

# Evolución del Radar de Defensa Aérea

FRANCISCO MORALES RICO

Comandante de Aviación

A finales del siglo pasado se trabajaba en el comportamiento de las ondas electromagnéticas en cuanto a propagación y reflexión se refiere.

Los primeros equipos operativos de radar surgen hacia 1938, año en que comienza a funcionar la "CHAIN HOME", red de defensa territorial situada a lo largo del Támesis.

La palabra RADAR, siglas de Radio Detection And Ranging, es adoptada por la marina de los Estados Unidos de América para designar el radar de impulsos, conocido hasta entonces como Radio Echo Equipment.

El radar fue perfeccionado por ingleses, alemanes, americanos y japoneses, iniciándose su papel principal en la Batalla de Inglaterra, en 1940, continuando con la observación americana, en Honolulu, del ataque a Pearl Harbour.

La evolución del radar continúa hasta nuestros días, siendo un elemento básico en los sistemas de Defensa Aérea, toda vez que proporciona la información de los ingenios aéreos en el ámbito de su cobertura, permitiendo ejercer las funciones de Defensa y la dirección de la Batalla Aérea.

## EL RADAR

Prácticamente los principios de funcionamiento del radar no han variado a lo largo del tiempo, estos son: emisión de un impulso de alta energía a través de una antena direccional, reflexión de la energía electromagnética por los ingenios aéreos, la cual es recogida por la antena, envío a un equipo receptor en donde la señal es procesada obteniéndose un eco.

La evolución funcional a lo largo del tiempo estriba en la elección de la frecuencia de trabajo (ver cuadro n° 1), número de frecuencias dispo-

nibles, codificación del impulso, ganancia de la antena, nivel de lóbulos secundarios, menor potencia de pico en transmisión y un proceso complejo de la señal.

La evolución tecnológica pasa por la obtención de emisores de estado sólido en algunas frecuencias, lo que proporciona frente a las válvulas las ventajas de fiabilidad, disponibilidad y menor mantenimiento, al mismo tiempo que una considerable reducción de tamaño.

Otro cambio tecnológico importante ha sido la aparición de las antenas planas, formadas por hileras de pequeños dipolos que transmiten y reciben las señales electromagnéticas. Las ventajas principales, frente a

la tradicional antena parabólica, es que las planas permiten un control de haz angularmente y consiguen un menor nivel de lóbulos laterales.

Los circuitos digitales integrados han reducido considerablemente la cantidad y dimensiones de los componentes necesarios, aunque para su funcionamiento necesiten una temperatura estable, y los microprocesadores permiten un tratamiento óptimo y un proceso rápido de la señal.

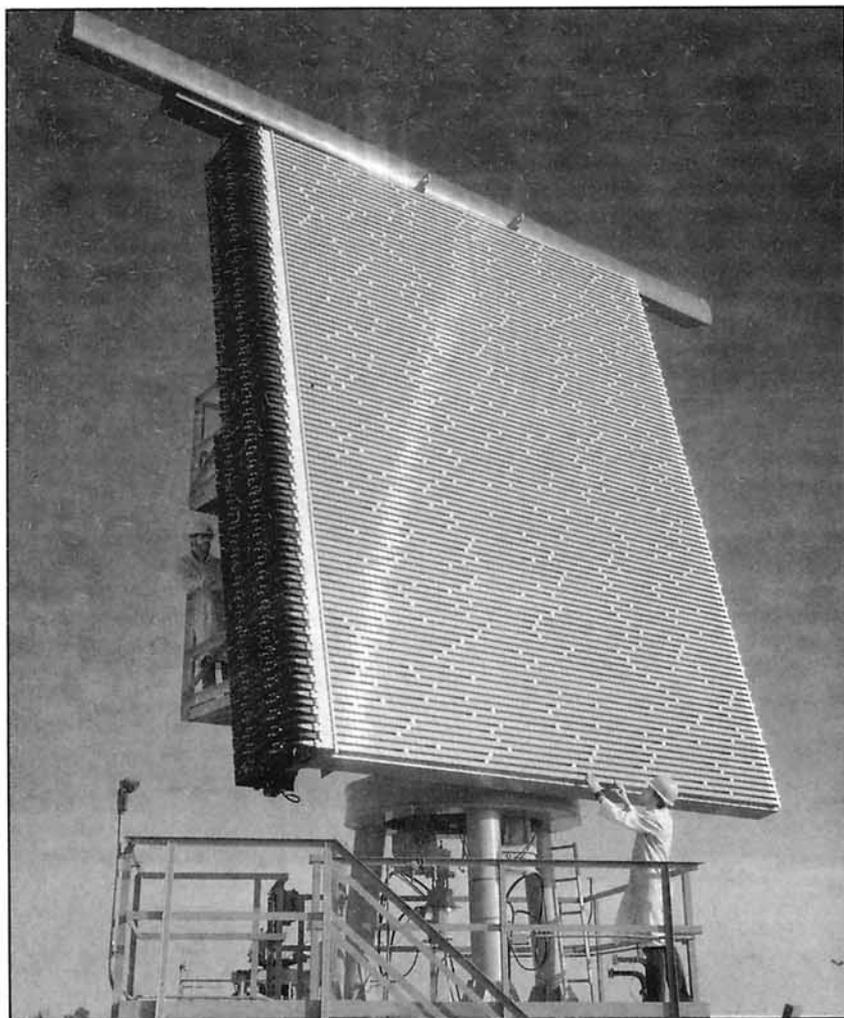
## EVOLUCION Y CARACTERISTICAS DE LOS RADARES

Los primeros radares proporcionaban únicamente información de acimut y distancia, la primera en base al giro mecánico de la antena y la segunda contabilizando el tiempo transcurrido entre la transmisión del impulso y la recepción del eco, (una milla radar equivale a 12.4 microsegundos).

Para obtener la altitud de los objetos era preciso asociar un radar de altura, de modo que una vez determinado por el radar principal la posición en acimut y distancia, se orientaba el de altura en la dirección del objeto, el que emitía un haz estrecho y efectuaba un barrido vertical determinando en una pantalla auxiliar la altura, respecto al radar, del objeto.

CUADRO NUMERO 1		
FRECUENCIAS DE TRABAJO		
Las frecuencias más usadas en los radares tridimensionales actuales, con fines de Defensa Aérea, están comprendidas en las bandas L y S, siendo sus principales características y diferencias las que se exponen.		
	BANDA L	BANDA S
Frecuencia	1.200 a 1.400 mhz.	3.100 a 3.500 mhz.
Longitud de onda	23 cm.	10 cm.
Tamaño de antena	mayor	menor
Transmisor de estado sólido	si	no
Control del haz	si	difícil de conseguir
Costo	inferior (1)	
Comportamiento ante clutter	mejor	

(1) Convendría aclarar que el costo es inferior si ambos son con el transmisor de tubo, si se considera el de estado sólido, el costo sería menor si se tiene en cuenta el ciclo completo de vida.



Antena del HADR (Foto cortesía de HUGHES)

Posteriormente aparecieron los radares tridimensionales, 3D, que desde las bocinas situadas en el foco de la antena parabólica, emiten diferentes señales que la antena convierte en un conjunto de haces perfectamente diferenciados, obteniéndose el acimut y distancia de los objetos de modo similar al de los radares de dos dimensiones, y la elevación en función de un proceso de cálculo matemático según el haz o número de ellos que hubiesen detectado al objeto.

Con la aparición de las antenas planas, al poderse efectuar el control del haz mediante variaciones de fase, el haz emitido adquiere forma de pincel, el cual explora en elevación mediante un barrido controlado electrónicamente y en acimut mantiene el giro mecánico.

Existen algunos modelos de antenas planas que emiten un lóbulo formado por un conjunto de haces que

exploran, en cada acimut, toda su cobertura en elevación; otras emiten un grupo de haces que cubre un pequeño sector, por lo que efectúan un barrido con estos haces en toda su cobertura en elevación.

Las principales características de algunos radares se exponen en el cuadro número 2.

#### EL RADAR Y LA DEFENSA AEREA

Además de ejercer el Control del espacio aéreo, el Mando necesita conocer cualquier amenaza con tal antelación que le permita un tiempo de reacción suficiente para su neutralización, aspecto que proporciona la característica de alcance máximo. Para responder a la amenaza, es preciso hacer una exacta evaluación de ella, por lo que la resolución o poder discriminatorio es un parámetro básico, toda vez que no se puede dar la

misma respuesta a un ataque o incursión realizado por dos aviones que por seis.

Otras características básicas de los radares de defensa son la continuidad en la información, proporcionada por la velocidad de giro de la antena, la posición de la amenaza o precisión, y no debemos olvidar la continuidad de las funciones, que viene dada por la disponibilidad.

Es de suponer que cualquier agresor intente evitar nuestro control del espacio mediante el uso de contramedidas electrónicas. Las más usuales son la perturbación, (puntual, de barrido y de barrera), y la decepción creando blancos falsos.

Ante esto, las características ECCM del radar de defensa deben contemplar:

- Diversidad de frecuencia.
- Agilidad de frecuencia.
- Selección de la frecuencia menos interferida. (J.A.T.S.)
- Comprensión y codificación de pulso.
- Concentración de la energía en un punto en un momento determinado. (Modo Burnthrough)
- Bajo nivel de lóbulos laterales.

Para poder hacer un uso adecuado de estos parámetros, hay que disponer de presentaciones espectrales "amplitud versus acimut" y "amplitud versus frecuencia", las que nos proporcionarán un conocimiento del ambiente electrónico.

#### PANORAMA ACTUAL

Debido a las continuas evoluciones de los radares, y fundamentalmente a los avances tecnológicos, los Sistemas de Defensa de las diferentes Naciones o Alianzas adquieren los nuevos radares para obtener los mejores rendimientos operativos en sus funciones de Defensa Aérea.

Sabido es que el Sistema marroquí está formado por radares Westinghouse, ANTPS43-E, (similar al del Grupo de Control Aerotáctico del MATAC), así como el STRIDA, (Francia), dispone de radares Thomson, destacando el modelo Palmier.

El NADGE, (NATO Air Defense Group Environment), que abarca desde Noruega a Turquía, está siendo mejorado y modernizado con radares Hughes; el modelo HR-3000, de la familia del HADR, ha sido contratado para Turquía, Grecia, Italia, Portugal y Alemania.

Independiente del NADGE, Alemania dispone para su sistema

**CUADRO NUMERO 2**

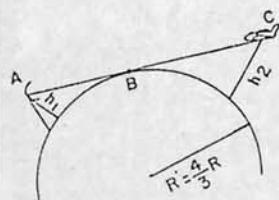
**CARACTERISTICAS DE RADARES**

DENOMINACION	AN/FPS 117	HADR	W-2000	ADR 31SL
FABRICANTE	General electric	HUGHES	Westinghouse	Selenia
DISTANCIA DETEC.	(1) 172 mn.	172 mn	170 mn.	175 mn.
ALCANCE	200 mn.	250 mn.	270 mn.	270 mn.
PRECISION EN DISTANCIA	1520 pies a 100 mn.	200 pies a 150 mn.	300 pies a 135 mn.	130 pies a 175 mn.
PRECISION EN ACIMUT	0.18°	0.1°	0.15°	0.15°
PRECISION EN ALTURA A 100 mn.	+3000 pies	+750 pies	+2200 pies	+1000 pies
GANANCIA ANTENA	39 db.	41 db.	38 db.	39 db.
NIVEL LOBULOS LATERALES	-23 db.	-40 db.	-40 db.	-30 db.
UTILIZADO EN	Alaska	OTAN	?	Italia

(1) Para un blanco de 1m., PD. 8 SW=1

**CUADRO NUMERO 3**

**INFLUENCIA DE LA CURVATURA TERRESTRE**



El alcance de un radar es función de sus características y de su ubicación. La detección a baja cota viene determinada por las líneas del horizonte radar, más allá del visual debido a la propagación de las ondas electromagnéticas, que es proporcional al visual de una esfera corrigiendo el radio terrestre en 4/3. Para determinar la distancia al horizonte, AB, se utiliza la fórmula:

$$D = 1.23 \sqrt{h}$$

siendo D en millas náuticas y h en pies.

Como ejemplo, un radar situado a 6.400 pies sobre el nivel del mar tendría un horizonte de 98.4 millas.

Para conocer a que distancia podríamos detectar un avión volando a cien pies sobre el nivel del mar, sería:

$$D = 1.23 (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) = 100.7 \text{ millas}$$

GEADGE, (German ADGE) de dos HADR y el Reino Unido moderniza su red UKADR, (United Kingdom Air Defence Region), con el General Electric 592, Plessey ITT y probablemente también con el Martello de Marconi.

Bélgica adquiere el GE-592, lo mismo que Taiwan, Malasia el HADR, Dinamarca el Martello, Suecia el ITT-Gilfillan, Egipto el GE-59, Corea el AN/FPS 117 de General Electric e Islandia lleva la misma orientación.

En Norteamérica la DEW line ha

sido reemplazada por la red NWS, (North Warning System), habiendo incorporado doce modelos del AN/FPS 117 en Alaska y quince a lo largo de la zona norte. Para la red del Caribe, la USAF acaba de contratar con Westinghouse la adquisición de ocho radares AN/TPS 70, que también utilizarán los Emiratos Arabes.

Debido al alto costo de los radares de prestaciones similares, su ubicación en una Red no permite disponer del número adecuado, dando lugar a pequeñas zonas de no cobertura, de-

nomina das zonas ciegas, por lo que se complementan los sistemas con pequeños radares de corto alcance y baja cota, conocidos con el nombre de "Gap Fillers".

**MAS ALLA DEL HORIZONTE**

Aunque un radar tenga gran alcance, su cobertura es también función del lugar en que esté ubicado, debido a la curvatura terrestre (ver cuadro número 3).

Al ser precisa una alerta temprana que permita un tiempo de reacción suficiente, la detección a baja cota no otorga, en la medida requerida, ese tiempo necesario.

Actualmente los Estados Unidos de América tienen en vigor el programa OTH-B (Over The Horizont Backscatter), adjudicado a General Electric, con el fin de conseguir cuatro sistemas radar que proporcionen una alerta avanzada a su territorio.

El radar obtenido, cuya denominación oficial es AN/FPS-118, trabaja en ondas decamétricas, mantiene el transmisor y receptor separados a una distancia próxima a los cien kilómetros, pudiendo detectar aviones o misiles, desde el nivel del mar hasta la ionosfera, hasta una distancia alrededor de tres mil kilómetros.

Su funcionamiento se basa en que la ionosfera actúa como espejo a esas frecuencias, por lo que las ondas son reflejadas y se consigue una cobertura "más allá del horizonte".

La antena del transmisor, formada por dipolos, tiene unas dimensiones del orden de los mil metros de longitud, por una altura entre diez y cuarenta metros, siendo las del receptor de mil quinientos por veinte, cubriendo cada radar un sector de sesenta grados, y proporcionando, dentro de su cobertura, información de distancia del ingenio detectado.

El programa OTH-B comprende la instalación de cuatro sistemas, compuesto cada uno por dos, tres o cuatro radares, localizándose el primero en la costa este, estando su centro de operaciones situado en la base de la Guardia Aérea Nacional en Bangor (Maine), otro se sitúa en la costa oeste, cuyo centro será en el estado de Idaho, los otros dos sistemas se establecerán uno en Alaska y el otro en la región central, consiguiendo de esta forma una cobertura total y avanzada que proporcionará información anticipada de cualquier amenaza ■