





# **ARMAMENTO NAVAL I**

**C. de F. Jorge Andaluz Echevarría  
C. de F. Alberto Aviléz Puertas**

**══════ ESCUELA SUPERIOR DE GUERRA NAVAL ══════**

## **DERECHOS RESERVADOS DE EDICIÓN**

Marina de Guerra del Perú

Escuela Superior de Guerra Naval

División de Publicaciones de la Escuela Superior de Guerra Naval

Jr. Sáenz Peña 590 La Punta – Callao

Teléfono: 2016230 Anexo: 6123

## **ARMAMENTO NAVAL I**

### **Autores**

Capitán de Fragata

Jorge Andaluz Echevarría

Capitán de Fragata

Alberto Aviléz Puertas

### **Diseño y Diagramación**

OM2 GRÁ. William Cuadros Rodríguez

David Neyra Romero

### **Corrección**

Ylse Mesía Marino

**Primera edición:** Octubre 2013

**ISBN: 978-612-46560-4-0**

**Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2013-16485**

## **SOLO PARA USO EXCLUSIVO DE INSTRUCCIÓN EN LA MARINA DE GUERRA DEL PERÚ**

No está permitida la reproducción total o parcial de esta obra ni su tratamiento o transmisión por cualquier medio sin autorización escrita de la División de Publicaciones de la Escuela Superior de Guerra Naval.

# ÍNDICE

<b>ÍNDICE</b>	<b>3</b>
<b>CAPITULO 1</b>	
<b>ARTILLERÍA</b>	<b>5</b>
1.1 Sistemas de Combate	5
1.1.1 Definición	
1.1.2 Componentes Funcionales de un Sistema de Combate	
1.1.3 Funciones del Sistema de Combate	
1.1.4 Principios Fundamentales de Tiro	
1.1.5 Parámetros Básicos del Tiro	
1.1.6 Coordenada del Blanco	
1.2 Artillería	11
1.2.1 Concepto de Artillería	
1.2.2 Armas de Fuego	
1.2.3 Clasificación de las Armas de Fuego	
1.2.3.1 Piezas de Artillería	
1.2.3.2 Armas Menores	
1.2.4 Organización de una Pieza de Artillería	
1.2.5 Partes Principales de un Cañón	
1.2.5.1 Partes del Cañón	
1.3 Sistemas de Combate	16
1.4 Cañón Gemelo Automático de 152 Mm L/50 en Montaje de Torre	17
<b>CAPITULO 2</b>	
<b>MUNICIÓN DE ARTILLERÍA</b>	<b>18</b>
2.1 Munición	18
2.1.1 Clasificación I	
2.1.2 Clasificación II	
2.1.3 Clasificación de Munición de Cañón	
2.1.4 Partes de la Munición del Cañón	
2.2 Almacenamiento	24
2.2.1 Clasificación de las Santabárbaras	
2.2.2 Medidas de Seguridad	
2.3 Combustión de una Carga Impulsiva	27
2.4 Curva de Presiones y de Velocidades	28
2.5 Clasificación de las Pólvoras	29
2.6 Uso y Conservación de las Pólvoras	30

<b>CAPITULO 3</b>	
<b>MISILES</b>	31
3.1 Definición	31
3.2 Tipos de Misiles	31
3.3 Definición de Términos	35
3.4 Aerodinámica	36
3.5 Componentes del Misil	39
3.5.1 Cabezas de Combate	
3.5.2 Tipos de Cabeza de Combate	
3.6 Sistemas de Propulsión	41
3.6.1 Tipos de Propulsión para Móviles Aéreos	
3.6.2 Propulsión a Reacción	
3.6.3 Tipos de Propulsión	
3.7 Sistemas de Control y Guiado	44
3.7.1 Requerimientos Básicos de un Sistema de Control	
3.7.2 Requerimientos Básicos de un Sistema de Guiado	
3.7.3 Fases de Guiado	
3.7.4 Tipos de Sistema de Guiado	
<b>CAPITULO 4</b>	
<b>SENSORES</b>	49
4.1 Sensores	49
4.2 Radars	51
4.2.1 Características de los Radars	
4.2.2 Sensores Ópticos	
4.2.3 Sensores Infrarrojos	
4.3 Medidas de Apoyo a la Guerra Electrónica (MAGE)	76

# CAPITULO 1

## ARTILLERÍA

### 1.1 Sistemas de Combate

#### 1.1.1 Definición

Conjunto de equipos o sistemas donde sus distintos subconjuntos están interconectados de manera tal que su funcionamiento total sea lo más eficaz posible.

Esta definición de Sistemas de Combate es amplia, debido a que cualquiera sea su dimensión, su finalidad será conseguir el efecto deseado sobre el enemigo.

Generalizando podemos decir que la tarea final de un Sistema de Combate es enviar una o más cargas de combate hacia un objetivo u objetivos de tal forma que se aseguren máximas probabilidades de destruir el objetivo.

#### 1.1.2 Componentes Funcionales de un Sistema de Combate

La definición de un Sistema de Combate expresa que consiste en un conjunto de componentes que operan conjuntamente para producir determinado efecto sobre el enemigo. Por lo tanto, las partes de un Sistema de Combate deben cumplir determinadas funciones para lograr ese efecto.

Las partes que componen un Sistema de Combate son:

**Medio de detección**, provee la información necesaria al Sistema para búsqueda y detección de blancos

**Una carga de combate**, que lleva a cabo la destrucción u otro efecto directamente sobre el blanco enemigo.

**Un sistema de propulsión**, que provee la expulsión controlada de la energía almacenada requerida para trasladar la carga de combate hasta el blanco.

**Un vehículo**, que contiene la carga de combate y demás componentes del sistema que se trasladan hasta el blanco.

Un vehículo y su contenido forman un arma autopropulsada, que es cualquier artefacto de artillería que contenga una carga de combate proyectada o impelida desde un artefacto de lanzamiento hacia un blanco.

**Un sistema de lanzamiento**, que pone al proyectil en la trayectoria deseada, en forma segura y eficiente.

**Un sistema de control del arma**, que selecciona la trayectoria apropiada y controla el recorrido del proyectil autopropulsado, de modo que este recorra la trayectoria decidida hacia el objetivo.

### 1.1.3 Funciones del Sistema de Combate

Las funciones de los Sistemas de Combate pueden describirse o llamarse de diversas formas, pero en resumen las principales son las de:

- a) Búsqueda.
- b) Detección.
- c) Identificación.
- d) Evaluación.
- e) Designación.
- f) Adquisición.
- g) Traqueo.
- h) Fuego.
- i) Análisis de daños.
- j) Acción consecuyente.

Desarrollando cada una de las funciones, podremos visualizarlas mejor. Estas son:

#### a) **Búsqueda:**

Es la observación metódica y continua de un espacio determinado, Esta búsqueda puede ser por medios ópticos tales como designadores ópticos, binóculares, vigías etc., está limitada por la superestructura del buque; y puede ser por medios electromagnéticos a través radares de alarma temprana o de sistemas de control de tiro, MAGE, etc.

Los tipos de búsqueda son:

- Omnidireccional sin límites de distancia o ángulo.
- Sectorial sin límites de distancia y en una dirección determinada.
- Omnidireccional con límites de distancia y sin límites de ángulo.
- Sectorial con límites de distancia y en una dirección determinada.



**b) Detección:**

Es la capacidad de diferenciar cualquier pequeño incremento dentro del flujo energético conocido, visual o electromagnético.

Los tipos de detección son:

- **Activo**, cuando es necesario emitir señales para detectar el contacto (radar)
- **Semiactivo**, cuando otro emite con la finalidad de que nuestra unidad detecte a un contacto.
- **Pasivo**, cuando detectamos las emisiones del contacto.

**c) Identificación:**

Es la capacidad de diferenciar el grado de hostilidad latente en el contacto detectado, es decir poder aclarar si es amigo o enemigo.

**d) Evaluación:**

Es la decisión tomada para ver cómo es que se le va a hacer frente al contacto identificado y que armas cumplirán mejor la misión encomendada.

**e) Designación:**

Es la acción de ordenar a un arma o componente de la misma que se enganche sobre el contacto para efectuarle el traqueo correspondiente.

**f) Adquisición:**

Es la acción en respuesta a la designación, en ella el arma o su componente ubica la posición exacta del objetivo.

**g) Traqueo:**

El ente designado anteriormente, y una vez que ha adquirido al blanco, comienza el traqueo obteniendo rumbo, velocidad y altura del contacto.

**h) Fuego:**

Es el inicio de la acción ofensiva – defensiva caracterizada por el uso de las armas. El fuego puede ser de tipo artillero, misilero, torpedero, electrónico o mixto.

**i) Análisis de daños:**

Es la verificación de la misión o acción decidida sobre el blanco.

**j) Acción consecuente:**

Es la acción consecuente del análisis de daños. Si aún se ha producido el efecto deseado se ordenará un nuevo ataque, pero si se logró el cometido se continuará según las ordenes recibidas.

Junto con las funciones de los Sistemas de Combate, van ligados conceptos que influyen decididamente en la evaluación sobre ¿Qué sistema emplear? o ¿Qué sistema comprar? Estos conceptos deberán entenderse para poder responder a las preguntas formuladas anteriormente, y estos son los siguientes:

- |  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| 1) Probabilidad de destrucción:        | Selección                         |
| 2) Performance con relación al blanco: | Comparación                       |
| 3) Operación:                          | Simplicidad                       |
| 4) Confiabilidad:                      | Operatividad en función al tiempo |
| 5) Versatilidad:                       | Diferentes misiones               |
| 6) Flexibilidad:                       | Eficiencia                        |
| 7) Efectividad:                        | Daño y costo                      |
| 8) Capacidad de Mantenimiento a bordo  |                                   |

**1.1.4 Principios Fundamentales de Tiro**

Fundamentalmente los diferentes aspectos del problema general de tiro no son más que variaciones de una misma situación:

El disparo de un proyectil desde un arma que puede estar en movimiento, a un blanco que puede estar fijo o en movimiento.

En el problema general de tiro existirán como coincidencia las consideraciones siguientes:

- a) Un elemento de probabilidad dado por la situación del blanco con respecto al arma en el momento del impacto, el cual deberá ser predicho, salvo el caso de un tiro con un arma inmóvil a un blanco fijo.
- b) Un intervalo de desconcierto transcurrido durante el tiempo de vuelo del proyectil, en la cual está total o parcialmente bajo la influencia de fenómenos naturales ajenos al control de quien lo lanzó.

Desde el punto de vista balístico, que será descrito más adelante, el planteamiento del problema de tiro puede ser analizado en función de relaciones causa – efecto entre elementos cinemáticas (velocidades) y dinámicos (fuerzas).

### 1.1.5 Parametros Basicos del Tiro

#### Parámetros:

- Línea de Mira (LOS): Línea imaginaria que une el arma con el blanco.
- Punto Futuro: Punto en el cual debería encontrarse el blanco luego del vuelo del proyectil para alcanzar el impacto.
- Punto Avanzado: Punto variado del punto futuro en el cual ya se ha considerado las condiciones atmosféricas.
- Punto de Tiro: Punto variado del punto avanzado en el cual se han considerado los efectos de deriva y sobre elevación.
- Línea de Tiro (LOF): Dirección en la que debe ser disparado el proyectil para obtener el impacto.
- Ángulo de Adelanto: Valor angular comprendido entre la línea de mira y la línea de tiro.
- Paralaje: Es el cambio de coordenadas basado en un sistema de referencia común. Puede entenderse mejor al tener presente que el radar más alto de a bordo no verá en la misma marcación ni elevación que el arma designada al contacto común, siendo esta diferencia el error de “paralaje”.

Exigencia para la ubicación de los parámetros en el espacio:

#### a) Sistema de Referencia Apropiado:

- Inercial (Tiro a larga distancia).
- Terrestre (Tiro con armas estacionarias).
- Buque Propio (Con movimiento de traslación y balance).
- Estabilizado (Con movimiento de traslación).

#### b) Los parámetros deben estar referidos a coordenadas aptas, las cuales podrían ser:

- Coordenadas Cartesianas.

- Coordenadas Cilíndricas.
- Coordenadas Esféricas.

c) El ángulo de adelanto en planos que pueden ser referidos con precisión al sistema de referencia elegido.

### 1.1.6 Coordenada del Blanco

1) Punto de Referencia:

Punto determinado en el buque tirador que usa los sistemas de referencia, buque propio y estabilizado, para resolver el problema de tiro con armas convencionales.

2.- Líneas y Planos característicos en el Sistema Buque Propio:

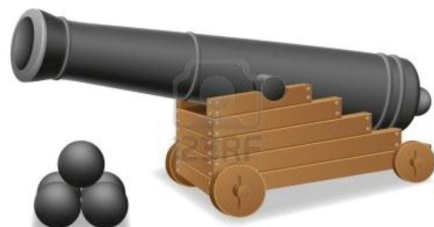
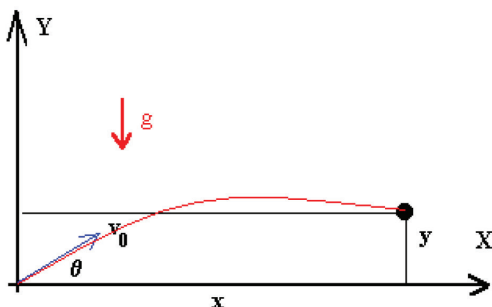
- Plano de Cubierta.
- Plano Normal.
- Línea Normal.

3.- Línea y Planos característicos en el Sistema Estabilizado:

- Plano Horizontal.
- Plano Vertical.
- Línea Vertical.

4.- Líneas y Planos comunes a ambos Sistemas:

- Línea Norte – Sur.
- Línea Este – Oeste.
- Línea de Crujía.



## 1.2 Artillería

Dentro de la artillería debemos tener presentes los siguientes conceptos y diferencias para una posterior profundización en cada tema y así poder entender claramente la definición:

### 1) Buque Capital:

Es un buque de guerra con protección acorazada que lleva cañones de más de 8" y que no sea un portaaviones.

### 2) Torre:

Son todos los cañones de 6" o más, montados en torres múltiples o estructuras similares.

### 3) Torreta:

Son todos los cañones menores de 6" montados en torres múltiples o estructuras similares.

### 4) Cañones de Salva:

Son los cañones que tienen la finalidad de estar empleados para saludos.

### 5) Cañones Antiaéreos:

Son cañones de mediano calibre diseñados para ser empleados contra aviones.

### 6) Cañones Antimisil:

Son cañones de pequeño calibre diseñado para ser empleados contra misiles y/o aviones veloces.

### 7) Cañones de Doble Propósito:

Son los que se pueden emplear en más de una función específica.

### 8) Batería:

Todas las artillerías de a bordo.

### 9) Batería Principal:

Este término comprende los cañones de mayor calibre que haya a bordo.

## 10) Batería Secundaria:

Se considera que solamente los buques que tienen torres pueden tener batería secundaria; ésta comprende todos los cañones excepto los montados en torres.

### 1.2.1 Concepto de Artillería

Es su concepto más amplio, es la que estudia el diseño, construcción, funcionamiento, constitución, utilización, manejo y conservación de las armas de fuego. Recurre para esto a otras ciencias como las matemáticas, la física, química, mecánica, metalurgia, etc.

### 1.2.2 Armas de Fuego

Son los instrumentos, que aprovechando la elevada presión producida en su interior debida a la expansión de gases originados por la combustión de la pólvora, permiten lanzar con buena puntería y a determinada distancia una masa metálica llamada proyectil.

### 1.2.3 Clasificación de las Armas de Fuego

Se pueden dividir en piezas de artillería y armas menores:

#### 1.2.3.1 Piezas de Artillería

Son todas las armas de fuego de mayor alcance, tamaño y poder, que requieren para su empleo, emplazamientos y medios de transporte especiales y que deben ser operadas por varios hombres.

Se clasifican de acuerdo a su calibre en:

- a) Grueso calibre – 190 mm. o superior<sup>2</sup>
- b) Mediano calibre – 100 mm. hasta 190 mm.
- c) Pequeño calibre – 20 mm. hasta 100 mm.

A su vez las piezas de artillería se clasifican del siguiente modo:

- Cañón:  
Pieza cuyo largo es superior a los 30 calibre y su velocidad inicial mayor de 600 m/s.
- Obús:  
Largo es inferior a los 30 calibre y velocidades iniciales entre 400 y 600 m/s.

- Mortero:  
Longitud del cañón muy corto, no superior a los 10 calibres y prevista para bajas velocidades iniciales. Su montaje está organizado para permitir disparar con grandes ángulos de inclinación (entre los 45° y los 70°)

### 1.2.3.2 Armas Menores

Aquellas que son de un calibre menor a 20 mm. y se subdividen en:

- Fijas:  
Las empleadas en un lugar determinado, ya sea a bordo o en tierra.
- De Acompañamiento:  
Aquellas que no respondiendo a la designación de portátiles, son transportables y destinadas para acompañar a fuerzas a las que apoyan en su desplazamiento.
- Armas Portátiles:  
Las que no necesitan emplazamientos especiales para su utilización. Son de alcance relativamente corto, de uso individual, u operadas por dos o tres hombres. En esta subdivisión se incluyen todas las armas automáticas y semiautomáticas de este tipo.

### 1.2.4 Organización de una Pieza de Artillería

La pieza de artillería está constituida en términos generales, por un conjunto orgánico de piezas y elementos que comprenden el cañón, su montaje, los mecanismos y los diversos mecanismos y accesorios.

- El Cañón:  
Es un tubo de acero, debidamente reforzado en su totalidad o en parte, cerrado en uno de sus extremos en el momento del disparo, dentro del cual se aloja el proyectil y la carga impulsiva de pólvora. A través de este tubo es por donde sale expedido el proyectil contra el blanco. El cañón debe ser capaz de soportar inmensas presiones, como analizaremos posteriormente, ocasionadas por la combustión interna de la pólvora, y también de originar un movimiento específico para el desplazamiento estable del proyectil fuera del cañón.
- El Montaje:  
Es el conjunto de fuertes piezas de hierro o acero que soportan el cañón, permitiéndole los movimientos necesarios para apuntarlo.

- Los Mecanismos:

Consisten en una serie de dispositivos mecánicos que permiten el empleo eficiente de la pieza, siendo en detalle los siguientes:

**De Culata:**

Sirven esencialmente para mantener cerrada la culata durante el disparo, de modo que sea imposible todo escape de gases, con excepción de los cañones especiales sin retroceso, donde una parte de esos gases deben escapar por contera. Además por medio del mecanismo de fuego, sirven para encender el estopín cuando se ordena hacer fuego.

**De Carga:**

En algunos cañones de pequeño calibre, la operación de carga se efectúa a mano o con dispositivos sencillos y el aprovisionamiento se hace de una manera sumamente simple. En cambio en los de grueso calibre montados en torres, necesitan mecanismos más complicados, como los ascensores que sirven para aprovisionar de munición y pólvora al cañón, los atacadores y sus accesorios que permiten efectuar la carga con relativa rapidez y seguridad, etc.

**Frenos y Recuperadores:**

En casi todos los tipos de montajes, el cañón está ligado a éste por los frenos y recuperadores; los primeros tienen por objeto limitar la longitud de retroceso, que es el movimiento que tiene hacia contera el cañón por efecto de la reacción de los gases de la pólvora sobre la cara anterior del cierre cuando el proyectil avanza en el interior del ánima. Los otros vuelven el cañón a su posición inicial.

**De Puntería:**

Constituidos a su vez por los siguientes mecanismos:

- De Elevación:

Mediante los cuales puede moverse a voluntad el cañón, permitiendo elevarlo o depresarlo, con el objeto de poder orientarlo en elevación.

- De Dirección:

Accionar las partes móviles del montaje que soportan al cañón, lo que permite orientarlo en dirección (ronza)..



- Alzas o Sistemas Directores:  
Por medio de los cuales se puede apuntar al cañón en forma tal, que el proyectil pegue en el blanco.
- Los Accesorios y Pertrechos:  
Son todos los artículos de conservación, piezas de repuesto, herramientas, aparatos de desmonte, de protección, etc., para uso en el cañón y montaje.

### 1.2.5 Partes Principales de un Cañón

Es necesario conocer en su forma más simple, cuales son las partes constitutivas del cañón propiamente dicho.

Ya se ha dicho que es un tubo de acero reforzado, dentro del cual se aloja el proyectil y la carga de pólvora. Consta de un tubo principal de acero especial, rodeado en este caso por otros tubos del mismo metal, que lo refuerzan.

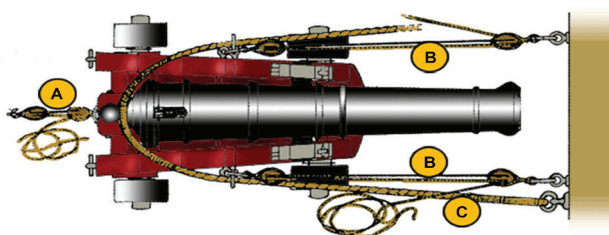
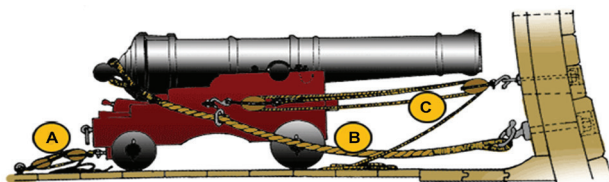
Su configuración externa, de forma irregular, se caracteriza por el diámetro de sus secciones principales que son:

(A) Culata, extremidad posterior por donde se carga la pieza.

(B) Cuerpo, sección de mayor diámetro que abarca a partir de la culata un largo igual a  $\frac{1}{3}$  aproximadamente de la longitud total del cañón.

Caña, la sección restante, de forma ligeramente troncocónica, termina en un pequeño aumento de sección, tomando a veces una forma acampanada que se denomina brocal.

(C) Boca, extremidad por donde sale el proyectil.



### 1.2.5.1 Partes del Cañón

Interiormente el cañón presenta cuatro secciones:

Alojamiento de Cierre, es la sección de culata destinada a llevar el dispositivo de obturación par cerrar ese extremo e impedir el escape de gases producidos por la combustión de la pólvora.

Recámara, sección de mayor diámetro que el ánima a continuación de la citada, de forma cilíndrica o ligeramente troncocónica, destinada para alojar la carga impulsiva.

Unión Troncocónica, es la sección que sigue, su forma tiene por objeto hacer menor brusca la unión de la recámara con el ánima y facilitar la conducción del proyectil en su ataque.

## 1.3 Sistemas de Combate

Anima, es la sección restante del cañón, de forma cilíndrica y en cuya iniciación se aloja el proyectil; lleva practicada una serie de surcos longitudinales llamados estrías que constituyen el rayado y van en forma de hélice de gran paso desde el nacimiento del ánima hasta la boca del cañón.

### Anima y Calibre

Estas estrías, son en general de sección rectangular, angosta, de poca profundidad, paralela entre sí y equidistante. Su separación la constituyen los macizos; las superficies que limitan el calibre de la pieza se llaman campos, las laterales de los macizos, flancos, y las superficies de mayor diámetro fondos.

El rayado sirve para que encastre el aro de forzamiento de proyectil y con la presión de los gases, imprimir a aquél la velocidad necesaria de rotación para que:

- a. Pegue de punta al blanco.
- b. Presente menor superficie de resistencia durante su vuelo desde el cañón hasta el blanco.

Se deben conocer también los datos que caracterizan al cañón: calibre, longitud, marca y fecha de construcción.

Calibre, es el diámetro del ánima medido sobre los campos del rayado. Se puede expresar en milímetros o pulgadas.

Longitud es la distancia entre el plano de boca y el de iniciación del rayado, medida sobre el eje longitudinal del ánima. Su unidad de medida es el calibre.

En las culatas de los cañones se inscriben los datos que los caracterizan, por ejemplo:

A 120 L/45 Quiere decir: Armstrong de 120 milímetro de calibre, longitud 45  
1900 calibres construido en 1900

O.T 190 L/52 Significa: Odero Terni, calibre 190 milímetros, longitud 52 calibres,  
1935 fecha de construcción 1935

#### **1.4 Cañón Gemelo Automático de 152 Mm L/50 en Montaje de Torre**

El cañón Bofors gemelo automático de 152 mm L/50 montado en torre ha sido diseñado primordialmente como artillería primaria para grandes buques.

Los dos tubos están apoyados en una cuna y pueden ser elevados hasta una elevación de 60°, lo cual permite utilizar los cañones tanto contra blancos de superficie como aéreos.

La cuna está soportada por viguetas unidas a la torre, la cual gira sobre una pista de bolas sobre un anillo de base en la cubierta del buque.

La torreta está dotada con maquinarias separadas de puntería, para elevación y ronza.

La munición es transportada desde los pañoles del buque por dos ascensores individualmente accionados y conectados a coches carga que llevan la munición desde la parte superior de los ascensores a los dispositivos atacadores de los cañones. Los ascensores y los coches carga son accionados por maquinarias electrohidráulicas.

## **CAPÍTULO 2**

# **MUNICIÓN DE ARTILLERÍA**

### **2.1 Munición**

Para la munición se han encontrado dos definiciones las cuales son:

#### **Definición General:**

Munición es el conjunto de las partes componentes que, unidas forman la carga o proyectil para cualquier tipo de cañón, proyector o dispositivo de lanzamiento.

#### **2.1.1 Clasificación I**

1. Munición de Cañón:
  - a) De saquete.
  - b) Semi-Fija
  - c) Fija
  - d) Cartuchos de Armas Menores
2. Tipo Bomba.
3. Cohete.
4. Pirotécnica.
5. Otros Tipos:
  - a) Química
  - b) Para Trincheras
  - c) De Lanzamiento
  - d) De Fogueo
  - e) De entrenamiento

La otra definición es la definición de la Dirección de Alistamiento Naval de la Marina de Guerra del Perú, y ésta es:

Munición es todos los componentes, y cualquiera o todo el explosivo en una envuelta o casquete preparado para formar una carga, proyectil bala o cartucho para cañón, obús, mortero, arma menor o cualquier otra arma, cabeza de combate, mina, bomba, carga de profundidad, cohetes, proyectiles guiados, material de señales, de iluminación, pirotécnico; y todos los materiales químicos de guerra bajo la responsabilidad de la Dirección de Alistamiento Naval y usado en la Marina con propósitos defensivos ofensivos de ceremoniales y de entrenamiento.

### 2.1.2 Clasificación II

La clasificación puede ser de diferentes maneras usaremos la siguiente:

Por el arma que la usa:

1. Munición de Cañón.
2. Munición tipo Bomba.
3. Munición Cohete.
4. Munición Pirotécnica.
5. Munición Química.
6. Munición para Guerra de Trincheras.
7. Munición de Lanzamiento.
8. Munición Fogueo.
9. Munición Entrenamiento.

1. **Munición de Cañón:** Es toda carga o tiro completo para un cañón estriado.
2. **Munición Tipo Bomba:** Consiste en un recipiente de paredes delgadas con una fuerte carga explosiva. Su efecto depende más de la explosión que de la penetración. A este tipo pertenecen las cabezas de combate de misiles y torpedos, minas, cargas de profundidad, bombas aéreas, nucleares y convencionales, munición de basoockas y munición de otro tipo de lanza-cohetes portátiles.
3. **Munición Cohete:** Es un cuerpo que contiene una carga explosiva y un motor.
  - a) **No guiados:** Tipo rockets, su motor está compuesto por pólvora, llamado propelente sólido.
  - b) **Guiados:** Tipo misiles y torpedos, su motor puede ser de propelente sólido, eléctrico o de otro tipo, tales como los turborreactores, pulso

reactores, energía solar, nuclear etc. Poseen un sistema automático o a control remoto de control y guiado.

La diferencia principal es que los guiados pueden variar su rumbo a voluntad durante el recorrido de su trayectoria.

4. **Munición Pirotécnica:** Son mezclas de agentes oxidantes y combustibles a los cuales se les puede agregar otros compuestos destinados a producir un efecto determinado como darle color a una llama. Son dispositivos semejantes a los fuegos artificiales pero adaptados a los usos militares. Se dividen en cuatro clases:
  - a) Señales.
  - a) Iluminante.
  - a) Fumígenos.
  - a) Incendiarios.
5. **Munición Química:** Son recipientes para gases, virus o bacterias, sustancias productoras de humo y materiales incendiarios.
6. **Munición para Guerra de Trincheras:** Consisten en granadas de mano, munición para motores y granadas de fusiles.
7. **Munición de Lanzamiento:** Es una carga preparada que se coloca en un casquillo con estopín y se usa para lanzar torpedos, cargas de profundidad , etc.
8. **Munición de Foguelo:** Es la que tiene por objeto producir ruidos fogonazo. Se usa para entrenamiento, pruebas y saludos. Consiste en un casquillo cargado con pólvora y estopín, sellados con papel en vez del proyectil.
9. **Munición de Entrenamiento:** Es cualquier tipo de munición armada sin explosivo y se usa para entrenamiento y pruebas solamente. Para evitar confusiones esta munición no debe ser guardada en los paños de munición.

### 2.1.3 Clasificación de Munición de Cañón:

La munición de cañón puede clasificarse por diferentes motivos:

- a) Por su uso:
  1. Antiaérea.
  2. Antisuperficie.
  3. Antisubmarina.

4. Antipersonal.
5. Antitanque.
6. Entrenamiento.

b) Por su contenido:

1. H.E. (Alto Explosivo)
2. Perforante.
3. Iluminante.
4. Incendiaria.
5. Fragmentaria.
6. Química.
7. CME (Contra Medidas Electrónica) o Chaff.
8. Fogueo.
9. Inerte.

c) Por su forma y composición:

1. De saquete.
2. Semi-Fija.
3. Fija.
4. Cartuchos de armas menores.

Nos centraremos en los tres primeros de la última clasificación:

1. **De Saquete:** Es una munición de cañón en la cual la carga iniciadora y la de impulsión están contenidas en un saquete hecho de seda especial y que se carga por separado del proyectil.
2. **Semi Fija:** Es una munición de cañón en la cual el estopín y la carga impelente están montados en un casquillo sin proyectil y cuya abertura está tapada por un tapón. Se cargan por separado la carga impelente y el proyectil.
3. **Fija:** Es la munición de cañón en la cual todos sus componentes están completamente armados, es decir, el proyectil está rígidamente unido al casquillo y toda la unidad se carga en una sola operación.

#### 2.1.4 Partes de la Munición del Cañón:

La munición de cañón está compuesta por las siguientes partes:

- a) Estopín
- b) Carga Impelente
- c) Proyectil
- d) Espoletas
- e) Trazadores.

- a) **Estopín:** Es el dispositivo que tiene por objeto inflamar la carga impelente, lo cual se consigue accionando los mecanismos de fuego que poseen los blocks cierre. Como la inflamación de la carga impulsiva en un cañón se hace a través de la carga inicial, esta puede estar contenida en el mismo estopín, como ocurre generalmente.

Los estopines se clasifican en:

1. A percusión
2. A fricción
3. Eléctricos
4. Mixtos

1. **Estopín a Persecución:** Obra por acción de una aguja percusora que al chocar sobre un detonante como el fulminante de mercurio, inflama un polvorín de pólvora negra fina, que a su vez transmite la llama a la carga inicial y esta a la impelente.
2. **Estopín a Fricción:** Estos estopines obran por el roce de un frictor que inflama un detonante muy sensible.
3. **Estopín Eléctrico:** Actúa mediante la elevación de temperatura que sufre un conductor al recibir una corriente eléctrica por intermedio de una aguja percusora.

- b) **Carga Impelente:** Se denomina carga impelente a la pólvora colocada en la recámara del cañón destinada a quemarse, produciendo al mismo tiempo la presión de gases necesaria para impulsar al proyectil y hacerlo abandonar el cañón con una velocidad determinada.

Las cargas impelentes se clasifican en:

1. Carga impelente de Combate
2. Carga impelente de Ejercicio
3. Carga impelente Especial

1. **Carga Impelente de Combate:** Es la máxima carga que podrá utilizar un cañón es decir, que es la carga que produce la máxima presión soportada por la estructura del cañón, con la finalidad de obtener una mayor velocidad y un mayor alcance. Debido a esta presión se produce un gran desgaste del tubo de ánima, por la cual se usa solamente en combate.
2. **Carga Impelente de Ejercicio:** Es la carga usada generalmente en los entrenamientos. Está caracterizada por generar una menor presión evitando así un gran desgaste.



**3. Carga Impelente Especial:** Son de menor poder que las de combate y se usan para disparar proyectiles iluminantes los cuales no soportarían grandes presiones.

**c) Proyectil:** El proyectil es la parte de la munición del cañón arrojada desde éste por la fuerza de la explosión de la carga impelente. Es un cilindro alargado, con un extremo puntiagudo y otro cilíndrico o ligeramente troncocónico. Su longitud varía de 3 a 5 calibres.

El proyectil consta de tres partes:

- **Extremo anterior:** Es la parte puntiaguda muy sólida y con una curvatura tal de ofrecer la menor resistencia del aire. Debido a su forma ojival se le conoce como ojiva.
- **Extremo posterior:** Está conformado por una disminución gradual del radio del cuerpo con la finalidad de producir menor turbulencias sobre el culote del mismo durante su vuelo.
- **Cuerpo y acabado exterior:** Entre los dos extremos del proyectil se encuentra el cuerpo cilíndrico cerca de la parte posterior, el cuerpo lleva un aro de cobre llamado aro de forzamiento, que es el que hace rotar al proyectil al ser forzado a través del rayado del cañón. Hacia el extremo anterior se encuentra una sección pulida llamada aro de centrado, que provee un punto de apoyo al proyectil mientras está en el ánima.

**Clasificación de los Proyectiles:** Los proyectiles se clasifican en cuatro tipos y éstos son comprensibles con sólo mencionarlos. Estos son:

1. Perforantes
2. Ordinarios
  - a) Semi-perforantes
  - b) Ordinarios
3. Alta Capacidad
  - a) Alta Capacidad de Explosivo
  - b) Antiaéreos
  - c) Antiaéreos comunes
4. Especiales
  - a) Iluminantes
  - b) Fumígenos
  - c) Porta – cabos

- d) De ejercicio de tiro (Dummy)
- e) De prueba de polígono

**d) Espoleta:** La espoleta es un dispositivo para detonar o inflamar la carga explosiva de un proyectil, ya sea durante o después del impacto o durante vuelo.

Clasificación de las espoletas:

1. Por su ubicación en el Proyectil:

- a) Espoletas de Ojiva: Adaptadas en el extremo anterior del proyectil y tienen la forma de la Ojiva.
- b) Espoleta de Base: Se encuentran en la base del proyectil y se extienden hacia la carga explosiva.

2. Por su sistema de funcionamiento:

- a) Espoleta de Percusión: Es activada por el impacto.
- b) Espoleta de Tiempo: Se acciona mediante un mecanismo de reloj activado conveniente.
- c) Espoleta Hidrostática: Son accionadas por presión al ser sumergidas.
- d) Espoleta de proximidad: Está provista por un sensor de frecuencia (radar) y se activa por efecto doppler.
- e) Espoleta Mixta: Combinado los funcionamientos antes mencionados.

**e) Trazador:** Es un dispositivo adaptado a la base del proyectil que permite seguir con la vista, la trayectoria del mismo. Es una columna de una mezcla pirotécnica altamente comprimida diseñada para arder lentamente con un color determinado durante un tiempo suficiente mientras el proyectil se encuentre en vuelo para permitir la visibilidad de su trayectoria.

## 2.2 Almacenamiento

Para el almacenamiento de las diferentes partes de la munición es importante mencionar que éstas deben ir acondicionadas en recipientes o envases estancos para evitar la evaporación de sus componentes disolventes o de la entrada de la humedad que tiende a descomponerlas. Como además la alteración de las pólvoras está favorecida por las temperaturas anormales, será necesario disponer de sitios adecuados para su almacenamiento.

**Santabárbaras:** Los locales destinados a bordo para almacenaje y conservación de la pólvora o de munición se denominan santabárbaras y deben responder a las siguientes exigencias: estanqueidad, aislamiento, ventilación, controlable, sistemas de inundación de achique y disponer de máquinas refrigerantes para evitar temperaturas altas de almacenaje.

Estarán situadas en lo posible, donde haya facilidad y rapidez de aprovisionamiento a los cañones y apartadas de los compartimientos de calderas y tanques o depósitos inflamables.

Los mamparos son normalmente de acero, estancos y forrados en su interior con madera o planchas de corcho, las que sirven como aisladores térmicos para tratar de mantener uniforme la temperatura interior.

En la actualidad, se usa también como aislante, la fibra de vidrio y compuestos similares. La iluminación es eléctrica y con doble cubierta.

### 2.2.1 Clasificación de las Santabárbaras

El interior de los compartimientos destinados al almacenaje de la munición se subdivide en:

**Santabárbara:** Lugar destinado al almacenamiento de la pólvora o tiros completos.

**a) Pañosoles de munición:** Destinados al almacenaje de todas las partes de la munición y explosivos.

**b) Antepañoles:** Lugares donde se guardan los aparejos portaproyectiles, etc. Así como la munición de entrenamiento.

### 2.2.2 Medidas de Seguridad

Para el manipuleo, mantenimiento y almacenamiento de munición y explosivos se deben tener ciertas medidas de seguridad para evitar accidentes que son generalmente fatales. A continuación mencionaremos las medidas más importantes.

1. Para manipular munición y explosivos deben usarse herramientas construidas de madera, fibras, bronce, plomo o aleaciones de berilio que tienen características reducidas de producir chispa y que no las producirán en circunstancias normales.
2. El mantenimiento de la munición en caso de abolladura, oxidación o rajadura no deberá realizarse a bordo y éste deberá ser efectuado por personal calificado, remitiéndose si es necesario al Taller de Munición (TADEMU).

3. Deben tenerse en cada pañol y por cada lote muestras en frascos y jarras, según corresponda y ante cualquier alteración de su contenido, exudación o vapores nitrosos, se deberá proceder según el reglamento vigente.
4. Los explosivos y la munición no deben exponerse al sol ya que se puede alterar la composición de los mismos.
5. Un calor muy intenso puede detonar las cargas de TNT fundido ya que sus exudaciones son explosivas, altamente inflamables y muy sensibles.
6. Los detonadores y/o espoletas deben almacenarse por separado y en armarios especiales. Solo se deberá armar la munición antes de usarla.
7. Las espoletas de proximidad y las electrónicas no deben transportarse por la cercanía de estaciones de radio, guías de onda o antenas. Del mismo modo deben almacenarse en lugares que no sean próximos a las instalaciones que trabajen con señales de radio.
8. Antes de efectuar un trabajo que signifique un incremento notable de temperatura en el pañol, se deberán retirar todas las cargas y explosivos del mismo.
9. Durante el Combate o durante ejercicios de tiro los ventiladores de los pañoles de munición así como las escotillas de acceso deben permanecer cerradas.
10. El almacenamiento de munición fija, espoletas y otros dispositivos de fuego debe efectuarse en recipientes sellados para conservar su estabilidad. Del mismo modo los tapones de cera o fibra de las cargas impelentes de la munición semifija.
11. El oficial encargado debe verificar personalmente las faenas de munición y/o explosivos para evitar cualquier incumplimiento de las normas establecidas.
12. No se debe transportar municiones ni explosivos después de las 1800 horas ni antes del orto.
13. Antes de recibir munición o explosivos se debe tener presente:
  - a) Verificar que los recipientes y la cantidad de munición y/o explosivo sea lo indicado.
  - b) Verificar que el almacenamiento sea el adecuado.
  - c) Verificar que no se está realizando otro trabajo.
  - d) Verificar que la estiba sea la adecuada dejando a las cargas sin movimiento.
  - e) Verificar que las cajas y jarras estén estancos.
  - f) Verificar que los tiros estén apoyados en calzos.
  - g) Los proyectiles deben almacenamiento punta con punta o culote con culote para evitar daños en el aro de centraje.

14. Está prohibido:

- a) Ingresar con herramientas no autorizadas a los paños.
- b) Encender fuego o fumar.
- c) Ingresar artículos combustibles a los paños.
- d) Fumigar los paños con material no autorizado.

15. En cuanto al personal que labore en las faenas se debe considerar.

- a) Que sea solo el necesario.
- b) Que este sea calificado para el trabajo.
- c) Que tenga presente las disposiciones o reglas vigentes.
- d) Deben usar vestimenta y herramientas adecuadas.

### 2.3 Combustión de una Carga Impulsiva

Las cargas de los cañones se componen de la carga impulsiva y de la carga inicial. Esta última que es encendida por ceba o estopín sirve para transmitir la combustión a la primera, que es la que produce los gases que impulsan al proyectil. La carga impulsiva se fabrica fragmentada en granos cuya forma responde al uso que se desea dar a cada clase de pólvora. De su forma y de su composición química depende el tiempo que tarde en quemarse la carga. Brevemente diremos que toda pólvora cuya combustión termine antes que el proyectil inicie su movimiento se denomina pólvora ha iniciado su movimiento, se denomina pólvora lenta. Una pólvora lenta es de combustión incompleta cuando su combustión no ha terminado en el momento en que el proyectil abandona la boca del cañón. Se dice que es de combustión estricta cuando la combustión termina en el instante en que el proyectil sale por la boca del cañón con el conocimiento de las definiciones anteriores volvamos a describir el fenómeno de la combustión de la carga impulsiva analizando paso a paso el proceso. La combustión de la carga impulsiva en el recipiente limitado por las paredes de la recámara la cara anterior del block del cierre y el culote del proyectil se desarrolla en tres etapas a saber:

1. Es evidente que la recámara de una pieza cargada constituye un vaso de volumen invariable mientras el proyectil no se mueva es decir mientras la presión de los gases no adquiera un valor suficiente como para vencer la resistencia que opone el proyectil, por su propio peso por la deformación de su anillo de forzamiento al incrustarse en el rayado por los frotamientos, etc. Este valor oscila entre los 200 y 400 kg/cm<sup>2</sup>. Esta presión se llama presión de forzamiento y se le designa como Pf. En consecuencia durante éste primer periodo de la combustión de la carga son aplicables todas las teorías de la combustión en vaso cerrado.

2. Desde el momento que el proyectil empieza a moverse, el volumen que ocupan los gases irá aumentando conjuntamente con la producción de gases pues la pólvora continúa quemándose.
3. A partir del momento en que la combustión termina, el proyectil avanza por la expansión de los gases producidos es decir que aumenta el volumen. Dicha expansión se considera adiabática y se prolonga hasta el momento en que el proyectil abandona la boca del cañón.

Son entonces fácilmente determinados estos tres periodos:

- Periodo de combustión a vaso cerrado.
- Periodo de combustión en recipiente de volumen variable.
- Periodo de expansión (adiabática)

## **2.4 Curva de Presiones y de Velocidades**

Se denomina curva de presiones a la curva que representa el modo de variar de la presión en el ánima a medida que el proyectil se desplaza.

La abscisa de cada uno de sus puntos representa el espacio recorrido por el proyectil la ordenada correspondiente, representa el valor de la presión en el ánima para cuando el proyectil ha recorrido dentro del ánima el espacio correspondiente a la abscisa. La forma general de la curva de presiones depende de la ley de expansión de los gases y del modo de quemarse de la pólvora. En cuanto a la combustión de la carga esta puede ser instantánea o lenta como se ha visto.

Si la pólvora es instantánea la carga se quema antes que el proyectil empiece a avanzar. La presión alcanza su valor máximo ( $P_{mxi}$ ), estando el proyectil en 0 ( $x=0$ ) pero tan pronto como éste se desplace  $P$  disminuye de acuerdo con la ley de expansión adiabática. La curva de presiones tiene entonces la forma de la curva II.

Si la carga se compone de pólvora lenta la presión varia así: iniciada la combustión, la presión en la recámara aumenta hasta llegar al valor  $P_f$ , manteniéndose el proyectil en reposo ( $x=0$ ). La presión de forzamiento  $P_f$  permite al proyectil iniciar su movimiento. Este movimiento del proyectil al aumentar el volumen en el que se producen los gases tiende a que la presión disminuya circunstancia que no se realiza pues la alta producción de gases de la pólvora en combustión, compensa este efecto de aumento de volumen (lento por la pequeña velocidad de que está animado el proyectil) y la presión sigue en aumento; hasta que el continuo y rápido aumento del volumen llega a equilibrar el efecto de la producción de gases y la curva alcanza su punto de máxima presión ( $P_{mx}$ ).

Por acelerarse cada vez más el proyectil el efecto del aumento de volumen predomina y la curva se torna descendente. El punto marcado con la ordenada P1 y abscisa X1 indica el lugar donde la combustión de la pólvora termina. A partir de ese instante la curva adquiere la forma de una hipérbola equilátera, pues se produce la expansión adiabática de los gases de la carga completa. En los cañones navales en uso la presión máxima está comprendida entre los 2,800 y 3,200 kg/cm<sup>2</sup>. La presión en el instante en que el proyectil sale del cañón se denomina presión en la boca y se la designa con P<sub>b</sub>. Su valor numérico está comprendido entre 500 y 1000 kg/cm<sup>2</sup>.

Se denomina velocidad inicial a la máxima velocidad que adquiera el proyectil por la acción impulsora de los gases de las pólvoras. Se la designa con V<sub>0</sub>. En los cañones navales, la velocidad inicial asume valores entre 800 y 950 m/s. Es lógico que se procure obtener la máxima V<sub>0</sub>. Pues con ella se aumenta la fuerza viva del proyectil y su alcance y por lo tanto será mayor la precisión del tiro.

## 2.5 Clasificación de las Pólvoras

Se reserva el nombre de pólvora a los explosivos que se utilizan como cargas impulsivas o impelentes. Las características más salientes de las cargas impulsivas es que el oxígeno necesario para la combustión se encuentra combinado y no mezclado con los elementos combustibles. Por esa razón al producirse la combustión no se forman residuos que sean cuerpos sólidos, sino que se producen solamente gases y vapores. De ahí que se llame a estos explosivos pólvora químicas o pólvoras sin humo. Este hecho desde el punto de vista militar es sumamente importante ya que permite un mayor ocultamiento al tirador a parte de que el hecho de dejar residuos sólidos trae aparejados siempre inconvenientes.

Las pólvoras sin humo contienen todas como componente fundamentales nitrocelulosa (NC). Cuando contiene exclusivamente NC se las llama pólvoras de base simple. Cuando contiene otro explosivo se las llama de doble base y las pólvoras modernas como el trinitrotolueno se las llama pólvora tribásicas. Las pólvoras son de estructura coloidal y casi todas se obtienen nitrando la celulosa. La nitración se obtiene por la acción del ácido nítrico sobre las radicales alcohólicas de la celulosa. De acuerdo con el número de moléculas de ácido que se unen a una molécula de celulosa se obtienen diversas clases de pólvoras nitrocelulosa. El estado coloidal sólido se obtiene por el nitrocelulosa. El estado coloidal sólido se obtiene por el proceso de gelatinización que consiste en el aditamento de un solvente que varía con el tipo de pólvora.

Durante la elaboración de las pólvoras y mientras se encuentran en estado pastoso se les agrega ciertas sustancias estabilizadoras cuya finalidad es asegurar la conservación de la pólvora durante su almacenamiento. Las pólvoras son productos relativamente inestables que se descomponen dando lugar a

desprendimientos de oxido de carbono compuestos nitrogenados de oxígeno ácido nitroso y ácido nítrico. Los estabilizadores tienen por finalidad neutralizar los ácidos producidos por la disociación y retardar la acción de descomposición de la pólvora.

Durante la conservación de las pólvoras se hace pruebas periódicas mediante reactivos que permiten precisar el porcentaje residual del estabilizador las pólvoras (cargas impulsivas) se dividen en dos grandes grupos:

a) Pólvora de Nitrocelulosa (NC)

1. Pólvoras de Nitrocelulosa Norteamericana
2. Pólvoras de nitrocelulosa BN1 y BM9

b) Pólvoras de nitroglicerina (NG)

1. Pólvoras corditas
2. Pólvoras R.P.C.

## **2.6 Uso y Conservación de las Pólvoras**

Para facilitar la identificación y las inspecciones de las pólvoras, se asigna a cada lote de pólvora lograda en distintas fechas o de distinta procedencia una o más letras iniciales que la distinguen con el agregado de las dos últimas cifras del año en que fue manufacturado el lote (NGNK778/46, por ejemplo). Cada lote se divide en grupos teniendo en cuenta la capacidad de las santabárbaras de los buques a que está destinado. Cada grupo envasado en cajones, jarras o cartuchos, tiene uno de prueba que siempre acompaña al grupo y permanece en las mismas condiciones que el resto.

La pólvora necesaria para efectuar inspecciones o pruebas, se extrae del cajón, jarra o cartucho de prueba. Tanto a bordo, como en tierra se debe tener la precaución de mantener las jarras y los cartuchos perfectamente cerrados (estancos). Las causas que producen cambios en la estructura química, así como en la descomposición de la pólvora, se favorecen con la alta temperatura con la pérdida del disolvente y con la entrada de aire húmedo al recipiente que la contiene. La temperatura influye en la descomposición de la pólvora haciéndole perder óxidos de nitrógeno. Esto produce un desprendimiento de calor que puede provocar la inflamación espontánea (pólvora estáticamente peligrosa).



## CAPÍTULO 3

### MISILES

#### 3.1 Definición

Arma autopropulsada, que se desplaza en la atmósfera o fuera de ella, provista de un sistema de control y guiado, a fin de hacer impacto en un blanco determinado, o pasar suficientemente cerca del mismo, como para que su carga explosiva, actuando convenientemente, produzca la destrucción del mismo.

#### Características

- a) Es un arma
- b) Es autopropulsado
- c) Se desplaza en la atmósfera o fuera de ella
- d) Provista de un sistema de guiado
- e) Provista de un sistema de control
- f) impacta o pasa cerca del blanco

#### Diferencias Proyectoil - Misil

PROYECTIL	MISIL
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Errores intrínsecos</li><li>➤ Errores de precisión</li><li>➤ Ritmo de fuego elevado</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Automáticamente eliminados (posibilidad de control durante el vuelo)</li><li>➤ Errores modestos</li><li>➤ Ritmo de lanzamiento modesto - elevado</li></ul>

#### 3.2 Tipos de Misiles

- a) Por la función que desempeñan:
  - Aire – Aire
  - Tierra – Tierra
  - Mar – Mar

Y todas sus combinaciones, incluyendo la modalidad subacuático.

a) De acuerdo a su alcance:

- Misil Balístico de corto alcance (SRBM) 0 – 300 MN
- Misil Balístico de alcance medio (IRBM) 300 – 1500 MN
- Misil Balístico de Flota (FBM) 1500 – 3000 MN
- Misil Balístico Intercontinental (ICBM) > 3000 MN

Nota: Balístico se refiere al hecho que una parte importante de la trayectoria y que se desarrolla fuera de la atmósfera es puramente balística (trayectoria elíptica).

- La probabilidad de destrucción del blanco a máxima distancia es aproximadamente mayor o igual 85%



**Misil Balístico Intercontinental Minuteman III.**

Sin embargo, de acuerdo a los misiles que posee actualmente la Marina de Guerra del Perú, podemos clasificarlos de la siguiente manera:

### **(1) Misiles Tácticos**

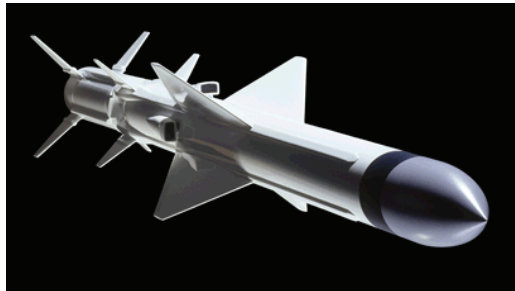
- Corto alcance (menor 15 km)
- Mediano alcance (15 a 300 Km)

**(2) Misiles Estratégicos**

- Largo alcance mayor de 300 kms.

b) Por su empleo específico:

- Anti – Buque



Misil Exocet MM40

- Anti – Aéreo



Misil Seasparrow RIM 7P

- Anti – Tanque



Misil 9K115 Metys ATGM

- Anti – Radar



**Misil Agm-88 Harm**

- Anti – Personal



**Misil mini spike**

- Anti – Misil



**Misil Sea RAM**

c) Por su sistema de propulsión:

- Turbo Jet: Motores Booster
- Ram Jet: Utilizan aire
- Rocket: Combustible sólido

d) Por su tipo de guiado:

(1) Por comando

- Radio
- Radar:
  - Haz simple
  - Haz modificado
- Hilo

(2) Por Homing

- Activo
- Semi-activo
- Pasivo

(3) Inercial

(4) Mixto

e) Por su trayectoria

- Balística libre
- No balística

### 3.3 Definición de Términos

**Número de Reynolds:** es un número adimensional utilizado en mecánica de fluidos, diseño de reactores y fenómenos de transporte para caracterizar el movimiento de un fluido. Relaciona la densidad, viscosidad, velocidad y dimensión típica de un flujo en una expresión adimensional, que interviene en numerosos problemas de dinámica de fluidos. Dicho número o combinación adimensional aparece en muchos casos relacionado con el hecho de que el flujo pueda considerarse laminar (número de Reynolds pequeño) o turbulento (número de Reynolds grande). Desde un punto de vista matemático el número de Reynolds de un problema o situación concreta se define por medio de la siguiente fórmula:

$\rho$ : densidad del fluido

$v_s$ : velocidad característica del fluido

$D$ : Diámetro de la tubería a través de la cual circula el fluido o longitud característica del sistema.

$\mu$ : viscosidad dinámica del fluido

$\nu$ : viscosidad cinemática del fluido

**Número de Mach:** Es una medida de velocidad relativa que se define como el cociente entre la velocidad de un objeto y la velocidad del sonido en el medio en que se mueve dicho objeto. Dicha relación puede expresarse según la ecuación.

La ecuación de la velocidad del sonido es la siguiente:

$$V_s = \sqrt{\gamma RT / M}$$

Siendo “ $\gamma$ ” el coeficiente de dilatación, “ $R$ ” la constante universal de los gases, “ $T$ ” la temperatura en grados kelvin y “ $M$ ” la masa molar del gas. Los valores típicos para la atmósfera estándar a nivel del mar son los siguientes:

$$\gamma = 1,4$$

$$R=8.314 \text{ [J/Mol.K]}=8.314 \text{ [kg.m}^2\text{/mol.K.s}^2\text{]}$$

$$T=293,15 \text{ [K]} (20 \text{ }^\circ\text{C})$$

$$M=29 \text{ [g/mol]} \text{ para el aire}$$

a) Velocidad Subsónica:

de 0 a 0,75 mach

b) Velocidad Transónica:

de 0.75 a 1,2 mach

c) Velocidad Supersónica:

de 1,2 a 5 mach

d) Hipersónico

mayor a 5 mach

e) Onda de Choque

Frontera bien definida entre dos masas de aire a diferentes presiones. Conforme avanza el misil el aire tiende a comprimirse y ha apilarse frente al misil, debido a que el aire comprimido puede desplazarse hasta velocidades como la del sonido no habría problema en un misil subsónico; pero conforme se acerque a la velocidad del sonido, este aire no puede salirse del camino con la misma rapidez.

### 3.4 Aerodinámica

La aerodinámica es la rama de la mecánica de fluidos que estudia las acciones que aparecen sobre los cuerpos sólidos cuando existe un movimiento relativo entre éstos y el fluido que los baña, siendo éste último un gas y no un líquido.



Nuestro misil vuela en la atmósfera

**Principio de Bernoulli:** También denominado ecuación de Bernoulli o Trinomio de Bernoulli, describe el comportamiento de un fluido moviéndose a lo largo de una línea de corriente y expresa que en un fluido ideal (sin viscosidad ni rozamiento) en régimen de circulación por un conducto cerrado, la energía que posee el fluido permanece constante a lo largo de su recorrido. La energía de un fluido en cualquier momento consta de tres componentes:

1. Cinética: es la energía debida a la velocidad que posea el fluido.
2. Potencial gravitacional: es la energía debido a la altitud que un fluido posee.
3. Energía de flujo: es la energía que un fluido contiene debido a la presión que posee.

La siguiente ecuación conocida como “Ecuación de Bernoulli” (Trinomio de Bernoulli) consta de estos mismos términos.

$$P + \frac{1}{2}\rho\mu^2 = \text{constante (fluidos incompresibles)}$$

P= Presión estática

$\rho$ = Densidad del fluido

$\mu$  = Velocidad del fluido

$$\frac{1}{2}\rho\mu^2 = \text{Presión dinámica}$$

$$P \text{ estática} + P \text{ dinámica} = \text{Presión de arresto}$$

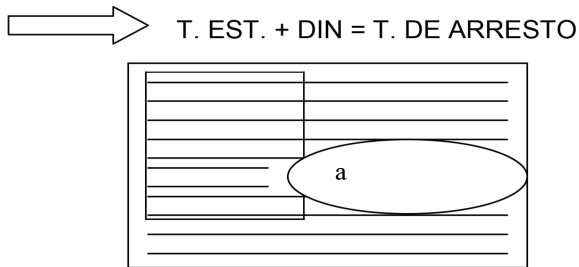
Análogamente: (para gases perfectos)

$$T + \frac{1}{2} \mu^2/c_p = \text{constante}$$

T= Temperatura

$\mu$ = Velocidad del gas

$c_p$ = Calor específico a presión constante



En "a" hay una detención del fluido.

La atmósfera no es más que un fluido, es decir, una sustancia que sufre deformaciones continuas cuando esta sujeta a esfuerzos de corte.

La viscosidad de un fluido es la medida de su resistencia a fluir.

Gases: a mayor Temperatura → mayor Viscosidad.

Líquidos: a mayor Temperatura → menor Viscosidad.

Newton: "El esfuerzo de deformación entre campos adyacentes es proporcional a la variación de la velocidad normal a la velocidad (Dirección) de circulación" (gradiente de velocidad).

**Empuje:** Fuerza necesaria para lograr el desplazamiento del misil, sobreponiéndose al arrastre.

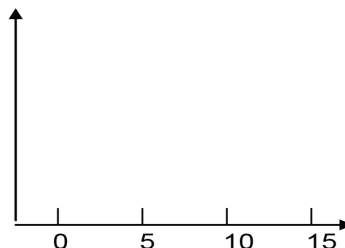
**Sustentación:** Producida por diferencia de presiones. La presión en la parte superior debe ser menor que en la parte inferior, esto depende de la forma del elemento, área del mismo, así como al ángulo con respecto a la dirección del aire, su densidad.

**Resistencia o arrastre:** Resistencia que opone el aire a cualquier elemento que intente atravesarlo. Depende del área del misil, densidad aire y el cuadrado de la velocidad del misil.

**Ángulo de ataque:** Es el ángulo que existe entre la dirección del flujo del aire y la referencia horizontal del misil.

$\Theta$  = ángulo de ataque

D = Referencia horizontal del misil





### 3.5 Componentes del Misil

#### a) Estructura: O Cuerpo del Misil

Es el complejo físico, el fuselaje que porta al arma en sí.  
Se caracteriza por:

-Alargamiento:

Es la relación entre el largo total y el diámetro (superior a 8 y alcanza a veces 20).

-Altura de la Ojiva:

Normalmente 3 calibres terminando en punta o ligeramente redondeada.

-Culote o Popa del Misil:

Normalmente presenta una leve pendiente ( $\pm 5^\circ$ )

#### b) Cabeza de Combate:

Es la razón de existir del misil, y los demás componentes son para asegurar que este, llegue a su destino.

#### c) Sistema de Propulsión:

Provee la energía requerida para mover el misil desde el lanzador al blanco.

#### d) Sistema de Control:

Mantiene al misil en vuelo estable y convierte señales del sistema de guiado en órdenes para modificar la trayectoria del misil.

#### e) Sistema de Guiado:

Determina si el misil está o no sobre la trayectoria ordenada, si esta fuera enviará señales de error al sistema de control.

#### 3.5.1 Cabezas de Combate

La cabeza de combate de un misil contiene el agente destructor.  
Componentes:

**a) Contenedor de Carga Útil**

Recipiente que contiene a la carga útil, que puede ser fragmentado al momento de la detonación para colaborar en el efecto destructivo.

**b) Carga Útil:**

Es el agente destructivo que en forma directa produce daños al enemigo.

**c) Espoleta:**

Es aquella que inicia la detonación de la carga útil:

- puede ser
  - De contacto
  - De proximidad
  - De rozamiento

Como elemento en sí consta de DOS (2) partes:

- Parte pirotécnica iniciadora
- Parte eléctrica (activa al iniciador pirotécnico).

**d) Dispositivos de Seguridad y Armado:**

Impiden la detonación accidental de la cabeza de combate, interrumpiendo el conducto entre la espoleta y la carga útil o proporciona una vía a la detonación (dispositivo de armado) entre la espoleta y carga útil.

**3.5.2 Tipos de Cabeza de Combate****a) Por Efecto Voladura:**

Material altamente explosivo en un contenedor metálico. La fuerza de la explosión crea una onda de presión que es la que causa daño al blanco.

**b) Fragmentaria:**

Utiliza la fuerza de una carga de alto explosivo para romper su contenedor con un número de fragmentos propulsados a suficiente velocidad como causa daño y/o destruir el blanco.

**c) Forma de Carga:**

Contenedor con una alta cantidad de explosivo, almacenado de distintas formas, para que la explosión que produce sea altamente concentrada en una sola dirección. Este tipo de carga tiene un alto poder de penetración.

**d) Pellets Explosivos:**

Pequeñas cargas explosivas con espoleta alojadas en un contenedor, los cuales una vez eyectados por una carga explosiva no explotan hasta tomar o penetrar al blanco.

**e) Químicos:**

Para eyectar sustancias venenosas o corrosivas para producir daño al personal o destruir blancos combustibles.

**f) Biológicos:**

Contiene bacterias.

**g) Otros:**

- Radiológicos
- Iluminantes
- Dummy

**h) Nucleares:**

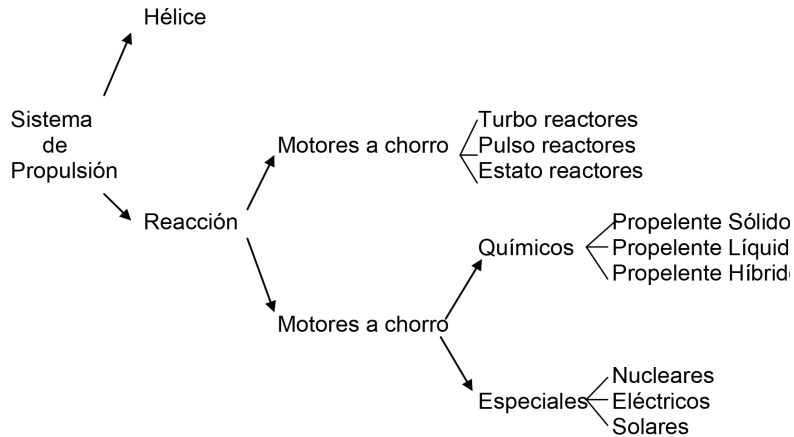
### 3.6 Sistemas de Propulsión

#### 3.6.1 Tipos de Propulsión para Móviles Aéreos

Para móviles aéreos se usan dos tipos:

- Propulsión a hélice (en el aire)
- Propulsión a reacción (en el aire o en el vacío).

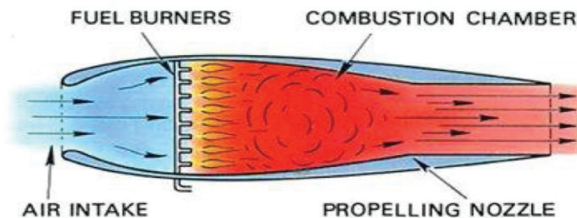
Con referencia a su utilización específica en misiles, debido a la incapacidad de los motores a hélices para actuar a velocidades próximas o superiores a la del sonido por la aparición de ondas de choque que limitan su empuje, se utiliza casi exclusivamente la propulsión a reacción. Por este motivo desarrollaremos el tema de la propulsión de misiles, refiriéndonos a los propulsores a reacción.



### 3.6.2 Propulsión a Reacción:

Genéricamente, la propulsión a reacción consiste en obtener energía cinética de la transformación de energía térmica que libera un gas (o mezcla de gases) producto de una reacción de oxidación.

El medio donde se genera el gas se conoce como cámara de combustión y el conducto de encauzamiento de los gases de escape es una tobera.



Camara de Combustion

Los gases son producidos en la cámara de combustión a través de la transformación líquido a gas o líquido más gas o sólido a gas. En todos los casos, tanto el líquido como el sólido poseen un volumen específico despreciable frente al mismo volumen de gas que se producen en la reacción, cuyo tiempo de duración está en el intervalo (10<sup>-4</sup>, 10<sup>-6</sup> segundos). Es debido a ello que se generan grandes presiones dentro de la cámara de combustión.

El gas producido, que está en un estado inicial termodinámico de elevada presión y velocidad nula, encuentra una vía de escape hacia un estado termodinámico de menor presión (cero para el vacío y presión atmosférica en el caso del aire) y por lo tanto comienza a moverse acelerado por la fuerza producida por el gradiente de presiones.

Considerando el sistema cerrado (cámara de combustión + gases) y aplicando la segunda ley de Newton, sabemos que la cantidad de movimiento debe ser

constante por cuanto no se aplican fuerzas exteriores en un instante  $dt$ , el resto de masa del sistema se deberá mover vectorialmente en sentido contrario para que la cantidad de movimiento del sistema cerrado permanezca constante.

De lo expuesto surge que cuanto mayor sea la masa expulsada en la unidad de tiempo y mayor su velocidad, tanto mayor será la velocidad del resto de masa (que es la del misil) en sentido contrario.

Nota:

A nivel genérico muchos autores consideraron la siguiente clasificación o tipos de propulsión (en forma general):

### 3.6.3 Tipos de Propulsión

#### a) Propulsión Cohete (ROCKETS):

Aquí la materia que va a ser eyectada es almacenada internamente dentro del vehículo.

#### b) Propulsión Ducto (DUCT):

Aquí el fluido que rodea el vehículo pasa a través de él y es colocado a un momento mayor por medios mecánicos o térmicos antes de la eyección.

#### c) Combinación de 1 y 2:

(Ejemplos. Otomat durante sus primeros 4.4 segundo de vuelo).

Nota:

En el punto 1.2.D clasificamos a los misiles; por su sistema de propulsión, en; TURBOJET, RAMBERT y ROCKET. Ya el alumno se dará cuenta que los DOS (2) primeros corresponden; dentro de la clasificación que estoy exponiendo, a propulsores a reacción, motores a captación de aire; y el tercero (Rocket), corresponde a motores cohete.

La diferencia entre Turbojet y Ranjet, es que el Ranjet no tiene partes móviles, o sea ni compresor ni turbinas, como el TURBOJET (Otomat por ejemplo). El elemento que cumple esas funciones es su forma aerodinámica.

### Leyes que Gobiernan el Sistema:

1ra. Ley de Newton: Todo cuerpo persevera en su estado de reposo o movimiento uniforme y rectilíneo a no ser que sea obligado a cambiar su estado por fuerzas impresas sobre él.

2da. Ley de Newton: El cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz impresa y ocurre según la línea recta a lo largo de la cual aquella fuerza se imprime.

3ra. Ley de Newton: Con toda acción ocurre siempre una reacción igual y contraria: o sea, las acciones mutuas de dos cuerpos siempre son iguales y dirigidas en direcciones opuestas

### 3.7 Sistemas de Control y Guiado

El control y el guiado son las dos partes en las que se puede dividir el problema de llevar el misil al blanco, si cabe la analogía, el sistema de guiado puede ser considerado “El Cerebro”, mientras que el sistema de control “El Musculo” que mantiene el misil en trayectoria.

El sistema de guiado de misiles es el encargado de mantener al misil en la correcta trayectoria de vuelo entre el lanzamiento y el blanco, de acuerdo a las señales recibidas de puntos de control del mismo misil o de otras fuentes de información.

El sistema de control del misil se encarga de mantener al misil en la correcta “Actitud de Vuelo”.

En conjunto los componentes que conforman el sistema de control y guiado de cualquier misil determinan la correcta trayectoria de vuelo de este para hacer impacto y lo controlan para seguir una trayectoria determinada.

Esto se cumple a través de los siguientes procesos:

- a) Traqueo: Mediante el cual las posiciones del misil y del blanco son continuamente determinadas.
- b) Cómputo: Mediante el cual la información del traqueo es procesada para determinar las órdenes necesarias para el control.
- c) Dirección: Mediante el cual las órdenes elaboradas son enviadas sobre las unidades de control
- d) Pilotaje: Mediante el cual se utilizan las órdenes elaboradas para actuar sobre las superficies de control mediante unidades de poder.

Las tres primeras etapas del proceso, son realizadas por el sistema de guiado mientras que la última se lleva a cabo en el sistema de control.

Para que el proceso anterior pueda ser cumplido, el misil debe estar en vuelo estable, el control de la estabilidad del misil es llamado “Control de Actitud” y es llevado a cabo por un autopiloto el cual es parte del sistema de control.

La estabilización de la actitud de vuelo es absolutamente necesaria si se quiere que el misil responda correctamente a las señales de guiado. Cuando el sistema de control determina que es necesario un cambio en la actitud del misil, utiliza un cierto número de controles y actuadores para mover las superficies de control.

Cuando el sistema de guiado determina que es necesario un cambio en la trayectoria del misil, utiliza los mismos dispositivos para mover las superficies de control, por lo tanto, las funciones de los sistemas de control y guiado tiene cierta superposición.

Por conveniencia, asumiremos que los controladores y actuadores forman parte del sistema de control, así se puede afirmar que las señales de salida provenientes del sistema de guiado son ejecutadas por una parte del sistema de control, el sistema control opera para llevar al misil a la trayectoria deseada, si existe diferencia entre la trayectoria de vuelo que debería llevar el misil y la que tiene en un instante dado, el sistema de control opera un cambio de posición del misil en el espacio para reducir el error.

Sintetizando, el sistema de control del misil es el responsable de la “Actitud” de este y el sistema de guiado es el responsable por el control de sus trayectorias.

### **3.7.1 Requerimientos Básicos de un Sistema de Control**

El primordial requerimiento de un sistema de control es detectar cuando es necesaria la aplicación de un control sobre el misil, el sistema debe entonces determinar que controles deben ser operados y en qué sentido.

El sistema de control debe cumplir tres funciones básicas:

- Mantener la estabilidad del misil en cabeceo, rolido y guiado, para lo cual debe contar con los sensores de posición adecuado.
- Recibir las señales de comando del sistema de guiado y convertir estas señales mediante servomecanismos adecuados, en movimientos mecánicos de las superficies de control, lo que a su vez se traslucirán en cambios de rumbo del misil.
- Virar el misil hacia el blanco en el momento de ser lanzado.

Para cumplir con lo anterior, el misil tenga información de:

- Su actitud de vuelo.
- La posición instantánea de sus superficies de control.

### **3.7.2 Requerimientos Básicos de un Sistema de Guiado**

En este caso el requerimiento primordial es detectar que el misil se ha apartado de su trayectoria y necesita una orden (señal de comando) para volver a esta. Luego, para su correcto guiado hacia el blanco, el misil debe ser capaz de cumplir la siguiente función básica:

- Detectar o elaborar “señales de comando” las cuales una vez aplicadas al sistema de control se traducirán en cambios de rumbo del misil para llevarlo sobre la trayectoria ordenada.

Para cumplir con lo anterior, el misil tenga información de:

- Su posición en el espacio y en relación con su trayectoria.
- La posición instantánea de sus superficies de control.

### 3.7.3 Fases de Guiado

El guiado de un misil es generalmente dividido en tres fases:

1. Fase Inicial o de Lanzamiento
2. Fase de crucero
3. Fase terminal o de ataque

Esta división es aplicable a misiles de cualquier alcance, pero ahora nos vamos a referir a las trayectorias de corto alcance y dentro de la atmosfera.

- 1. Fase Inicial:** Los misiles navales son lanzados y acelerados hasta alcanzar su velocidad de crucero mediante un motor reforzado o acelerador (Booster), esta fase inicial abarca desde el misil deja su rampa hasta que termina el quemado del booster; esta fase inicial abarca desde que el misil deja su rampa hasta que concluye el quemado del booster.
- 2. Fase de Crucero:** Esta fase se inicia al terminar la anterior, normalmente es la más larga, tanto en tiempo como en distancia, aquí se requieren de cambios para llevar al misil sobre el rumbo deseado hasta llegar al área del blanco que es donde entra en funciones la Fase de Guiado Terminal. En algunos casos el sistema de guiado empleado en la fase de crucero es el mismo que para la fase de ataque. Las señales de guiado durante esta fase pueden ser obtenidas del lanzador o del mismo misil.
- 3. Fase de Guiado Terminal:** La fase terminal o de ataque es de suma importancia, es la etapa del vuelo donde se efectúan todas las correcciones finales a la trayectoria, con el fin de dirigir el misil hacia el blanco, esta etapa debe caracterizarse por su alta precisión y rápida respuesta a las señales de guiado para asegurar el impacto. Cerca del final del vuelo el misil debe tener la capacidad de efectuar las maniobras necesarias para los violentos movimientos requeridos para impactar blancos de alta velocidad.



### 3.7.4 Tipos de Sistema de Guiado

Guía por radar:

- Comando por radar
- Comando por radio
- Comando por hilo

El sistema de guiado por comando se caracteriza porque todas las órdenes de guiado (comandos) proviene de un medio externo al misil, en el caso específico del comando del radar el sistema se basa en el contacto directo electromagnético con puntos de control que pueden estar en el lanzador o cerca de este. La guía por haz simple es cuando el haz del radar que está ejerciendo el comando, contiene al misil y al blanco; la guía por haz modificado es cuando se tiene dos radares y por lo tanto dos haces, uno que contiene al blanco y el otro al misil, esto requiere de un computador que resuelva el problema.

El o los puntos de control transmiten las informaciones del guiado mediante el enlace de radar y de esa manera la trayectoria del misil es controlada.

**Guía por homing:** El sistema por homing se basa en el contacto electromagnético directo del blanco, ya sea que la energía sea radiada por el misil (homing activo) por el lanzador (homing semi activo) o por el propio blanco (homing pasivo).

**Homing activo:** En esta modalidad, el misil ilumina y localiza a su objetivo por sí mismo, generalmente empleando un pequeño transmisor/receptor de radar localizado en la parte frontal. Si bien la localización activa requiere de un misil más complejo, pesado y costoso, su sistema de guía no es tan vulnerable a las contramedidas electrónicas y el sistema en general es menos complejo que el sistema Semi-Activo, y por ello más rentable. También ofrece a la plataforma de lanzamiento capacidad de "Disparar y Olvidar", de la misma forma que los sistemas pasivos. Una desventaja, sin embargo, es el hecho de tener distancias de detección y seguimiento de objetivos menores, debido a que la distancia de adquisición de objetivos es proporcional al área de la antena iluminadora, y el tamaño del emisor/receptor de radar que se pueden instalar en un misil es necesariamente pequeño. Es por ello que la localización semi-activa es posible a distancias considerablemente mayores que la localización activa.

Homing semi activo: El objetivo es iluminado por el lanzador o por un tercer elemento (generalmente por Radar o láser), y el sistema de localización instalado dentro del misil se dirige hacia la energía de iluminación reflejada por el objetivo. Este tipo de misiles con localizadores semi-activos pueden incluir un receptor trasero para recibir la información de vuelo proveniente de la plataforma iluminadora, ya que requieren que una fuente de emisión externa al misil (por ejemplo, el radar de la plataforma de lanzamiento) ilumine al objetivo. En caso de que perdersen este contacto con el reflejo de la iluminación del objetivo (ya

sea de ondas de radar o luz láser), el misil no podrá guiarse hasta su blanco, entrando en una trayectoria balística. Muchas veces cuando esto sucede se activa una carga pirotécnica para su autodestrucción.

**Homing pasivo:** Es la modalidad de localización más simple de implementar, pues depende esencialmente de emisiones proporcionadas por el mismo objetivo (emisiones de calor, radiomagnéticas, radar, luz o sonido). Tras su lanzamiento, los misiles de localización pasiva son completamente autónomos, por lo que son conocidos como “dispara y olvida” (“*Fire-and-Forget*”). Una de las principales desventajas de la localización pasiva es su dependencia en un objetivo emita continuamente la energía requerida por la cabeza buscadora, por lo cual los diseños de aeronaves y vehículos modernos favorecen el enmascaramiento de sus señales calóricas.

**Guía Inercial:** Es utilizado durante la fase de crucero y controla el vuelo del misil, anulando (con maniobras) los efectos externos que tienden a apartar el misil de su trayectoria, para esto utiliza información proveniente de los sensores de su plataforma inercial.

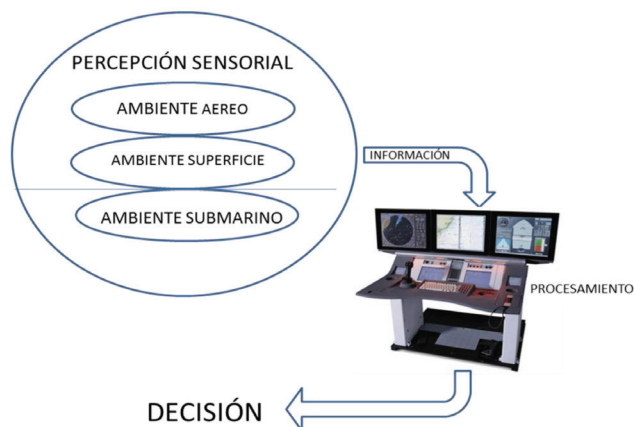
## CAPÍTULO 4

# SENSORES

### 4.1 Sensores

Así como el cuerpo humano utiliza los sentidos para tener percepciones del medio que lo rodea, las plataformas navales necesitan de sensores que les permita tener la percepción mas aproximada del entorno que lo rodea. Estas percepciones no son otra cosa que información relacionada generalmente con la presencia de otras plataformas en un ambiente que podríamos llamarlo tridimensional, es decir espacios que abarcan la superficie del mar, debajo de la superficie del mar y encima de la superficie del mar. La información obtenida por los sensores que es procesada por los sistemas de combate junto con información proporcionada por otras plataformas, permitirá determinar la “percepción” de la plataforma detectada en el ambiente tridimensional, determinando su naturaleza (aeronave, embarcación de superficie o submarino) y clasificación (amigo, enemigo, neutral, hostil o desconocido). La clasificación a su vez permitirá determinar las acciones inmediatas que se deban tomar (ver fig. 1)

Figura 1



Los sensores navales tienen distinta naturaleza, esta responde principalmente al medio en el que va a sensor, a la fuente de energía de la cual va a obtener información o a una función específica dada. En ese orden de ideas podemos establecer tres tipos de clasificaciones:

Por el medio ambiente en que operan

- Sensores Aéreos
- Sensores de Superficie
- Sensores Submarinos

Por el tipo de fuente de energía de la cual se obtiene información

- Sensores Activos
- Sensores Pasivos

Por el tipo de función que cumplen

- Sensores de Alarma Temprana
- Sensores de Búsqueda
- Sensores de Control de Tiro

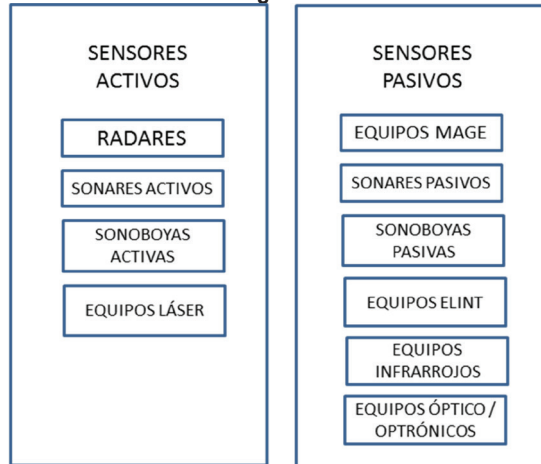
En la práctica un sensor puede considerarse dentro de más de una de estas clasificaciones e inclusive en más de una subclasificación, el avance tecnológico ha generado mayor ambigüedad a la hora de clasificar los sensores, puesto que la tendencia es contar con sensores con múltiples funciones. Por ejemplo la serie de radares SPY-1 que dota a la mayor parte de unidades de superficie de la Marina Norteamericana, podría considerarse por el medio ambiente en que opera, como aéreo y de superficie, por el tipo de fuente de la cual obtiene información, como activo, y por el tipo de función que cumple, como de alarma temprana, búsqueda y control de tiro, ya que tiene la capacidad de detección de largo alcance, de generación de distintos haces radáricos para la búsqueda y la actualización de datos de blancos a misiles en vuelo así como controlar el fuego artillero de superficie.

De igual manera un sonar de casco podríamos clasificarlo por el medio ambiente en que opera como submarino, por el tipo de fuente de energía de la cual obtiene información, como activo y pasivo, y por el tipo de función que cumple como de búsqueda.

Cuando hablamos de la clasificación por el tipo de energía de la cual se obtiene información, nos referimos a la generación de la misma, si un sensor genera su propia energía a través de la cual se va a poder obtener información del medio ambiente, entonces decimos que es un sensor activo, como por ejemplo un radar o un sensor láser. Si por el contrario la fuente de energía es generada por otra plataforma u objeto que sirve al sensor para obtener información, hablamos de un sensor pasivo, como por ejemplo un equipo de Medidas de Apoyo a la Guerra Electrónica (MAGE), cuya fuente de energía de la cual obtiene información es proporcionada por los radares de otras plataformas que operan en el medio ambiente que lo circundan o un sensor infrarrojo/térmico como un FLIR cuya fuente de energía de la cual obtiene información es proporcionada por la propia plataforma sensada a través de la generación de calor producido por ejemplo por sus motores.

En la (figura 2), podemos observar a su vez los tipos de sensores activos y pasivos.

Figura 2



## 4.2 Radares

La palabra “Radar” es un acrónimo de “Radio Detection and Ranging” (detección y medición de distancia por radio), consiste en un equipo que posibilita la detección de objetos que se encuentran sobre la superficie terrestre y en el espacio aéreo, a través de la generación de ondas electromagnéticas denominadas también ondas viajeras. El principio de propagación en el espacio de estas ondas viajeras fue originalmente enunciado por las “Teorías de Maxwell”, la cual modelo a través fórmulas su comportamiento.

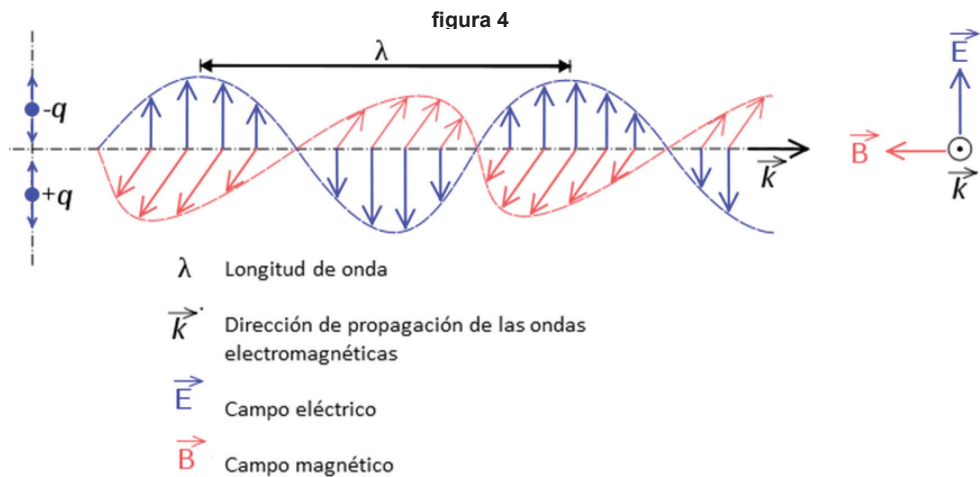
La propagación de las ondas electromagnéticas existe porque el campo eléctrico variable en el tiempo crea un campo magnético también variable en el tiempo, a su vez este campo magnético generará otro campo eléctrico y así sucesivamente. Esto significa que tiene lugar cierta clase de transferencia de energía, según la cual la energía se transfiere a un campo magnético, de ahí a un campo eléctrico y así indefinidamente. Este proceso de transferencia de energía se propaga en el espacio a medida que ocurre, resultando una onda viajera de energía electromagnética. (Ver figura 3)

$$R = \frac{c \times t}{2}$$

La detección radárica más usada es mediante la generación y transmisión de por pulsos electromagnéticos por periodos de tiempo que preceden a un periodo de mayor duración en el que el transmisor del radar se encuentra apagado, para luego emitir nuevamente otro pulso electromagnético que precede nuevamente un periodo

y así sucesivamente. (ver figura 4).

Cuando el pulso electromagnético que viaja en el espacio incide en algún objeto, parte de ese pulso reflejado retorna al receptor donde se procesa y se representa en una pantalla o indicador. Como el transmisor se desactiva después de cada pulso, no interfiere al receptor, así la determinación de la distancia del objeto que refleja el pulso se determina midiendo el tiempo transcurrido entre el inicio de la emisión del pulso y su reflejo originado por algún objeto, como las ondas electromagnéticas viajan a la velocidad de la luz ( $3 \times 10^8$  m/seg), y el viaje del pulso transmitido y reflejado es de ida y vuelta, la fórmula que determina la distancia del objeto esta determinada por:



#### 4.2.1 Características de los Radares

En los radares la energía parte desde la fuente en ondas, en forma muy similar a la de las olas que avanzan concéntricamente desde el punto de impacto de una piedra en el agua. Pero las ondas de este familiar ejemplo son bidimensionales, mientras que la energía radiada desde un punto en el vacío viaja en ondas tridimensionales; es decir, esferas concéntricas. En el estudio de la energía radiada, es a menudo difícil describir la expansión de frentes de onda concéntricos a medida que se propagan por el espacio. Es entonces conveniente trazar la marcha de rayos en lugar de ondas. Para formar un rayo, se dibuja el recorrido de un punto hipotético de la superficie de un frente de onda, a medida que se mueve a través de un medio.

##### Frecuencia

La principal característica distintiva de cualquier forma de energía radiada es su frecuencia, que normalmente se mide en ciclos por segundo o hertzios (Hz). Para la energía electromagnética, tal como la de radio, radar o luz, es la velocidad a la que se expanden y contienen los campos eléctricos y magnéticos de una onda que se propaga. Esto hace generar una especie de ondas periódica

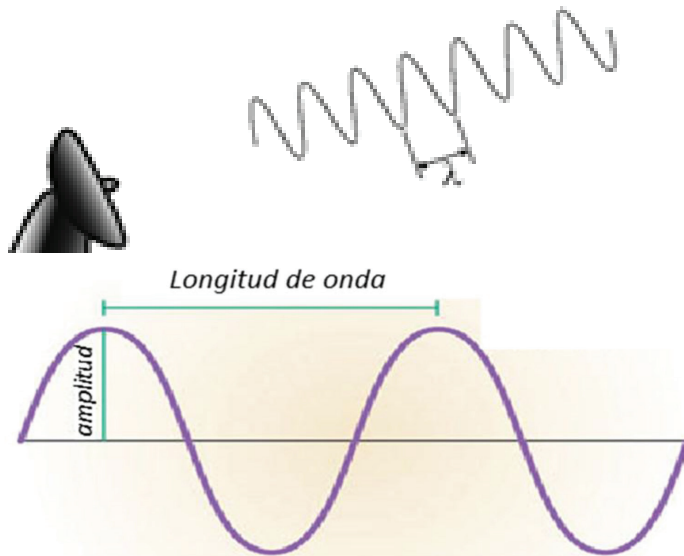
que se pueden representar en una senoide. La significación de la frecuencia se evidencia claramente por el hecho de que la naturaleza del tipo de energía, está directamente relacionada con la frecuencia (ver figura 5)

Figura 5

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

### Longitud de Onda

El movimiento de las ondas se caracteriza también por la longitud de onda, que se define en forma sencilla como la distancia entre dos puntos idénticos (normalmente crestas), de ondas adyacentes. Para una onda viajera, es también la medida de la distancia recorrida por la onda durante un ciclo completo. La longitud de onda es importante en el diseño de las antenas de radar porque cualquier valor dado de la directividad de señal, el tamaño de la antena es directamente proporcional a la longitud de onda de la energía que debe dirigirse. De la última definición puede derivarse una relación entre la frecuencia y la longitud de onda:



### Coherencia

Una energía pura de frecuencia única tendrá como forma de onda una senoide, y se llama energía coherente. La energía compuesta por más de una frecuencia tendrá una forma de onda diferente de una senoide y se considera energía no coherente.

La energía coherente tiene una ventaja fundamental, y es que puede medirse el desplazamiento doppler de los blancos, es decir puede filtrar los blancos móviles.

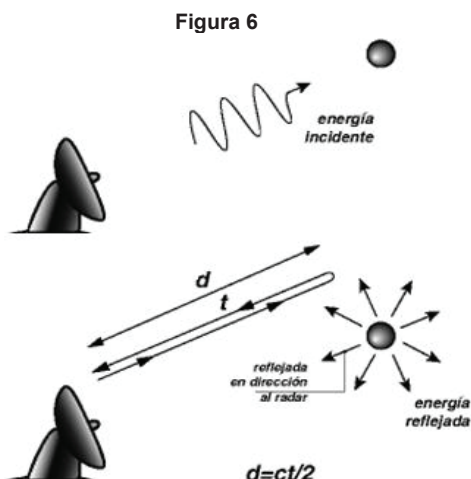
### Velocidad

La energía electromagnética se propaga en el vacío a la velocidad de la luz, unos  $3 \times 10^8$  mts/seg, que corresponde a aproximadamente una milla náutica cada 6,81 microsegundos. La velocidad en otros medios es menor que en el vacío .

La relación entre la velocidad de la energía electromagnética en el vacío y la velocidad en un medio diferente se llama índice de refracción de ese medio. A las frecuencias de radar y superiores, el índice de refracción del aire es muy cercana a 1, y por ende generalmente se ignora.

### Transmisión de Pulsos

El sistema de detección por pulsos de eco se usa en casi todos los equipos de radar. En este sistema, el transmisor se enciende durante cortos periodos, y se apaga durante intervalos largos. Durante el tiempo en el que el transmisor está encendido, transmite una breve ráfaga (pulso) de energía. Cuando un pulso incide en un objeto (ver figura 6), parte de la energía reflejada retorna al receptor, donde se procesa y se representa en el indicador. Como el transmisor se desactiva después de cada pulso, no interfiere al receptor.

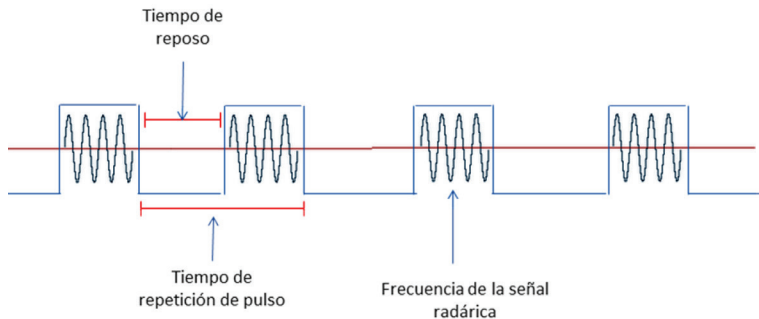


El tiempo transcurrido entre la iniciación de un pulso de transmisión y la iniciación del siguiente se denomina tiempo de repetición de pulsos (TRP), y se muestra en la figura 7.

Este tiempo debe ser de suficiente duración como para permitir que el pulso eco retorne desde el máximo alcance radárico. De lo contrario, la recepción de un eco sería oscurecida por el pulso siguiente.



Figura 7



### Frecuencia de Repetición de Pulso

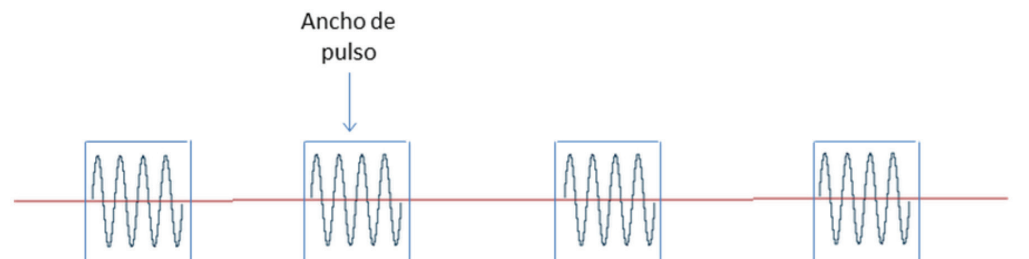
Una expresión usada comúnmente en lugar de tiempo de repetición de pulsos la frecuencia de repetición de pulsos (PRF), expresada en hertzios, y se puede interpretar como la cantidad de pulsos que son emitidos por un radar en un segundo y esta dada por la fórmula  $FRP = 1/TRP$ .

Los radares de los cuales se requiere mayor precisión en la información que proporcionan, tendrán un PRF más alto, ya que habrá una mayor cantidad de pulsos que inciden en el blanco en un periodo de tiempo dado, y por lo tanto la información del blanco será mas precisa.

### Ancho de Pulso

El ancho de pulso es el tiempo en el cual el radar está emitiendo (ver fig 8), y determinará la mínima distancia a la que puede detectarse un blanco. Si el blanco está tan próximo al transmisor que su eco se recibe antes que el transmisor se apague (y se habilite el receptor), el eco no será representado. Como el tiempo de duración del pulso debe ser corto, para facilitar la recepción de blancos cercanos, y a la vez contener potencia suficiente para asegurar un eco de retorno de suficiente magnitud desde el máximo alcance del sistema, se requieren potencias de salida del transmisor extremadamente altas para producir un pulso de adecuada energía. La potencia útil del transmisor está contenida en los pulsos radiados, y se llama potencia pico.

Figura 8



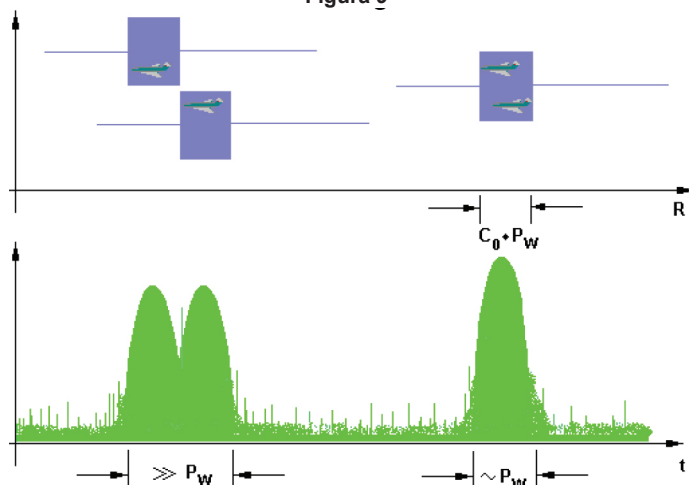
## Resolución

La resolución en distancia es la habilidad de un radar pulsado para distinguir entre dos blancos que se encuentran próximos entre sí. Los radares de control de tiro que requieren gran precisión deberían ser capaces de distinguir entre blancos que se encuentran muy próximos entre sí. La resolución normalmente es dividida en dos: resolución en alcance y resolución en marcación.

### Resolución en Alcance

La Resolución en alcance es la capacidad de un radar de distinguir entre dos o más blancos sobre la misma marcación pero a diferentes alcances. El grado de la resolución en alcance depende del ancho de pulso, el tipo y tamaño de los blancos y la eficiencia del receptor e indicador. Un radar bien diseñado debe ser capaz de distinguir blancos separados una distancia que resulta de multiplicar el ancho de pulso por la velocidad de la luz, dividido entre dos. (Figura 9)

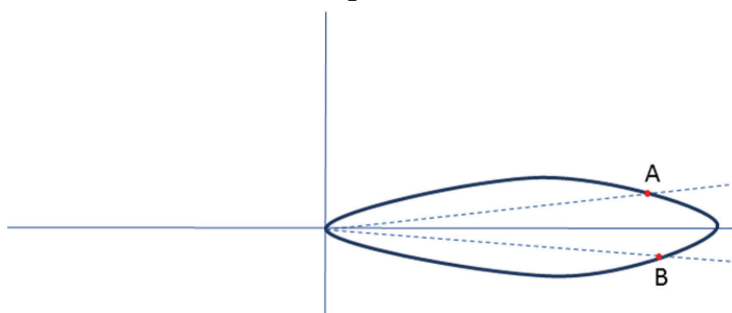
Figura 9



### Resolución en Marcación

La resolución en marcación esta determinada por el ancho del haz, el cual variará en función de las aplicaciones que se requieren de un determinado radar; así, el tipo de haz que se requerirá para un radar de búsqueda será distinto para el que se requiere en un radar de control de tiro, en este caso en un radar de búsqueda o alarma temprana se sacrificará precisión por detección a máximo alcance, y en un radar de control de tiro se sacrificará alcance por precisión. Teniendo en consideración que la densidad de potencia no es uniforme en todo el haz radárico, el ancho de haz se mide como el ángulo entre los puntos en los que la potencia ha caído a la mitad del valor máximo. (Figura 10)

Figura 10



Esta forma de haz o lóbulo está determinado por la antena y es denominado apertura en puntos de media potencia o puntos en -3dB. La teoría de la difracción electromagnética clásica establece una relación entre el tamaño físico de la antena y los puntos de media potencia (ó ancho de haz):

donde:

$L$  es la dimensión de la antena en el plano de la medición del ancho de haz

$\lambda$  es la longitud de onda

$K$  es la constante de proporcionalidad que depende de la distribución de la energía electromagnética a lo largo de la antena.

De esta fórmula se puede inferir que la resolución en marcación, es decir la capacidad para poder discriminar dos blancos cercanos entre sí en marcación, dependerá de la dimensión de la antena en el plano de medición del ancho de haz; así cuanto mayor sea el tamaño, mayor discriminación tendrá. Este principio es utilizado en los radares de apertura sintética que más adelante se describe.

### **Bandas Radáricas**

La energía radárica, se sitúa en el espectro electromagnético normalmente entre 1 y 18 GHz, con algunas excepciones. Por ejemplo los primeros radares construidos durante la Segunda Guerra Mundial, de búsqueda de largo alcance transmitían entre 200 y 980 Ghz.

Actualmente el espectro radárico es dividido en bandas, cada banda abarca un rango de frecuencias en las que un radar trabaja, y generalmente los diferencia unos de otros. El solo hecho de determinar en que frecuencia un radar opera, nos da una idea de la función que realiza.

### **Banda A y B (Banda Radar HF y VHF)**

Estas bandas de radar por debajo de 300 MHz tienen una larga tradición histórica, porque estas frecuencias representan la frontera de la tecnología de radio en el tiempo durante la Segunda Guerra Mundial. Hoy en día estas frecuencias se utilizan para los radares de alerta temprana llamados radares sobre el horizonte (OTH).

Utilizando estas frecuencias más bajas, es más fácil obtener transmisores de

alta potencia. La atenuación de estas ondas electromagnéticas es más bajo que el uso de frecuencias más altas. Por otra parte, la precisión es limitada, ya que una menor frecuencia requiere antenas físicamente muy grandes, las cuales determinan el ángulo de precisión y el ángulo de resolución. Estas bandas de frecuencia son utilizadas por otros sistemas de comunicaciones y por los servicios de radiodifusión también, por lo tanto el ancho de banda de este radar es limitado (a expensas de la precisión y la resolución).

Estas bandas de frecuencia están experimentando actualmente un regreso y se les está dando un significado especial en aplicaciones militares, mientras que las tecnologías de ocultación utilizados actualmente en el "Aviones Stealth" no tienen el efecto deseado en las frecuencias extremadamente bajas.

### **Banda C (Banda Radar UHF)**

Existen algunos conjuntos de radares especializados, desarrollados para esta banda de frecuencia (300 MHz to 1 GHz). Es una buena frecuencia para el funcionamiento de los radares, para la detección y el seguimiento de satélites y misiles balísticos cubriendo largas distancias. Estos radares funcionan para alerta temprana y detección de objetivos como radar de vigilancia para el Sistema de Defensa Aérea Extendida Media (Medium Extended Air Defense System, MEADS). Para algunas aplicaciones como radar meteorológico, ejemplo: perfiladores de viento trabajan con estas frecuencias ya que las ondas electromagnéticas son muy poco afectadas por las nubes y la lluvia.

La nueva tecnología de radares de banda ultra ancha (Ultrawideband, UWB) utiliza todas las frecuencias de las bandas A-a-C. Los radares UWB transmiten pulsos muy bajos en todas las frecuencias simultáneamente. Estos son utilizados para examinar técnicamente materiales y como Radar de Penetración Terrestre (Ground Penetrating Radar, GPR) para exploraciones arqueológicas.

### **Banda D (antigua Banda Radar L)**

Esta banda de frecuencias (1 a 2 GHz) es la preferida para el funcionamiento de los radares de vigilancia aérea de largo alcance por encima de 250 NM ( $\approx 400$  km). Estos radares transmiten pulsos de alta potencia, ancho de banda amplio y una modulación intrapulsada. Debido a la curvatura de la tierra, el rango máximo alcanzable es limitado para los objetivos que vuelan con baja altitud. Estos objetos desaparecen muy rápido tras el horizonte del radar.

En el manejo del tráfico aéreo (ATM), los radares de vigilancia de largo alcance como el radar de vigilancia de ruta aéreas (ARSR) trabaja en esta banda de frecuencia. Acoplado con un radar de vigilancia de mono pulso secundario (MSSR) que utilizan una proporción relativamente grande, y muy lenta rotación de antena. Como una especie de rima nemotécnica se puede recordar que los radares de banda L tienen antena de gran tamaño o largo alcance.

### **Banda E/F (antigua Banda Radar S)**

En la banda de frecuencia de 2 a 4 GHz la atenuación atmosférica es ligeramente superior que en la Banda D. Los equipos de radar en esta banda necesitan una

potencia de transmisión mayor a la usada en los rangos más bajos de frecuencia para lograr un alcance máximo bueno. Como ejemplo dado, el radar de energía media (MPR), con una potencia de impulso de hasta 20 MW. En este rango de frecuencia la influencia de las condiciones meteorológicas es mayor que en la banda D. De cualquier modo, algunos radares meteorológicos trabajan esta Banda E/F, pero sobretodo en condiciones climáticas subtropicales y tropicales, porque es aquí donde el radar puede ver más allá de una fuerte tormenta.

Radares Especiales de Vigilancia en Aeropuertos (ASR) se utilizan en los aeropuertos para detectar y mostrar la posición de la aeronave en el terminal aéreo con un alcance medio de hasta 50...60 NM ( $\approx 100$  km). Un ASR sirve para apoyar a los controladores aéreos pues detecta la posición de las aeronaves y las condiciones meteorológicas en las proximidades de los aeropuertos civiles y militares. Como una especie de rima nemotécnica se puede recordar que los radares de banda S (contrario a la banda L) tienen una antena pequeña o corto alcance.

### **Banda G (antigua Banda Radar C)**

En la banda de frecuencia G hay muchos sistemas móviles de vigilancia usados en el campo de batalla militar, control de misiles y conjuntos de radares de vigilancia con un corto o mediano alcance. El tamaño de las antenas proporciona una excelente precisión y resolución, además que su tamaño no es un inconveniente para un rápido traslado. La influencia de condiciones meteorológicas adversas es muy alta. Por lo tanto los radares de vigilancia aérea son en su mayoría equipados con antenas de polarización circular. Esta banda de frecuencias está predeterminada para la mayoría de los tipos de radares meteorológicos usados para localizar precipitaciones en zonas templadas como Europa.

### **Banda I/J (Banda de Radar X & Ku)**

En esta banda de frecuencia (8 a 12 GHz) la relación entre la longitud de onda utilizada y el tamaño de la antena es considerablemente mejor que en las bandas de menor frecuencia. La Banda I/J- es una banda de radar relativamente popular para aplicaciones militares como radares de control de tiro en unidades de superficie y radares de control de tiro aerotransportados para el ejercicio de las funciones de interceptor, caza y ataque de combatientes enemigos y objetivos en tierra. El tamaño de la antena muy pequeña proporciona un buen rendimiento. Sistemas de guía de misiles en la banda I/J son de un tamaño conveniente y por tanto de interés para las aplicaciones donde la movilidad y el peso ligero son importantes y el alcance lejano no es un requisito importante. Esta banda de frecuencia es ampliamente usada por radares civiles y militares para la navegación marítima. Las antenas más pequeñas y económicas, con alta velocidad de rotación son perfectas para proporcionar una cobertura suficiente y una buena precisión. La guía de ondas ranurada y las pequeñas antenas de remiendo son usadas como antenas de radar protegidas bajo una cúpula protectora.

Esta banda de frecuencia es también popular para los radares de imágenes espaciales o aéreas usando como base el radar de apertura sintética (Synthetic Aperture Radar, SAR), tanto para la inteligencia electrónica militar y/o para ser aplicado en el estudio geográfico de la superficie terrestre (creación de mapas). Un radar de apertura sintética inversa especial es usado como instrumento de vigilancia marítima para el control de la polución, buscando prevenir la contaminación del medio ambiente.

**Banda K (Banda Radar K & Ka)**

Cuanta más alta es la frecuencia, más altas son la absorción y la atenuación atmosféricas de las ondas. Por otra parte, la exactitud y la resolución en distancia se incrementan también. Los usos del radar en esta banda de frecuencia proporcionan muy poco cubrimiento en distancia, resolución muy alta y datos de alta tasa de renovación. La utilización de pulsos de transmisión muy cortos de unos nanosegundos permite una resolución en distancia que deja visualizar inclusive el contorno de los objetos que se están iluminando

Frecuencia	Antigua designación	Nueva designación	Longitud de onda (cm.)
1 GHz	Banda L	Banda D	30.00
2 GHz			15.00
3 GHz	Banda S	Banda E	10.00
4 GHz		Banda F	7.50
5 GHz	Banda C	Banda G	6.00
6 GHz			5.00
7 GHz		Banda H	4.29
8 GHz			3.75
9 GHz	Banda X	Banda I	3.33
10 GHz			3.00
11 GHz		Banda J	2.73
12 GHz			2.50
13 GHz	Banda Ku		2.31
14 GHz			2.14
15 GHz			2.00
16 GHz			1.88
17 GHz	1.76		
18 GHz	1.67		
19 GHz	Banda K	1.58	
20 GHz		1.50	
21 GHz		Banda K	1.43
22 GHz			1.36
23 GHz	1.30		
24 GHz	1.25		
25 GHz	1.20		
26 GHz	1.15		
27 GHz	1.11		
28 GHz	1.07		
29 GHz	1.03		
30 GHz	1.00		
31 GHz	Banda Ka		0.97
32 GHz			0.94
33 GHz		0.91	
34 GHz		0.88	
35 GHz		0.86	
36 GHz		0.83	
37 GHz		0.81	
38 GHz		0.79	
39 GHz		0.77	
40 GHz		0.75	

### **Radares de Alarma Temprana**

Las Fuerzas Navales requieren tener la capacidad de poder detectar con suficiente anticipación las amenazas aéreas, de tal manera que les permita organizar la defensa, ya que los tiempos que se tienen cuando la amenaza aérea entra al alcance de las armas y el ataque efectivo sobre las unidades navales son muy cortos.

La amenaza aérea esta representada por aeronaves que pueden ser unidades aéreas de combate, que alcanzan velocidades supersónicas, aviones de patrullaje marítimo que generalmente tienen velocidades subsónicas bajas, helicópteros con velocidades subsónicas bajas, y misiles antibuque cuya gama de velocidades abarca desde la subsónica baja, hasta la hipersónica (mayor a 5 veces la velocidad del sonido), como es el caso del misil indo-ruso BrahMos II, que se prevé estará en servicio el año 2014.

La lógica nos dice que a mayor velocidad de la amenaza aérea, las plataformas de superficie requerirán de una detección más lejana, para poder tener el tiempo de reacción necesario para hacer frente a la amenaza, para ello se requiere de alarma temprana, la cual es proporcionada por un radar con unas características especiales, que son:

- Alta potencia para compensar la atenuación de las ondas viajeras a medida que se propagan en el medio ambiente y así poder tener mayores niveles de energía necesarios para poder captar los ecos de retorno.
- Baja Frecuencia de Repetición de Pulso, para que el receptor tenga el tiempo suficiente de poder procesar un eco que viaja a mayor distancia y por lo tanto habrá mayor demora en el retorno del eco reflejado.
- Baja frecuencia, ya que cuanto mayor sea la frecuencia de un sistema de radar, tanto más se verá afectada por condiciones meteorológicas como la lluvia o las nubes. Utilizando frecuencias más bajas, es más fácil obtener transmisores de alta potencia, asimismo la atenuación de estas ondas electromagnéticas es más baja que de frecuencias altas.
- Mayor ancho de pulso, ya que permitirá que el pulso tenga mayor energía.

Por otra parte, estas características de los radares de alarma temprana determinan que la precisión en cuanto a la información del blanco tenga limitaciones, fundamentalmente por dos razones, la primera es que operar un radar de menores frecuencias requerirá antenas físicamente muy grandes, ya que el tamaño de esta última depende de la longitud de onda, y como sabemos que existe una relación inversamente proporcional entre frecuencia y longitud de onda, a menor frecuencia mayores serán las dimensiones de las antenas, por lo tanto la precisión angular (marcación) del dato del blanco será menor ya que una antena de mayor dimensión generará un ancho de haz también de mayor dimensión, asimismo un ancho de pulso mayor disminuirá la precisión en el dato de alcance del blanco, es decir la resolución en distancia será menor.



### Radars de Búsqueda

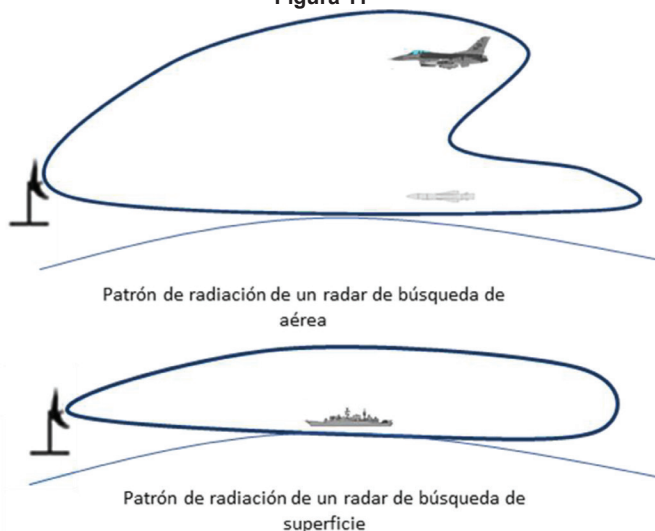
Los radares de búsqueda son sensores que generalmente son utilizados para obtener información para transferirla a los sistemas de armas y así poder procesar las órdenes a las armas. Por lo general tienen frecuencias más altas que los radares de alarma temprana, frecuencias de repetición de pulso más altas, menor potencia, menor alcance y mayor precisión de los datos del blanco. Su frecuencia de trabajo oscila entre las bandas G, H, I y parte de la J (antiguas C y X).

Generalmente los radares de búsqueda pueden obtener detecciones tanto de unidades de superficie como de aeronaves o misiles, pero técnicamente los orientan hacia uno de los dos campos de detección, por lo que podríamos clasificarlos en radares de búsqueda de superficie y radares de búsqueda aérea.

La diferencia principal entre ellos será su patrón de radiación (ver figura 11), que no es otra cosa que la forma del lóbulo de radar, el cual es obtenido mediante la forma de la antena del radar, así un radar de búsqueda de superficie tendrá un lóbulo más próximo a la superficie marina, mientras que un radar de búsqueda aérea tendrá un lóbulo próximo a la superficie del mar (para detectar aeronaves a baja cota y misiles antibuque) y a la misma vez que cubra la mayor parte posible del espacio aéreo. Esta técnica se obtiene deformando la parte inferior de una antena parabólica y es conocida como patrón de radiación tipo cosecante cuadrado.

En algunos casos la información obtenida por los radares de búsqueda es suficiente para hacer uso de las armas, a través de técnicas TWS, (track while scan) la cual, posibilita el traqueo de contactos y al mismo tiempo continúa la búsqueda, generalmente la información utilizada para las armas que proporcionan los radares de búsqueda se emplean para batir blancos de superficie, puesto al ser su velocidad de desplazamiento menor que un blanco aéreo y tener mucho mayor dimensión, no se requiere la precisión de la información que proporciona por ejemplo un radar de control de tiro.

Figura 11



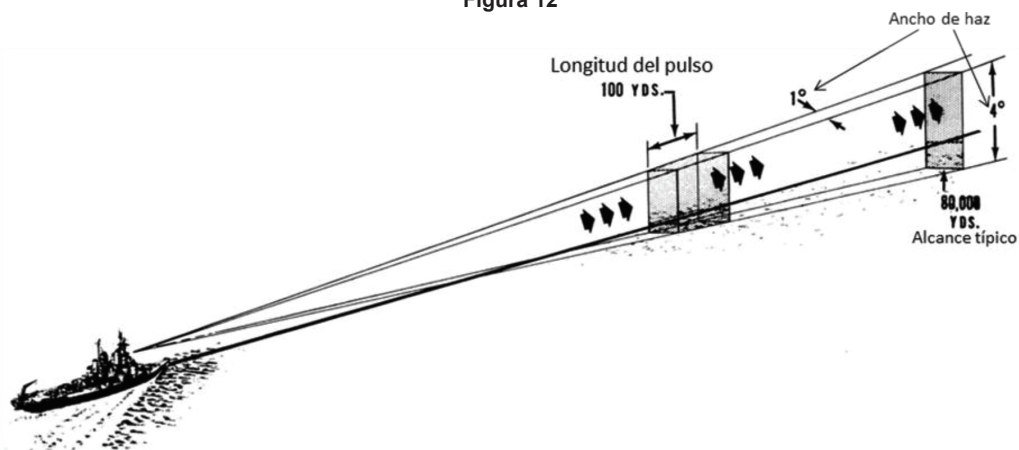
### Radars de Control de Tiro

Un radar de control de tiro está diseñado específicamente para proveer información (principalmente azimut, elevación alcance y velocidad del blanco) a un sistema de control de tiro a fin de calcular la solución de tiro, que no es otra cosa de cómo dirigir las armas para poder impactar en el blanco. Estos radares típicamente emiten un estrecho haz electromagnético para asegurar la precisión de la información y minimizar una posible pérdida del blanco. Como se mencionó anteriormente algunos radares de búsqueda hacen funciones de radares de control de tiro a través de técnicas TWS.

Las típicas características de un radar de control de tiro son elevada frecuencia (bandas I y J), alta frecuencia de repetición de pulsos, ancho de pulso corto, haz estrecho (entre 1 y 2 grados en azimut y 3 y 4 en elevación) y alcance limitado (generalmente entre 20 y 100 Km).

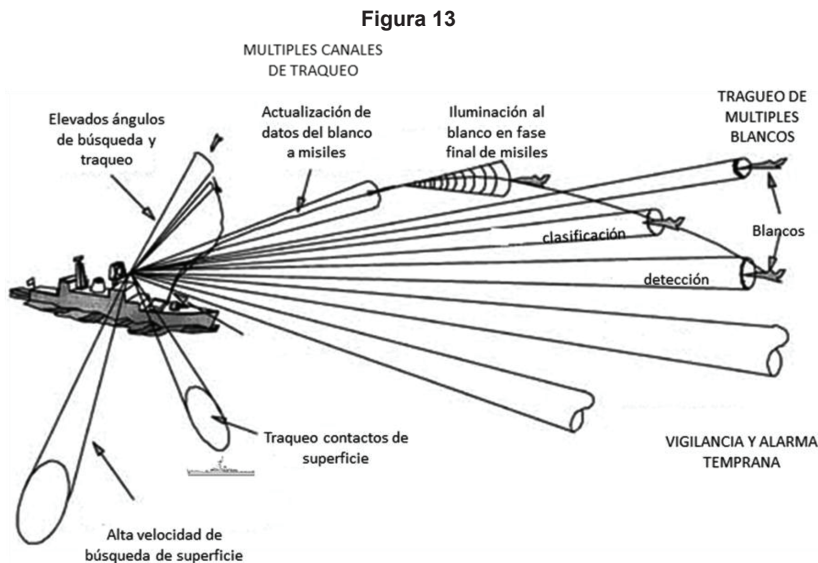
Las razones que sustentan esas características como se ha mencionado es la precisión de la información del blanco que se quiere obtener, así una alta frecuencia permitirá un lóbulo radárico que si bien tendrá una mayor atenuación, será también mucho más directivo, similar a un lápiz, una alta frecuencia de repetición de pulsos permitirá que sobre el blanco incidan un mayor número de pulsos en un espacio de tiempo determinado, permitiendo tener más actualizada su información, el pulso corto, permitirá obtener mayor resolución en distancia, esta característica viene dada porque un pulso abarca un espacio recorrido en el medio ambiente (ver figura 12), ese espacio se puede determinar multiplicando el ancho de pulso por la velocidad de las ondas electromagnéticas, así por ejemplo un ancho de pulso de 0,5 microsegundos viajará en el espacio abarcando una distancia longitudinal de 150 mts. por lo tanto su resolución en distancia será de 75 mts., es decir el radar va a poder distinguir dos blancos entre sí siempre y cuando estén separados más de 75 mts. La resolución en azimut y elevación viene dada por el ancho del lóbulo, que es obtenido gracias a las dimensiones de las antenas (a frecuencias altas antenas pequeñas).

Figura 12



### Radares Multifunción

Si bien los radares pulsados, de antenas giratorias, cumplían más de una función (búsqueda y control de tiro) gracias a técnicas como TWS, la aparición de radares de arreglos de fase cuyas técnicas serán estudiadas más adelante, permitió diseñar radares realmente que cubrían todas las funciones de los anteriormente mencionados. Estos radares gracias a la generación de múltiples lóbulos, pueden realizar funciones de vigilancia y alarma temprana, búsqueda, control de tiro y guiado de misiles. El primer radar verdaderamente multifunción fue el norteamericano SPY-1, cuyos posteriores desarrollos dotan a la mayor parte de sus unidades de superficie, le siguieron los desarrollos europeos (EMPAR y APAR) y actualmente el desarrollo de casi todos los radares navalizados están orientados a la multifunción. (Figura 13)



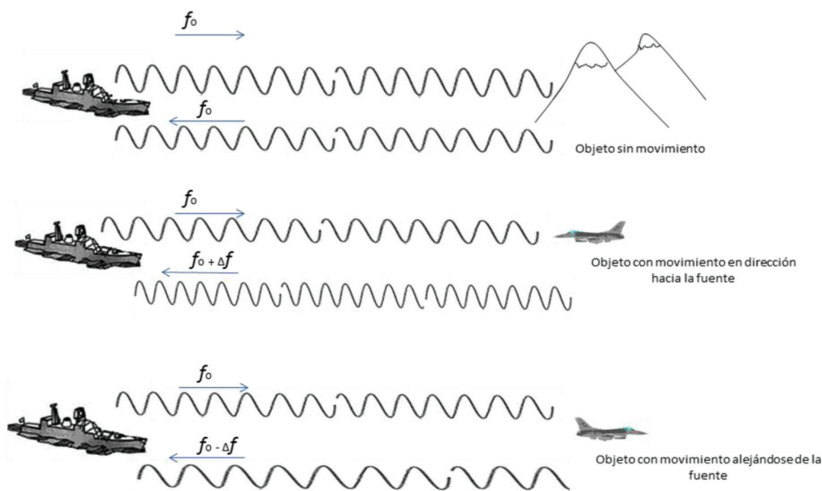
### Radares de Onda Continua

En lugar de transmitir pulsos de energía electromagnética cuidadosamente temporizados, un transmisor radar puede funcionar encendido permanentemente, para transmitir una onda continua de energía electromagnética. Un radar de onda continua no puede usar para medir la distancia el intervalo entre el instante en que se transmite la energía y el instante en que se recibe. Sin embargo, puede distinguir entre blancos móviles y estacionarios usando el principio del desplazamiento doppler de frecuencia.

Cuando el transmisor radar y el blanco son mutuamente estacionarios, la longitud de onda, frecuencia y velocidad de las energías transmitidas y reflejadas están relacionadas por la ecuación  $\lambda = c / f$ . En cambio, si hay un movimiento relativo entre la fuente y el blanco, existirá un desplazamiento entre las frecuencias de las energías transmitida y recibida. Este desplazamiento es función de la velocidad relativa. Es decir si un radar de onda continua ilumina un objeto que

no tiene movimiento, la señal reflejada tendrá la misma frecuencia que la señal transmitida, en cambio si el objeto tiene movimiento, la señal reflejada tendrá un corrimiento de frecuencia, si el objeto viaja en dirección a la fuente del radar, entonces la frecuencia reflejada aumentará, si el objeto se está alejando de la fuente del radar, entonces la frecuencia reflejada disminuirá (ver figura 14)

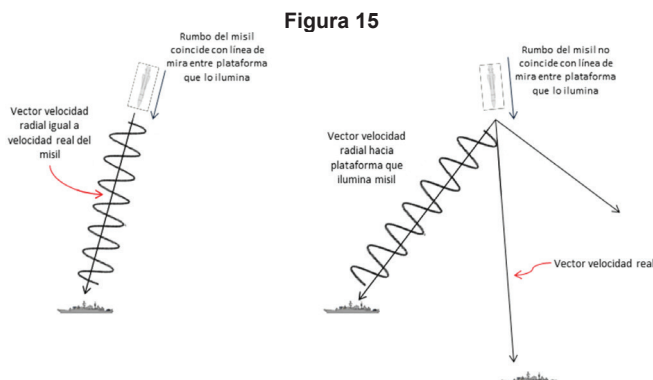
Figura 14



Estos principios son usados para poder determinar la velocidad radial del blanco, es decir la componente de su velocidad que se encuentra en dirección a la fuente. Por ejemplo si un misil antibuque se dirige a una unidad de superficie, y ésta lo ilumina con suficiente anticipación con un radar de onda continua, entonces su velocidad radial será la misma que su velocidad real, en cambio si este se dirige a una unidad que está en la formación y no hacia aquella que lo está iluminando, entonces su velocidad radial será distinta que su velocidad real (ver figura 15).

Los radares de onda continua, al estar permanentemente emitiendo necesitan de dos antenas, una para transmitir, y otra para recibir la señal reflejada. Son usados principalmente para el guiado de misiles semiactivos, de tal manera que al iluminar el blanco el eco reflejado no sólo es captado por la antena receptora abordo, sino también por una antena instalada en el misil, permitiendo su guía y actualización de su trayectoria.

Si bien es cierto los radares de onda continua están principalmente diseñados para cálculos precisos de velocidad, también pueden determinar distancias mediante la modulación de la frecuencia de la señal. Un ejemplo de este tipo de ingenios son los radioaltímetros de los misiles sea skimmer, los cuales tienen que permanentemente estar actualizando el cálculo de altura de las olas, para ello utilizan una señal de onda continua modulada en frecuencia que le permita a su calculador de guía y navegación, tener en forma instantánea el cálculo de la altura de vuelo.



En un radar de onda continua, el cálculo de la velocidad del blanco se obtiene a través de la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\Delta f = \frac{2s}{\lambda}$$

Donde:

$\Delta f$  = desplazamiento doppler (Hz).

S = velocidad relativa de acercamiento.

$\lambda$  = longitud de onda de la energía transmitida (mts)

Ejemplo: Una unidad de superficie detecta con su radar de onda continua un misil en trayectoria directa hacia la unidad. ¿Cuál será su velocidad, si la señal reflejada del radar que transmite a 10 GHz, ha tenido un corrimiento de frecuencia de 15 KHz?

Solución: Como la dirección del misil es hacia el blanco y coincide con la línea de mira entre este y el misil, entonces no es necesario hacer el cálculo de la velocidad radial del blanco hacia la unidad de superficie, de lo contrario la velocidad que se obtendría sería la radial y se tendría a su vez que calcular la velocidad real del blanco dividiendo la velocidad radial obtenida entre el coseno del ángulo que forma la dirección del blanco con la línea de mira de la unidad de superficie. Asimismo como la diferencia de velocidades entre una unidad de superficie y un misil es muy grande, la componente de velocidad de la unidad de superficie en dirección a la línea de mira se desprecia. Si fueran dos unidades aéreas de combate sí se tendría que hacer el cálculo de la componente de velocidad de cada aeronave en la línea de mira y sumarlas para obtener el corrimiento de frecuencia. Como este ejercicio es sencillo, únicamente utilizaremos la fórmula.

$$\lambda = c / f$$

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8 \text{ mts/seg}}{10 \times 10^{-9} \text{ seg}^{-1}} = 0.03 \text{ mts.}$$

$$\Delta f = \frac{2s}{\lambda}$$

de esta ecuación despejamos s

$$s = \frac{\Delta f \times \lambda}{2}$$

reemplazando:

$$S = \frac{15 \times 10^3 \text{ seg}^{-1} \times 3 \times 10^{-2} \text{ mts}}{2} = 225 \text{ mts/seg} \approx 810 \text{ Km / h}$$

### Radars de Arreglo de Fase

El potencial de un radar siempre va a estar asociado a la capacidad para obtener información de los blancos, en ese sentido, en los radares cuya antena requiere de un movimiento mecánico para efectuar el barrido de la zona de vigilancia con su lóbulo, van a tener siempre una limitación en cuanto a la necesidad de enfrentar blancos numerosos y maniobrables de alta velocidad. En los radares de exploración mecánica, la inercia y poca flexibilidad de la antena impiden el empleo en forma simultánea de múltiples lóbulos, que puedan reducir los tiempos de reacción ante amenazas simultáneas. Mediante la exploración electrónica, que no es otra cosa que dirigir varios lóbulos independientes entre sí sin la necesidad del movimiento mecánico de una antena, los haces del radar se posicionan casi instantáneamente. Los beneficios básicos de la exploración electrónica incluyen:

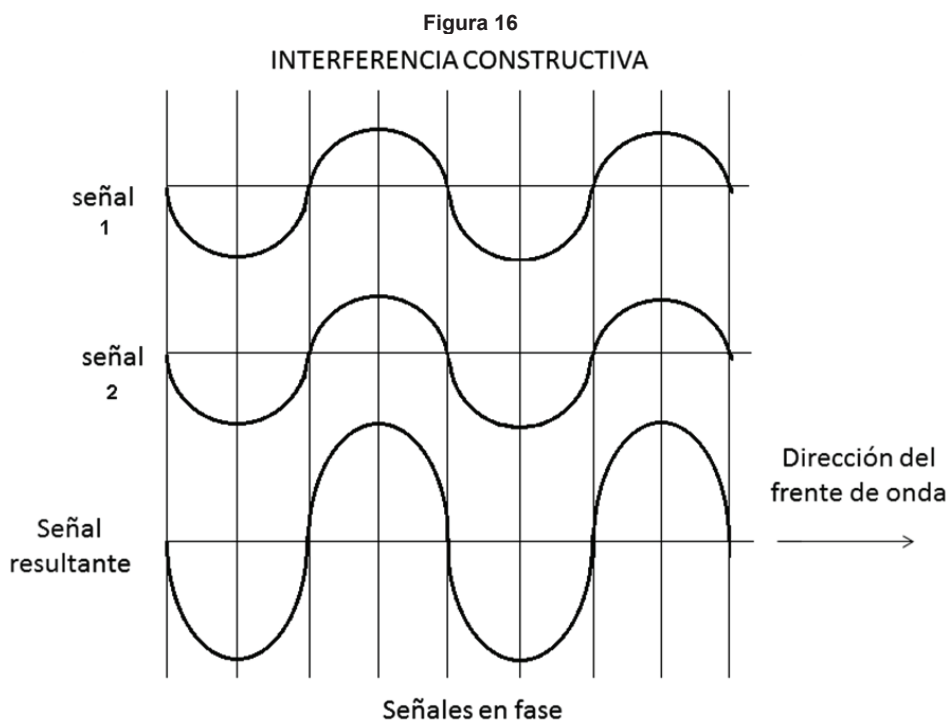
- Aumento de la velocidad de datos (reducción del tiempo de reacción del sistema)
- Posicionamiento virtualmente instantáneo del haz de radar en cualquier parte de un sector predeterminado (la posición del haz puede cambiarse en cuestión de microsegundos)
- Eliminación de las fallas y errores mecánicos asociados a las antenas de exploración mecánica.
- Facilitación de operaciones multifunción, gracias al seguimiento de múltiples blancos con múltiples haces, transmisión de órdenes de guiado y control de

misiles, vigilancia, exploración y alarma temprana con un solo radar virtualmente al mismo tiempo.

A diferencia de un radar convencional, un radar de arreglo de fase tiene múltiples elementos radiantes cuyas antenas forman a simple vista una sola antena plana sin movimiento mecánico (colocada en la superestructura de una unidad de superficie), generalmente se colocan cuatro de estos conjuntos de antena, a fin de cubrir los 360°. Un conjunto de elementos radiantes, que por antena según el caso llegan a ser más de mil genera a instancias de un software que los controla un haz para una función específica. Este haz puede "barrer" el espacio sin la necesidad de un movimiento mecánico, puesto que aplican el principio de la "interferencia electrónica constructiva". Estos principios pueden enunciarse de la siguiente manera:

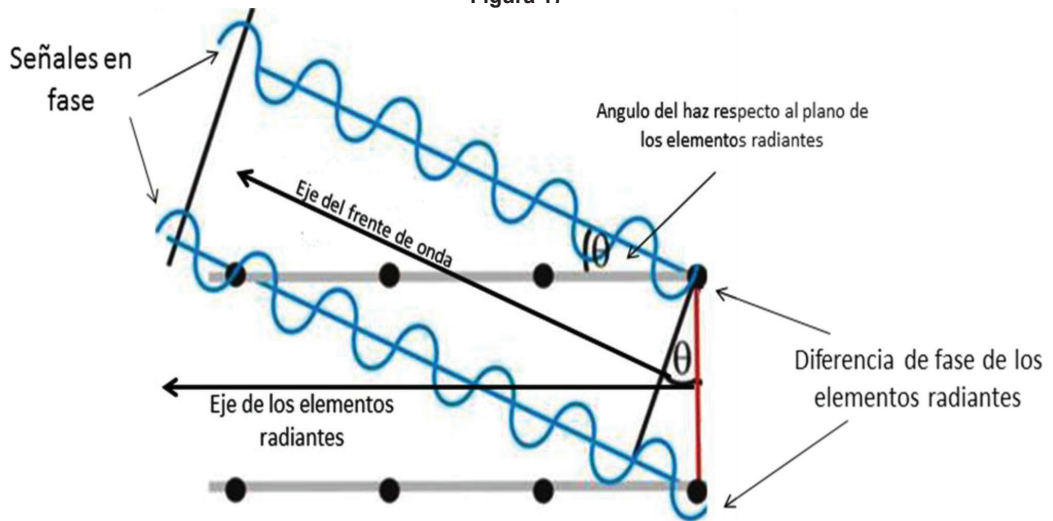
La energía electromagnética recibida en un punto en el espacio desde dos o más elementos radiantes cercanos entre sí es máxima cuando la energía de cada elemento radiante llega al punto en "fase". Cuando nos referimos "fase" no es otra cosa que los valores adoptados por el campo eléctrico y magnético en un momento dado, y que los representamos como una señal periódica de característica sinusoidal.

Para ilustrar este principio, considérese la (figura 16). Los dos elementos están irradiando en fase y el frente de onda resultante es perpendicular al eje del arreglo de los elementos. En el diseño real de antenas de radares de arreglo de fase, pueden usarse varios cientos de elementos para obtener un lóbulo altamente directivo con un ancho de haz menor de dos grados.



Para posicionar el haz desviado respecto del eje de los elementos radiantes, es necesario que los elementos de la antena irradian fuera de fase entre sí (ver figura 17), de tal manera que lleguen a un punto en el espacio con la misma fase. A fin de lograr la interferencia constructiva en un punto determinado en el espacio, la energía que llega desde todas las fuentes irradianes debe estar en fase y arribar al mismo tiempo.

Figura 17



De esta manera un radar puede tener múltiples haces, los cuales se pueden destinar a otras múltiples funciones. Supongamos un escenario donde una unidad de superficie, está haciendo frente a un ataque múltiple, donde simultáneamente su radar de arreglo de fase esta proporcionando información de los blancos aéreos clasificados como enemigos; tendrá por lo tanto un haz destinado a cada blanco aéreo que pueden llegar a ser decenas de unidades aéreas de combate y misiles antibuque, al mismo tiempo está efectuando el guiado de misiles para destruir las amenazas, al mismo tiempo está efectuando vigilancia electrónica buscando nuevas amenazas y al mismo tiempo está proporcionando información sobre los resultados del fuego artillero (espoteo) sobre un blanco de superficie.

Estos radares cuya que revolucionó las capacidades de las plataformas que lo portan, son generalmente extremadamente caros, sin embargo existen escenarios que no ameritan el contar con semejantes capacidades, para ello se puede optar por radares combinados; es decir radares que tienen barrido electrónico en elevación y barrido mecánico en azimut y que cuentan lógicamente con una sola antena.



### Radars de Apertura Sintética

Como se mencionó anteriormente la resolución del radar tanto en marcación como en distancia es una función del alcance, del ancho de pulso y del ancho de haz. A un determinado alcance dado, la capacidad de discriminar objetos es calculado por la fórmula :

$$R_c = R\theta$$

Donde  $\theta$  es el ancho de haz expresado en radianes y R el alcance. Esto es meramente la longitud del arco que subtende un ángulo  $\theta$  a un alcance R.

Por ejemplo un lóbulo radárico con un ancho de haz de  $1^\circ$  a un alcance de 10,000 mts tendrá una resolución transversal y en alcance de 174 mts. Esta es una muy pobre resolución para identificar contactos, por tanto se necesita un muy estrecho ancho de haz, el cual es determinado por la fórmula:

$$\Phi_{-3dB} = \frac{K\lambda}{L}$$

Para mejorar la resolución entonces la longitud de onda puede ser reducida; sin embargo, esto implicaría una señal de mayor frecuencia cuya característica está también en tener una mayor atenuación atmosférica que limita el alcance. Entonces la solución para lograr un ancho de haz muy estrecho debe ser incrementando el tamaño de la antena.

Por ejemplo si un radar cuya frecuencia de operación es de 3GHz ( $\lambda=0.1$ mts) requiere tener 1 mt. de resolución, el largo de la antena requerida considerando una constante de proporcionalidad  $K = 1.02$  será de 10 Kms de longitud.

Claramente esto no es posible dotar a una plataforma con una antena de 10 Kms de largo, por lo que los sistemas de apertura sintética (SAR) son la solución a este problema, debido al uso de modos de transmisión y recepción para generar una imaginaria antena larga (apertura sintética). Para poder lograrlo, el sistema almacena una serie de ecos radáricos reflejados mientras la antena se está moviendo, para luego reconstruir la señal como si todos esos ecos hayan retornado simultáneamente.

Lo que el sistema hace es medir asimismo el cambio en la frecuencia doppler de cada pulso en varios segmentos del blanco o área iluminada. Como el transmisor del radar está en movimiento el blanco o área será iluminada desde varios puntos. Si el radar que transmite y recibe se mueve una distancia S durante el periodo de almacenamiento de varios ecos radáricos, entonces la apertura efectiva una vez reconstruidos simultáneamente los pulsos será S. (ver figuras 18-19)

Figura 18

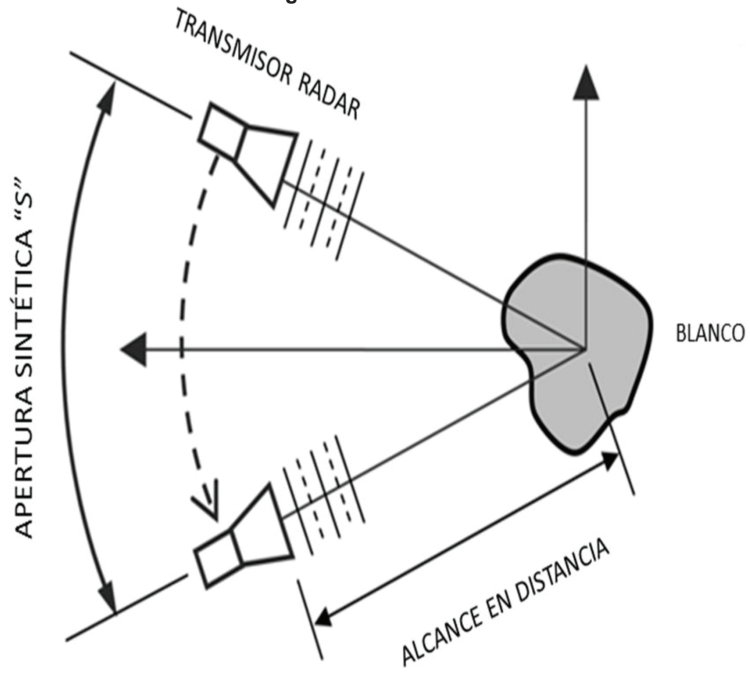
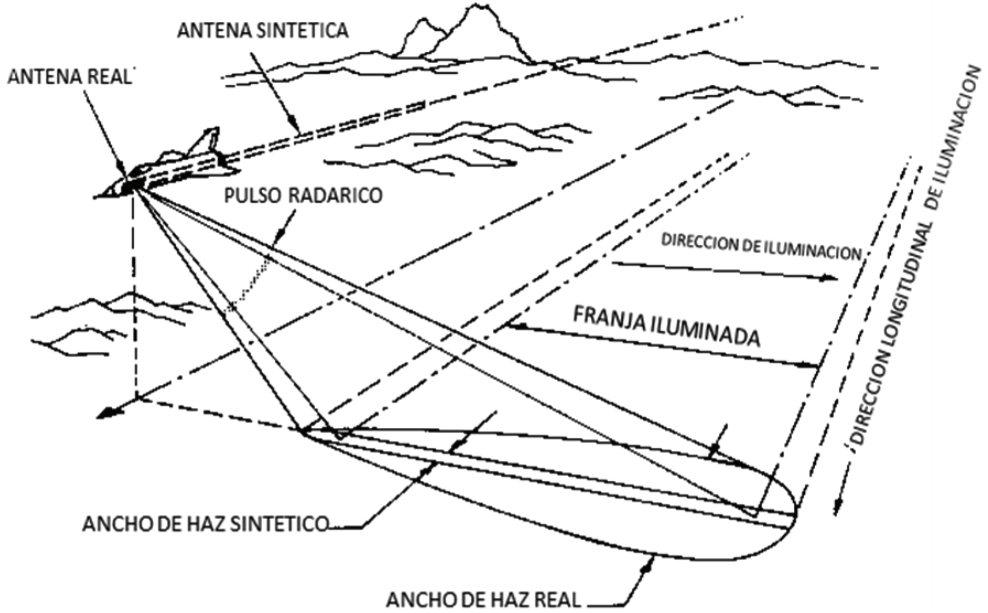


Figura 19



Esta larga apertura sintética crea un muy estrecho ancho de haz, de esta manera si sustituimos la apertura sintética  $S$  por la apertura física de la antena  $L$  entonces podemos predecir la resolución transversal y en distancia del radar:

$$R_c = \frac{KR\lambda}{S}$$

Donde:

$R$  es la distancia al blanco.

$S$  es la distancia viajada por el transmisor / receptor del radar durante la colección de la información.

$\lambda$  es la longitud de onda del radar.

$K$  es la constante de proporcionalidad del radar

Por obvias razones las aplicaciones de los radares SAR están dadas en aeronaves y satélites, debido a su velocidad respecto al movimiento de un blanco es imposible utilizar uno de estos ingenios en unidades de superficie o en instalaciones terrestres. Estos radares tienen tan buena resolución que la información que proporciona se obtiene a través de imágenes en las que se reproduce el blanco o área iluminada.

#### 4.2.2 Sensores Ópticos

El ojo humano es un detector óptico, ya que puede detectar los reflejos en cualquier superficie de los rayos solares en las longitudes de onda desde  $0.4\mu\text{mts}$  hasta  $0.76\mu\text{mts}$ . Un factor importante para la detección de blancos contra un fondo es el contraste de dicho blanco y el fondo. Un criterio usado para la detección en los sistemas ópticos es la diferencia de iluminación o brillo entre el blanco y el fondo. Se emplea para ello la TV de bajo nivel de luz a fin de mejorar la capacidad de detección del ojo en la región visible.

El centro de la visión es relativamente ciega a bajos niveles de luz, y una fuente tenue puede únicamente verse desviando la vista ligeramente de ella, se dice que la adaptación a la oscuridad requiere hasta 30 minutos, no es afectada por las luces rojas profundas y es rápidamente destruida por las luces blanca y azul. Los observadores pueden ver puntos separados por 1 a 3 minutos de arco, que es lo que se denomina capacidad de resolución o agudeza visual del ojo humano. La utilización de binoculares y telescopios como ayuda para la visión es una técnica muy ordinaria, para efectos militares, las unidades navales utilizan sistemas de detección ópticos que están en función de las características del ojo humano anteriormente descritas. Así por ejemplo la utilización de sistemas de lentes que magnifican la imagen asociadas a una cámara de TV y por tanto la agudeza visual, permite a los sensores ópticos aumentar considerablemente las capacidades del ojo humano.

Asimismo si el blanco es una fuente de luminosidad que puede ser por ejemplo el motor de una aeronave de combate, se aumentará considerablemente la

detectabilidad, más aun si se cuenta con un sistema que permite discriminar la baja luminosidad del fondo frente a una luminosidad mayor del blanco.

Generalmente estos sistemas de detección óptica están asociados a otros sistemas de detección u otros sensores como pueden ser los sensores radáricos e infrarrojos, que asociados a un sistema de cómputo integran un Sistema de Control de Tiro.

Además del ojo humano otra categoría de dispositivos sensibles a la luz visible son los fotodetectores. Estos usan la energía de los fotones de la luz incidente en los objetos para variar una propiedad eléctrica del sensor que pueden ser fotovoltaicos, fotoconductivos y fotoemisivos.

Los sensores fotoconductivos utiliza un elemento cuya resistencia varía cuando está expuesto a la energía radiante, los sensores fotovoltaicos emplea dispositivos de baja resistencia que producen pequeñas tensiones cuando se exponen a la luz y los sensores fotoemisivos producen una carga eléctrica cuando son expuestas a las ondas luminosas.

### 4.2.3 Sensores Infrarrojos

La radiación infrarroja, radiación térmica o radiación IR es un tipo de radiación electromagnética de mayor longitud de onda que la luz visible, pero menor que la de las microondas. Consecuentemente, tiene menor frecuencia que la luz visible y mayor que las microondas. Su rango de longitudes de onda va desde unos 0,7 hasta los 300  $\mu\text{m}$ . La radiación infrarroja es emitida por cualquier cuerpo cuya temperatura sea mayor que  $0^\circ$  Kelvin, es decir,  $-273,15$  grados Celsius (cero absoluto).

El nombre de infrarrojo significa por debajo del rojo pues su comienzo se encuentra adyacente al color rojo del espectro visible.

Los infrarrojos se pueden categorizar en:

infrarrojo cercano (0,78-1,1  $\mu\text{m}$ )

infrarrojo medio (1,1-15  $\mu\text{m}$ )

infrarrojo lejano (15-100  $\mu\text{m}$ )

La materia, por su caracterización energética emite radiación. En general, la longitud de onda donde un cuerpo emite el máximo de radiación es inversamente proporcional a la temperatura de éste (Ley de Wien). De esta forma la mayoría de los objetos a temperaturas cotidianas tienen su máximo de emisión en el infrarrojo. Los seres vivos, en especial los mamíferos, emiten una gran proporción de radiación en la parte del espectro infrarrojo, debido a su calor corporal, en ese sentido los ingenios fabricados por el hombre que utilizan sistemas de propulsión generan mucha mayor emisión infrarroja debido a la combustión que se origina en su interior, así, misiles, aeronaves, unidades de superficie, etc. emiten radiación infrarroja, la misma que puede ser utilizada por sensores especiales que posibilita su detección.

Hay en general dos clases de detectores infrarrojos, aquellos que dependen del efecto de calentamiento de la radiación infrarroja, y los que dependen de

la naturaleza cuántica de los fotones. El primer grupo se denomina detectores térmicos, el segundo grupo de sensores se llama detectores semiconductores. Si bien la cantidad de energía térmica radiada por una fuente es importante, la magnitud realmente significativa para la detección está relacionada con la diferencia de temperatura entre la fuente (blanco) y el detector térmico. La fuente contribuirá potencia al detector en función de su temperatura. El detector radiará potencia de acuerdo a la temperatura. La diferencia entre la fuente y el detector es tan importante como la diferencia entre la fuente y el fondo. En otras palabras, la detección térmica como todos los demás procesos de detección es un proceso diferencial.

Los sensores infrarrojos de imagen como el FLIR (siglas de forward looking infrared), utilizan un arreglo de detectores fotosensibles infrarrojos que barren a través de una escena para proveer una imagen térmica de la misma, de tipo TV. La significación táctica primordial de los sistemas de imagen IR es que no requieren iluminación de la escena. Lamentablemente los FLIR no son "para todo tiempo", las nubes, la lluvia u otra humedad absorben y esparcen la energía infrarroja, reduciendo así el alcance del FLIR comparado al de un sensor de microondas como el radar. Pero en contraste con el ojo humano u otros sensores visuales, el FLIR puede penetrar más fácilmente la niebla ligera, y especialmente la neblina. En estas condiciones, el alcance infrarrojo puede ser de tres a seis veces el visual.

Los factores de performance de mayor interés de un sensor FLIR son su resolución térmica y su resolución angular. La resolución térmica es la diferencia de temperatura entre dos partes adyacentes de una escena que puede distinguirse. La resolución angular es la separación angular entre dos puntos de la escena (que son resolubles en temperatura) para la que los dos puntos pueden apenas distinguirse. La relación entre la resolución térmica y la resolución angular es inversa, es decir que cuanto menor o mejor sea la resolución, mayor o más pobre será la resolución térmica.

Existe un compromiso entre las resoluciones térmica y angular que está influido por el tamaño del detector. Pueden obtenerse fácilmente resoluciones angulares de menos de un mili radián en los sistemas FLIR, mientras que pueden obtenerse resoluciones térmicas de centésimas de grado centígrado. Desafortunadamente, estas altas resoluciones térmicas y angulares no pueden obtenerse con un solo sistema.

Como los sistemas FLIR responden a los contrastes térmicos, trabajan mejor de noche, cuando los cuerpos tibios se erigen más claramente contra el fondo de temperatura ambiente más fría. Es también interesante notar que pueden detectar un periscopio de submarino en total oscuridad por el gradiente de temperatura de la estela del periscopio.

### 4.3 Medidas de Apoyo a la Guerra Electrónica (MAGE)

El receptor de guerra electrónica es el equipo primario de medidas de apoyo electrónico, que funciona como sensor de las emisiones electrónicas amigas, neutrales y enemigas. Provee la advertencia de un ataque potencial, conocimiento de las capacidades del enemigo y una indicación del uso de las contramedidas activas por el adversario para manipular el espectro electromagnético. El diseño del receptor de guerra electrónica representa un desafío especial, puesto que no hay un único sistema de antenas o circuito específico de recepción que pueda cubrir el rango completo del espectro electromagnético. Pueden diseñarse conjuntos de componentes que funcionen con rendimiento máximo en una gama de hasta unos pocos miles de MHz, pero los requerimientos actuales exigen performances desde unos pocos KHz hasta 50 GHz con un amplio margen de intensidades de señal y otros parámetros tales como el ancho de pulso, la frecuencia de repetición de pulso (PRF), la velocidad de rotación de antena, las características de las bandas laterales y la modulación. La solución ha sido conectar muchos circuitos sensibles a diferentes frecuencias, llamados sintonizadores, y sus preamplificadores asociados a una cadena común de amplificadores principales y unidades de presentación o almacenamiento de datos. Los criterios primarios de diseño de los receptores MAGE son los siguientes:

Requerimientos de diseño de los receptores de MAGE

El problema básico de la guerra electrónica es obviamente obtener los datos crudos, que a su vez se analizan para determinar la amenaza enemiga. Para obtener esos datos, la estación colectora tiene que estar dotada de equipamiento receptor específico. El receptor de guerra electrónica difiere del receptor ordinario tanto en su diseño esencial como en los equipos auxiliares asociados con él. Los requerimientos esenciales son:

Vigilancia de amplio espectro (capacidad de gran ancho de banda). La frecuencia del radar enemigo no se conoce de antemano. Esto significa, para la actual tecnología, que el espectro de frecuencias debe explorarse desde 30 kHz hasta 50GHz. Esta gama es demasiado grande para ser absorbida por un solo receptor, de manera que deberían usarse varios receptores de MAGE con diferentes rangos de sintonía, o bien un receptor que utilice distintas gamas de sintonía para cubrir diferentes partes del rango de frecuencias.

Amplio rango dinámico. El receptor deber ser capaz de recibir tanto señales muy débiles como señales muy fuertes sin alterar sus características, puesto que el receptor no siempre opera a grandes distancias de un radar sino que a veces puede estar muy cerca. Sería indeseable que la señal resultante inhabilitara la capacidad de análisis.

Rechazo de señales no deseadas (banda pasante angosta). Existirán muchas otras señales, con frecuencias cercanas a la de la señal de interés. El receptor debe poder discriminar bien entre la frecuencia a la que está sintonizando y las señales de otras frecuencias.

Capacidad de medición del ángulo de llegada. Permite la localización del transmisor tomando azimuts en diferentes instantes (posiciones diferentes de la aeronave/buque). Mediante la graficación de estos diferentes azimuts en una carta, podrá

ubicarse el transmisor por triangulación. Puede también programarse un computador digital a bordo o basado en tierra para cumplir la misma función. En operaciones con buque o submarino único, puede determinarse una ubicación que incluya la distancia estimada graficando cortes de azimuts sucesivos en un graficador y empleando los métodos de cálculo de distancia (Análisis de movimiento del blanco).

Capacidad de análisis de señales. Provee un medio para determinar la modulación de la señal, las bandas laterales, el ancho de pulso y el PRF. A partir de esta información, la señal puede identificarse y asociarse con una amenaza o plataforma específica. Esta función la cumple con la mayor eficacia un computador digital, pero puede realizarse mediante un análisis manual y la consulta de publicaciones.

Presentación. La manera en que se usa el receptor determina el tipo de presentación, que varía entre la luz de alerta tipo y el dispositivo de tono de audio de los sistemas de detección de los aviones de combate de la era de Vietnam, hasta las pantallas y presentaciones alfanuméricas en tubos de rayos catódicos con complejos análisis de señales o en pantallas digitales.

Sistema de registro. Hay un valioso contenido de inteligencia en las emisiones electrónicas de todo tipo, por tal razón, los buques de superficie, aeronaves y submarinos están equipados con dispositivos para registrar las emisiones para su análisis posterior en los centros principales de inteligencia.

La idea operacional básica es efectuar la colección de señales según un proceso de tres etapas: alerta, clasificación y análisis. El alerta de señal, que advierte al operador la presencia de una señal, puede proveerse mediante una modulación de audio en sus audífonos, una luz parpadeante, o la aparición de una línea en un tubo de rayos catódicos (TRC) o pantalla digital. Muchas veces la clasificación de señales sigue inmediatamente a la alerta, y utiliza sus imprecisos datos de frecuencia y modulación para clasificar las señales de interés inmediato. La frecuencia y modulación de señal se correlaciona habitualmente con el grado de amenaza que presenta cada señal.

La cantidad de datos que se presentan al operador de guerra electrónica depende de los requerimientos específicos de la misión y del número de equipos disponibles. El operador de aeronave tiene normalmente menos tiempo y equipos disponibles que el de una estación terrestre y es en cambio más vulnerable por las amenazas esperadas, de modo que está provisto de más equipos para realizar la función de alerta y clasificación. El análisis de señales incluye la determinación de las características y capacidades específicas del transmisor, tanto para las acciones inmediatas como para las futuras. No debe confundirse con la clasificación de señales, que es normalmente para determinar sólo la acción inmediata requerida. La actual tendencia parece ser la de registrar automáticamente los datos necesarios para el análisis obtenido en aeronaves, a fin de efectuar dicho análisis en tierra con posterioridad. De esta manera, el operador a bordo de la aeronave se ocupa primariamente de las señales que representan una amenaza inmediata para ella, las señales anormalmente y las de gran interés, que requieren análisis inmediato. Este operador analiza asimismo y registra las señales en la medida de sus posibilidades, como respaldo para el caso en que se perdieron los datos registrados automáticamente. El operador de un buque podrá analizar las señales, con personal adicional, prácticamente en el momento de recibirlas.

Este libro se imprimió en los talleres gráficos de  
Jakob Comunicadores y Editores S.A.C.  
Situado en: Jr. Manuel Segura N° 775 • Lima 01  
R.U.C. 20524555701  
Octubre, 2013