BLANCOS

¿Qué parámetros le afecta al alcance máximo?

1.- Largo pulso:

- a. Mayor largo de pulso, mayor alcance

2.- **PRF**: Se requiere espacio entre pulso, para recibir ecos de blancos más lejanos.

3.- Sensibilidad del receptor:

- a. Mayor sensibilidad, mayor alcance.
- b. Pero está expuesto a interferencias y bloqueo electrónico.

4.- Características del blanco:

- a. A mayor tamaño más alcance de detección
- b. Material del casco, metal, madera y fibra de vidrio.

5.- Velocidad de rotación de antena:

- a. Menor velocidad, mayor alcance.
- b. 20 RPM de la antena = 8 a 10 pulsos, por cada demarcación. Valor promedio.
- c. Lo importante que el contacto se actualice antes que se desvanezca.

6.- Altura de la antena:

- a. Mayor altura más alcance de horizonte.
- b. Mayor distancia mínima
- c. Menor sombra bajo la proa.
- d. Mayor posibilidad retorno de mar.

Alcance mínimo

- *Largo de pulso:* Largo de pulso corto, menor distancia.
- *Retorno de mar:* Ecos recibidos de las olas, saturan la pantalla afectando el alcance mínimo. Ajuste con el anticlutter. Siempre hay que dejar algo de ruido. Debe haber pequeños retorno de mar.
- *Tiempo de recuperación:* El tiempo de recuperación del receptor, es el que tarda en volver a condiciones de operación una vez que ha cesado el pulso de transmisión.
- *Ancho vertical del Haz:* Se pierden pequeños blancos, que quedan baja el haz. Producto del balance.

Ejemplo N° 4

Cálculo de la distancia mínima en función del largo de pulso

Si el largo del pulso es de 1 micro segundo (0,000001 seg), ¿cuál es la distancia mínima de detección?

- Velocidad de propagación: 161.829 millas/seg.
- Distancia que recorre la energía en un microsegundo es de aproximadamente 0,162 millas (1,62 cables).
- Como esta energía debe efectuar un viaje de ida y vuelta, el blanco no debe estar a menos de 0,81 cables si se desea ver su eco en la pantalla, empleando una largo de pulso de 1 microsegundo.
- Por consiguiente, para distancias menores se emplean pulsos más cortos de alrededor de 0.1 microsegundo (0,0000001 segundo).
 - 1 microsegundo = 0,000001 segundo
 - $V = 161.829 \text{ millas / seg.}$
 - $D = (V \times T) / 2$
 - $D = (161.829 \times 0,000001) / 2$

- $D = 0,0809145$ milla = 0,81 cables. (Distancia mínima de detección)

Largo de pulso banda "S" = 3.09×10^{-10} segundos
Largo de onda banda "X" = 1.00×10^{-10} segundos

I.- FACTORES QUE AFECTAN A LA EXACTITUD DE DISTANCIA Y DEMARCACIÓN

Exactitud en la distancia

La exactitud con el radar mide una distancia, depende de la exactitud con la que se mide el intervalo de la transmisión del pulso y de recepción del eco.
Se debe medir el comienzo del eco.

- 1.- Error fijo:
 - a. Tiempo que requiere la RF en llegar a la antena.
 - b. Se utiliza una línea de retardo de trigger, para eliminar el error.
- 2.- Calibramiento:
 - a. Un mal calibramiento en los anillos de distancia fijos o VRM generan un error de distancia que se acrecienta a escalas más altas.
 - b. Verificar que anillos y VRM coincidan.
- 3.- Coincidencia del VRM con el eco.
 - a. La exactitud de las distancias medidas con el VRM depende de la habilidad del operador, para hacer coincidir el borde delantero del eco con el VRM.
 - b. En las escalas más grandes, es más difícil alinear el VRM con el eco, debido a que pequeñas variaciones en la lectura de distancia, no producen cambios en la posición del VRM, con respecto a la pantalla.
- 4.- Escala de distancia: Mientras mayor sea la distancia es mayor el error.

Exactitud en la demarcación.

El eco se debe medir al centro.

- a. *Ancho del haz horizontal*: Afecta el ancho del haz horizontal, mientras más angosto es el haz, las mediciones serán más precisas. Si es muy ancho, dos contactos se verán uno solo.
- b. *Tamaño del blanco*: Las demarcaciones a blancos más pequeños, son más exactas que en blancos grandes, es más difícil determinar el punto central de estos. Un buque muy pequeño lo puedo perder.
- c. *Estabilización de la presentación*. Los PPI con presentación giro-estabilizada permiten tomar demarcaciones más exactas, debido a que no

están afectadas por las salidas de rumbo del buque. Está en la antena el estabilizador.

- d. *Alineación del destello de proa.* (Heading Flash). Para tener demarcaciones exactas, la alineación del destello de proa con la presentación del PPI, debe ser tal que las demarcaciones tomadas con el radar deben coincidir con demarcaciones visuales relativas tomadas cerca de la antena del radar.

En general chequear las distancias y demarcaciones de radar con contactos de oportunidad.

Factores meteorológicos

Normalmente, los efectos de las condiciones meteorológicas son los de reducir el alcance de detección de los blancos y producen ecos no deseados en la pantalla que puedan bloquear los ecos de blancos importantes, o de aquellos que representen un peligro para el buque. Para ello se debe emplear los clutter.

a. Precipitaciones.

- La lluvia, el granizo y la nieve, pueden producir ecos que ocultan blancos que están dentro de un área de mal tiempo.
- Una fuerte precipitación, puede absorber algo de la energía del pulso y disminuir el alcance máximo de detección.

b. Viento.

- El viento produce olas que reflejan ecos no deseados y que aparecen en la pantalla como retorno de mar.
- El retorno de mar es siempre mayor al lado del barlovento.
- Este efecto puede reducirse con un buen empleo de los controles de ganancia y sea clutter, pero debe tenerse cuidado de no perder blancos en este proceso.
- Mientras más cercano más afecta el oleaje.

Elección de la longitud de onda (λ).

- Por lo general los radares que transmiten en longitudes de onda más cortas, están más expuestos a los efectos de las condiciones meteorológicas que los que lo hacen a longitudes de onda mayores.
- **La elección de la banda S**, aumentará las probabilidades de detección de blancos dentro de un área de precipitaciones de clutter, reduciendo la respuesta de la precipitación y la atenuación asociada.
- Para eso la banda S es más corta que la banda X.

J.- IDENTIFICACION DE ECOS EN LA PANTALLA DE RADAR

1.- Tamaño del blanco:

Dentro de ciertos límites, aquellos blancos con mayor superficie reflectora proporcionan ecos más fuerte que aquellos de superficie más pequeños

2.- Aspectos adicionales para mejorar la detección:

- Blancos pasivos mejorados: Puede suceder en muchas ocasiones que algún elemento importante de balizamiento (balizas o boyas), a pesar de que pueda proporcionar una fuerte respuesta de radar, su identificación sea difícil debido a que puede aparecer confundida con ecos de tierra o de otros blancos cercanos. Para eso se emplean pantallas reflectoras de radar.

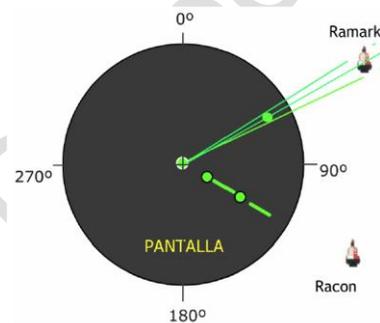


Fig. N° 1.32" Racon - Remark"

- Blancos activos mejorados: Para solucionar este problema se idearon balizas activas, como el “racon” y el “ramark” que generan una señal que puede ser recibida por el radar con mayor intensidad que el simple eco.
 - RACON: Una baliza que transmita una señal de radar que se activa por el radar del buque propio. Casi todos los racons responde a las emisiones de los radares de 3 cm banda “X” o 10 cm banda “S”. la respuesta es en código morse que aparece en la pantalla, en dirección al buque propio.
 - REMARK: En un emisor de UHF (está en la frecuencias de la banda “S”) que va montado en la baliza, su emisión es omnidireccional, en forma permanente y barriendo en ancho de banda, tanto de los radares comerciales como navales. En la pantalla de radar aparece en forma de una línea en dirección al buque.
- Ecos de lóbulos laterales
Se producen una serie a cada lado de eco principal, a la misma distancia, pero a diferentes demarcaciones. Se corrige mediante la ganancia y el anti clutter

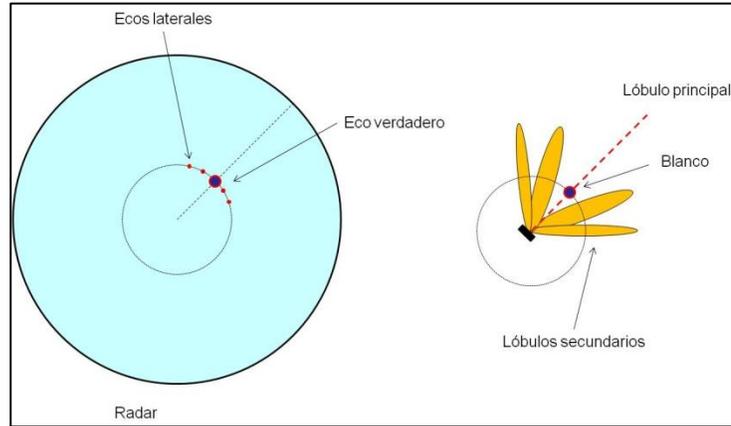


Fig. N° 1.33 "Ecos laterales"

- Pueden producirse semicírculos o círculos completos, debido a la baja potencia de los lóbulos laterales, estos se identifican en las escalas bajas del radar, por lo tanto se encuentran muy próximos al centro del barrido de la pantalla.

3.- Interferencias de radar a radar

- Los receptores de radares están sintonizados para frecuencia de su propio Transmisor, pero reciben también señales cuya frecuencia están dentro de los límites próximos. Estas señales aparecen en la pantalla en forma de puntos y rayas formando figuras irregulares. Pequeños contactos pueden desaparecer
- Cuando no es necesario mantener el radar en transmisión, se deja el equipo en “Stand By”, con el objeto de no tener interferencia de los radares de los otros buques, que trabajan en la misma frecuencia del radar propio.
- Actualmente los radares tienen una “Unidad supresora de interferencias” llamado RIC y/o IR.

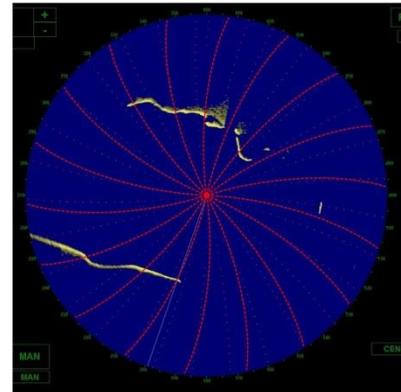


Fig. N° 1.34 "Interferencias"

4.- Ecos falsos de cable de poder.

- El eco de un cable de poder, aparece en la pantalla como un solo contacto, pero en ángulo recto con la dirección real del cable, si al fenómeno no se le reconoce oportunamente, puede confundirse con un buque que mantiene su demarcación.

- Si se toma alguna medida para evitar la colisión, se observará que el contacto mantiene siempre la demarcación y que se mueve hacia el mismo lado que el buque propio.

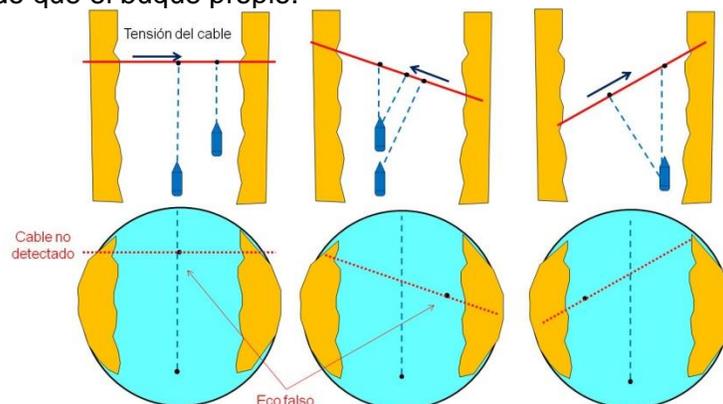


Fig. N° 1.35 "Ecos ficticios derivados de un cable de alta tensión que cruza el canal"

Ejemplo: Canal Chacao. Producto del rebote de la onda electromagnética del radar con el campo magnético que produce el cable, se genera un eco en el cable perpendicular al buque. Es como si el buque que se dirige hacia el buque propio.

K.- Errores del radar

Los errores del radar náutico son relativos a las únicas dos informaciones que suministra, la distancia y la demarcación.

Errores en distancia:

- **Error de índice.** Es un error constante causado por el comienzo del barrido en la pantalla antes que la energía de radiofrecuencia deje la antena.
- **Error de calibramiento.** La distancia a un contacto puede ser medida en forma más exacta cuando el borde del contacto toca un círculo de distancia. La precisión de esta medida depende de la máxima distancia de la escala en uso. El máximo error en el calibramiento de los círculos fijos de distancias es 75 yardas o el 1 ½ % de la máxima distancia de la escala de distancia en uso.

Errores en la exactitud de la demarcación:

- **Ancho horizontal del haz de radar.** La toma de una demarcación, puede ser hecha en forma más precisa con un haz de radar cuyo ancho sea lo más angosto posible. Un haz angosto entrega mejor definición del blanco y, además, una identificación más exacta del centro del contacto.

El ancho efectivo del haz puede reducirse disminuyendo la ganancia del receptor. Al reducir la sensibilidad del receptor, se reduce la máxima distancia de detección, pero el haz angosto entregará una mejor exactitud en la demarcación.

- **Alineamiento del cursor indicador de la Proa.** Para tomar demarcaciones en forma precisa la alineación del cursor de proa con la pantalla PPI debe ser tal que las demarcaciones de radar deben estar en concordancia con las demarcaciones relativas tomadas visualmente desde las proximidades de la antena del radar.

c) Determinación del error de índice de los radares

- Por distancias a dos marcas

El método de las dos marcas se puede utilizar si los dos puntos detectados por el radar, se encuentran claramente identificados en la carta y el buque puede navegar perpendicular a la línea que los une, tal como se muestra en la figura 1.36

La distancia de radar a los dos objetos (A y B en la figura 1.36) se toman al mismo tiempo cuando el buque cruza la línea entre ellos. Las dos distancias de radar incluyen el error de índice (EI). AB es la distancia trazada entre los dos objetos; “a” es la distancia de radar entre el buque y el punto A, b” es la distancia del radar entre el buque y el punto B.

$$AB = a + EI + b + EI$$

$$2 \times EI = AB - (a + b)$$

$$EI = \frac{AB - (a + b)}{2}$$

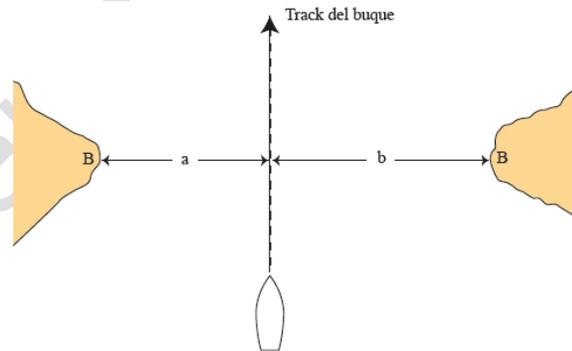


Fig. N° 1.36 Método por distancia a dos puntos:

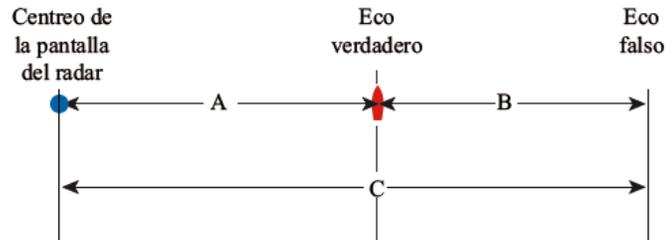
Método por tres distancias a costa

Cuando tenemos tres objetos visibles en el radar, situados convenientemente e identificados en la carta náutica, se medirá simultáneamente la distancia a los tres objetos.

Se trazarán en la carta los respectivos arcos. El error del índice es igual al radio de la circunferencia trazada tangente a los tres arcos de distancia. (Figura 1. 36).

- Método del doble eco

El método de doble eco, se produce generalmente cuando dos buques navegan en una línea de frente, separados convenientemente para que se produzca el doble eco como se muestra en la figura 1.37.



$$B = C - A$$

$$EI = B - A \text{ (Si } B > A \text{)}$$

$$EI = C - 2 \times A$$

Figura 18.8 Método del doble eco.

Roberto Léniz

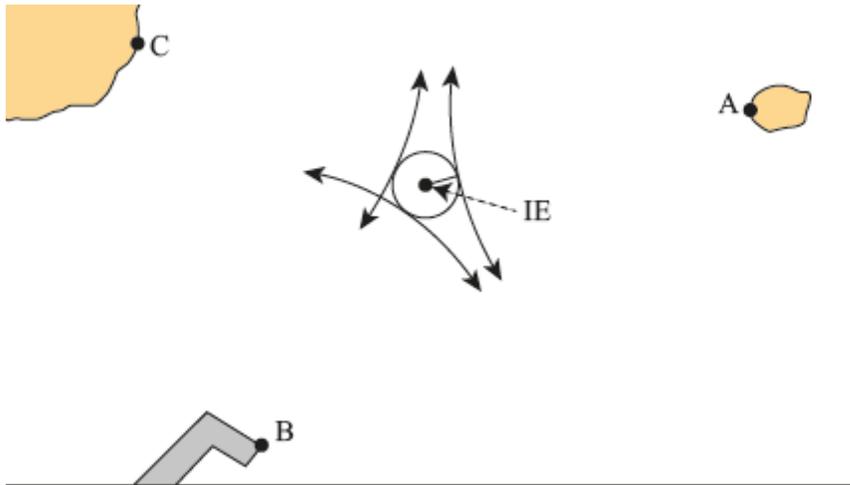


Figura 18.7 Método por tres distancias a costa

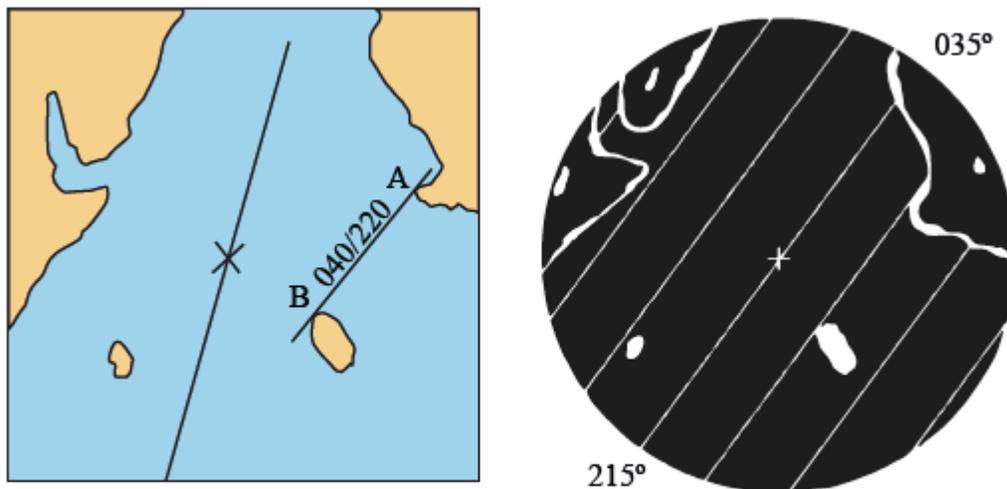


Figura 18.9 Método para determinar error por demarcación

d) Determinación del error de demarcación de los radares

Antes de iniciar la prueba, se debe verificar que el radar y la alidada con la cual se tomará la demarcación se encuentren alineadas con el girocompás y la pantalla de radar centrada.

Método 1: Comparación de una demarcación de radar con una visual a un objeto claramente definido

Método 2: Cuando el objeto no está visual, se comparará la demarcación de radar en el momento que se encuentre enfiladas dos puntos notables, como lo muestra la figura 18.9.

En el caso del ejemplo, la demarcación verdadera entre la isla y la punta es $040^\circ / 220^\circ$, mientras la demarcación medida por el radar es $035^\circ / 215^\circ$, es decir el error de radar por demarcación es 5°

A.- Ayudas a la Navegación por Radar

Las ayudas a la navegación por radar cooperan en la identificación de los contactos de radar e incrementan la fuerza de la señal del eco de blancos de pobre reflexión.

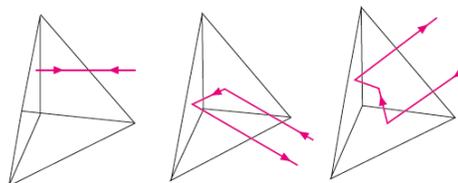


Figura 18.18. Reflectores angulares

Reflectores de radar:

Las boyas son pobres reflectoras de las ondas de radar. Sus ecos débiles y fluctuantes, se pierden fácilmente con los retornos de mar.

Para mejorar la detección de estos blancos se le pueden instalar *reflectores de radar*. Estos reflectores pueden instalarse en la parte superior de la boya o diseñarse dentro de su estructura.

Los reflectores angulares de la Figura 1910, consisten en tres superficies planas de metal, perpendiculares entre sí. Una onda de radar al chocar con cualquiera de las superficies metálicas se reflejará de regreso a su fuente de origen. Se reflejará el máximo de energía de vuelta a la antena si el eje del haz del radar forma ángulos iguales con todas las superficies metálicas. Para mejorar su eficiencia, generalmente los reflectores angulares se colocan en grupos de dos o tres.

EI RACON es un respondedor de radar el cual emite una señal característica cuando es barrido por el radar de un buque. La señal que emite es en la misma frecuencia que la del radar marino y se superpone automáticamente en la pantalla de radar del buque. La señal puede ser emitida en una frecuencia distinta, en ese caso para que el buque reciba la señal, su receptor del radar debe estar sintonizado en la frecuencia de la baliza, o debe usar un receptor especial.

La señal del Racon aparece en la pantalla del radar como una línea radial o como una señal del código Morse, originada en un punto más allá de la posición de la baliza. Figura 1910 a.

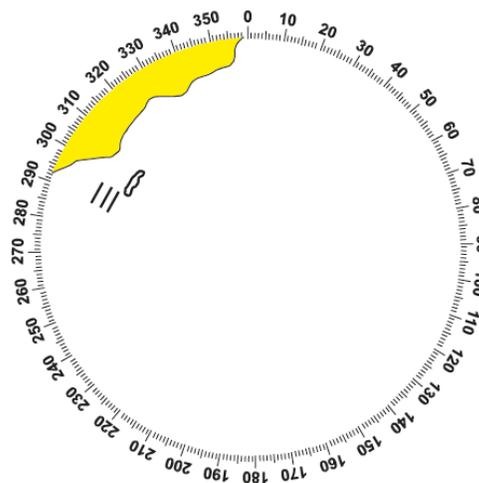


Figura 18.19. Señal codificada de RACON

Roberto Léniz Drápela

ANEXO

MAGNETRÓN

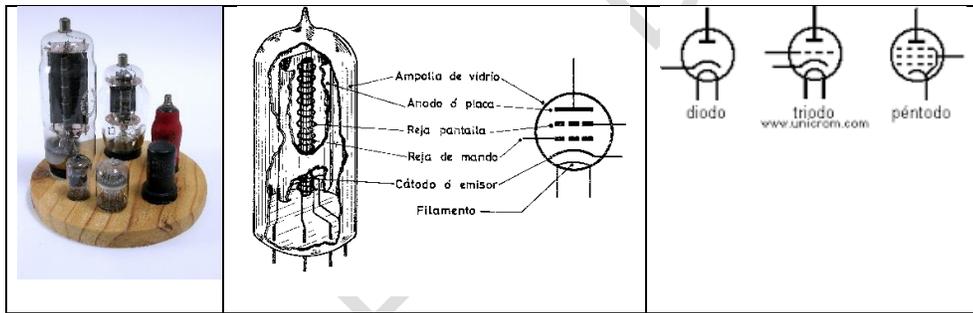
A.- Válvula electrónica o tubo de vacío.

Dispositivo electrónico, basado en las propiedades de algunos metales u óxidos de metal, en liberar electrones de su superficie cuando están sometidos a alta temperatura o estado incandescente.

B.- Efecto Edison o efecto termoiónico.

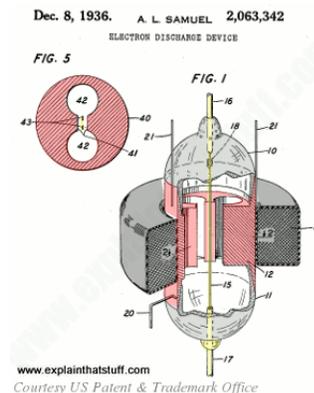
Este efecto posibilita que en un tubo de vidrio al vacío, se establezca una corriente eléctrica unidireccional, entre un filamento incandescente (Efecto Joule), por la que se hace pasar una corriente de caldeo (CÁTODO) y otro terminal (ÁNODO)

Tubos al vacío antiguos.



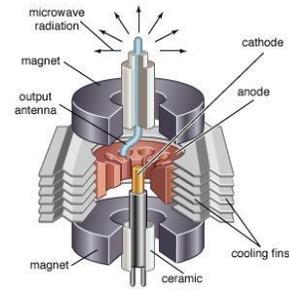
C.- MAGNETRÓN

- Un **Magnetron** es un dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía electromagnética en forma de RF (Microonda)
- Esta válvula fue desarrollada originalmente a partir de la válvula Klystron, en la Universidad de Birmingham (Inglaterra) por M.L. Oliphant, en 1939, con el fin de alimentar al Radar mediante una fuente radioeléctrica potente (varios cientos de vatios) y con una longitud de onda.
- Las frecuencias elevadas para la época eran de 300 MHz a 3 GHz.
- Los osciladores de tubos utilizados anteriormente eran incapaces de proporcionar tanta potencia y un alcance insuficiente de los radares, a frecuencias tan elevadas.



D.- MAGNETRÓN ESTADO SÓLIDO:

- Básicamente consiste en un cilindro metálico, en el que hay dispuestas de forma radial una serie de cavidades resonantes, que se comunican con una cavidad central mayor, en cuyo eje existe un filamento metálico de titanio.
- El cilindro se comporta como ánodo y el filamento central como cátodo.
- El filamento, conectado al polo negativo de una fuente de corriente continua, se pone incandescente y emite electrones por efecto termoiónico.
- El cilindro se conecta al polo positivo y atraerá a los electrones.
- Todo este conjunto se encuentra dispuesto entre los polos de un potente electroimán.
- Por acción de este potente campo magnético, los electrones, en lugar de ir en línea recta hacia el cilindro, al ser atraídos hacia las oquedades, realizan una trayectoria circular y al penetrar en ella, se movilizan en remolino.
- El espacio abierto entre la placa y el cátodo se llama el espacio de interacción. En este espacio los campos eléctricos y magnéticos interactúan para ejercer la fuerza sobre los electrones. Dado que toda carga eléctrica crea a su alrededor un campo electromagnético, todos los electrones en movimiento circular en las cavidades producen ondas electromagnéticas (microondas).
- La frecuencia no es precisamente controlable, varía con los cambios en la impedancia de carga, con cambios en la intensidad y con la temperatura del tubo.
- Mediante un cable coaxial o guía de onda, se transmite la energía a un director o radiador, constituido por una antena.



**MG5223 S-Band
MAGNETRON**



E.- Fases¹

El proceso se divide en cuatro fases.

Fase 1: La producción y la aceleración de un haz de electrones

- Cuando no existe campo magnético, se produce un movimiento uniforme y directo de los electrones desde el cátodo a la placa.

¹ <https://es.wikipedia.org/wiki/Magnetron%C3%B3n>

- Si la intensidad del campo magnético aumenta, la curva que dibujan los electrones es más pronunciada.
- Cuando se alcanza el valor del campo crítico, los electrones son desviados lejos de la placa.

Fase 2: La velocidad de modulación del haz de electrones.

- El campo eléctrico en el oscilador magnetrón, es el producto de los campos de CA y CC.
- El campo de CC se extiende radialmente del ánodo al cátodo. Los campos de CA, se muestran de la magnitud máxima, de una alternancia de las oscilaciones de radio frecuencia, que se producen en las cavidades.
- Los electrones que se mueven hacia los segmentos de ánodo cargado positivamente, se aceleran.

Fase 3: Formación de un "espacio de carga de la rueda"

- La acción acumulativa de muchos electrones regresando al cátodo, mientras que otros se mueven hacia el ánodo, forma un patrón parecido a los radios de una rueda en movimiento conocido como "el espacio de carga de la rueda".
- La rueda de carga espacial, gira alrededor del cátodo a una velocidad angular de 2 polos (segmentos de ánodo), por ciclo del campo de CA.
- Esta relación de fase permite la concentración de electrones, para liberar de forma permanente energía, para mantener las oscilaciones de radiofrecuencia.

Fase 4: Distribuir la energía para el campo de CA

- Un electrón en movimiento contra un campo E, es acelerado y toma la energía del campo.
- Además, si prescindimos de la energía de un electrón en un campo y se ralentiza el movimiento en la misma dirección que el campo (de positivo a negativo).
- El electrón pasa la energía de cada cavidad a medida que pasa el tiempo y llega al ánodo cuando su energía se gasta. Por lo tanto, el electrón ha ayudado a mantener las oscilaciones, ya que ha tomado la energía del campo de CC y le ha dado al campo de CA.
- Normalmente, para que los imanes permanentes no dejen de funcionar por alcanzar la temperatura de Curie, los magnetrones industriales se enfrían con agua, o en su defecto, con un sistema de dispersión que consiste en placas metálicas, que a la vez filtran las ondas electromagnéticas producidas, gracias al principio de resonancia.

El Magnetron puede producir salidas de Radio Frecuencia continua, de más de 1 kW de potencia, a una frecuencia de 1 GHz.