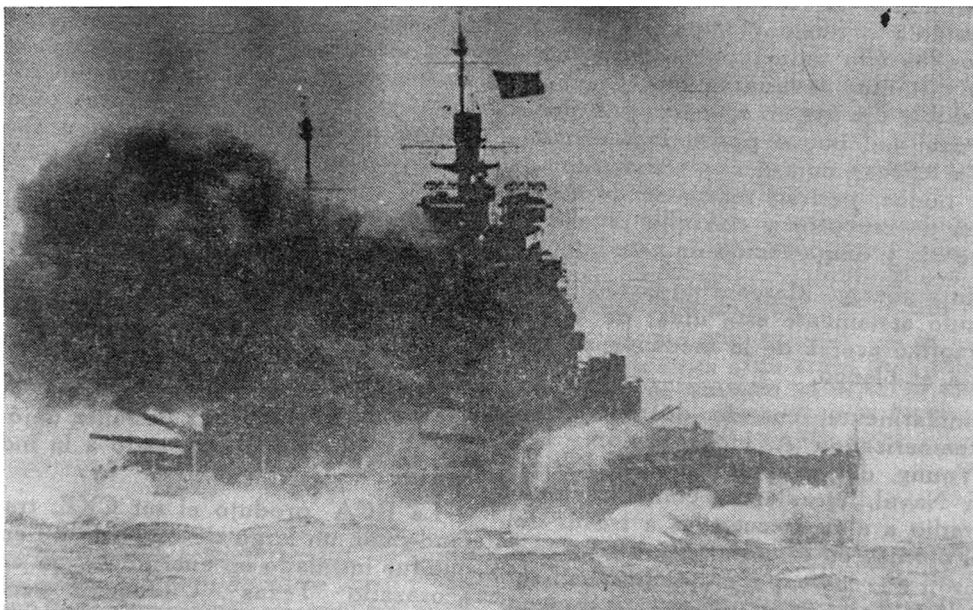


Entre los más notables sucesos que ensalzaron las capacidades del radar, está la acción nocturna en diciembre de 1943, cuando el acorazado "Duque de York" abrió fuego sobre el "Scharnhorst" a 12.000 yardas, obteniendo impacto a la primera salva. En el duelo siguiente, a distancias hasta 20.000 yardas usando control por radar, de las 52 salvas disparadas por los ingleses, 31 dieron en blanco.

DESARROLLO DE RADARES EN BUQUES



El original de este artículo, escrito por el Capitán de Navío (R) de la Royal Navy, Donald Mac Intyre, fue publicado en "Proceeding's", número correspondiente a septiembre de 1967.

El largo camino de la historia naval está señalizado con hitos que destacan en una u otra forma los avances de la técnica en la guerra en el mar: el cañón, la máquina a vapor, el torpedo, el submarino y el avión han dado comienzo

sucesivamente a un nuevo análisis de las tácticas convencionales. Además de éstos, la introducción del radar a bordo a comienzos de la segunda guerra mundial, fue el punto de partida de otra extraordinaria era.

Traducido por Teodoro VARAS S., Teniente 1º, Armada de Chile

Las características de las ondas de radio al chocar con una superficie metálica, en base a las cuales fue creado el radar, fueron estudiadas desde los albores del desarrollo del transmisor-receptor de radio.

En 1886, el físico alemán Heinrich Hertz demostró la propiedad de "reflexión" de las ondas electromagnéticas. En 1922, Guglielmo Marconi, en una nota al Instituto Americano de Ingenieros de Radio, decía: "En algunos de mis experimentos he notado los efectos de reflexión y deflexión (refracción) de estas ondas (de radio) por objetos metálicos distantes a varias millas. Creo que es posible diseñar un aparato por medio del cual un buque podrá radiar ondas que si chocan con el casco metálico de otro buque, podrán reflejarse de regreso en un receptor y con ello revelar la presencia y demarcación de este buque".

Sin embargo, Marconi no siguió investigando seriamente esta idea; de hecho, no teorizó acerca de la medición de distancia al blanco.

Similarmente, cuando dos científicos norteamericanos, A. Hoyt Taylor y Leo C. Young, del Laboratorio de Investigación Naval, estudiando comunicaciones de radio a altas frecuencias a través del río Potomac en el otoño del mismo año, notaron que los vapores que pasaban subiendo y bajando el río interferían con sus señales, informaron al Departamento de Marina sobre las posibilidades de emplear tal fenómeno para descubrir buques navegando en neblina. El método de "batido" de detección por radio que resultó, no era aún propiamente un radar.

Junto con esto, los experimentos hechos por E.V. Appleton en Inglaterra y por Gregory Breit y Merle A. Tuve en Estados Unidos, en 1924 y 1925, para calcular la altura de la ionósfera midiendo el tiempo de ida y vuelta de ondas de radio, sentaban la base para el desarrollo del radar.

En 1933, nuevamente Leo Young experimentó la idea de emplear transmisiones extremadamente cortas y medir el tiempo de ida y vuelta de las ondas reflejadas en un tubo de rayos catódicos. Sin embargo, sus experimentos dieron

fruto solamente en abril de 1936, cuando tuvo éxito en detectar un avión a dos millas y media de distancia trabajando con ondas de 10.6 metros. Esta performance fue rápidamente mejorada y en junio del mismo año ya se tenían detecciones de 25 millas. Esto fue presenciado por el Jefe de Operaciones Navales, quien dispuso el más alto grado de prioridad para el proyecto.

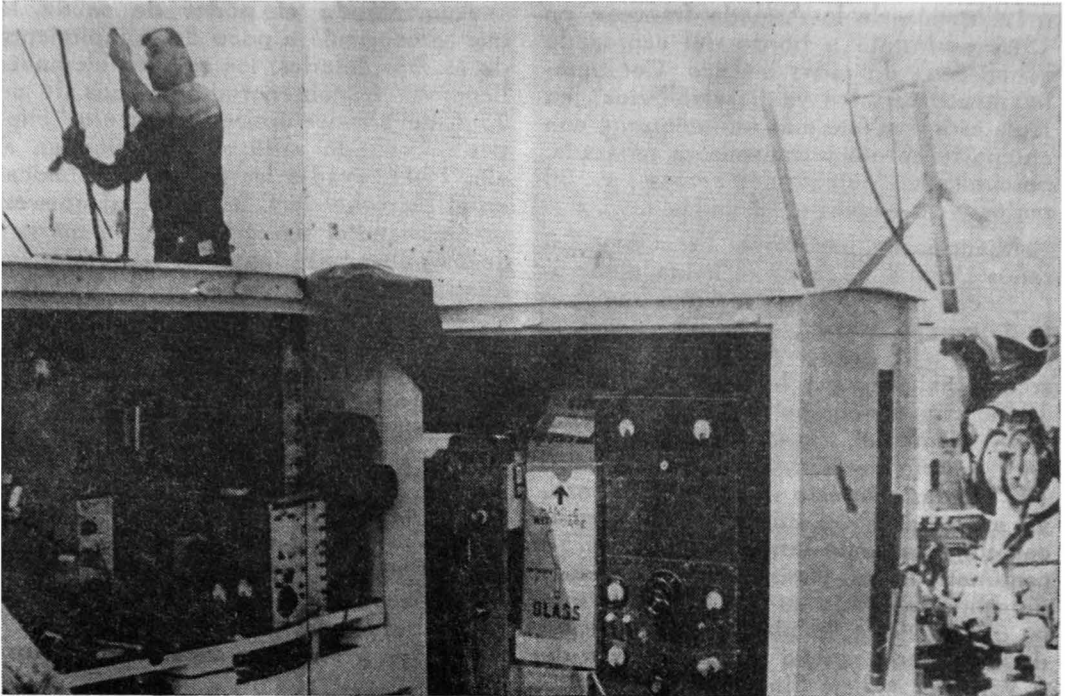
En abril de 1937, un radar experimental trabajando en un largo de onda de uno y medio metros, fue instalado en el destructor "Leary". Mejoramientos en éste, dieron por resultado el primer equipo que tuvo buen éxito, pues obtuvo detecciones hasta 40 millas. Estas pruebas fueron hechas con antenas transmisoras y receptoras separadas, pero un "duplexer", elemento que permitía usar la misma antena para transmisión y recepción, fue concebido y perfeccionado en febrero de 1938.

De esta manera, el primer equipo de radar propiamente tal, conocido como el XAF, fue instalado en el acorazado "New York" en diciembre de ese año.

El secreto del radar pulsante dejó de ser absoluto y fue entregado a la industria.

La RCA produjo el set CXZ, trabajando con un largo de onda de 80 cms., que fue instalado en enero de 1939 en el acorazado "Texas". Un equipo perfeccionado, el CXAM, apareció en 1940 a bordo de otros acorazados y cruceros, y en 1941, el CXAM-1 estaba instalado en todos los portaaviones de pre guerra y otros buques pesados. El CXAM era un equipo que proveía detección de superficie y aérea. En la batalla del Mar de Coral, el "Lexington" detectó formaciones enemigas a 68 millas, información de enorme valor para la fuerza norteamericana.

Por aquel tiempo, el radar había nacido también en Europa. Su período de gestación fue muy corto, especialmente en Inglaterra. En enero de 1931, dos científicos británicos, W.A.S. Butement y P.E. Wolland, habían logrado detectar el paso de un avión a una distancia de 100 yardas. Los largos de ondas experimentados, 12 a 13 metros, no permitieron una instalación adecuada a bordo. Por ello, considerable trabajo de inves-



Vista desde el Puente del USS. "Leary", era un extrañísimo aparato, un sommier hecho firme a un cañón de 5 pulgadas; misteriosos equipos eléctricos montados en cajas de embalaje sobre cubierta, madejas de conectores en todas partes. Este conjunto de rarezas daba comienzo a una época que alteraría el curso de la historia naval.

tigación se volcó hacia largos de ondas más cortos. Sólo en 1936 se logró el primer equipo experimental que fue instalado en un buque minador. Los resultados no fueron, sin embargo, los esperados debido a la imposibilidad de obtener una potencia lo suficientemente alta para el trabajo con ondas cortas.

Finalmente en 1938, a bordo del crucero "Sheffield", se logró instalar un equipo de 20 Kw. de salida con el cual se obtuvieron detecciones de 53 millas, de aviones volando a 10.000 pies. Cuando la guerra fue declarada en septiembre de 1939, el acorazado "Rodney" y el crucero "Sheffield" informaron ataques de aviones enemigos en forma exitosa y el crucero anti-aéreo "Curlew", en Scapa Flow, dio alarma aérea de más de 60 millas.

Por otra parte, en Francia también se había concebido la idea del radar. Las primeras observaciones de interferencias

en las transmisiones de radio en presencia de objetos metálicos, paso de aviones, había dado motivos a investigaciones. La Compagnie Generale de TSF, asociada con monsieur Henry Gutton, experimentaba con ondas de 16 cm. con la idea de lograr un dispositivo que pudiera dar aviso de la presencia de icebergs a los transatlánticos. El paciente trabajo de los tres años posteriores dio como fruto un transmisor pulsante de 300 watts con un "magnetron" como válvula osciladora. Esto constituyó un considerable avance en las frecuencias a que se trabajaba, y afortunadamente, una muestra fue entregada a la British General Electric, antes que los experimentos fueran detenidos y todo el material destruido durante el avance alemán dentro de Francia en 1940. La técnica francesa así compartida, fue de gran contribución para el desarrollo del revolucionario magnetron de 10 cms. Pese a la virtual in-

movilización de la Armada francesa, en 1941 se instaló a bordo del acorazado "Richelieu" un radar métrico. Comparativamente con los ya desarrollados en Inglaterra, era éste más rudimentario, con antena receptora y transmisora separada, pero alcanzó detecciones aéreas a 50 millas y de buques a 12 millas.

Mientras en Inglaterra, Francia y Estados Unidos el radar se había desarrollado con miras a la detección aérea, con la de superficie como extra, en Alemania sucedía lo contrario. Allí la primera detección exitosa se había producido en 1934, con un equipo construido por la firma Gema, al transatlántico "Hessen" en el puerto de Kiel, a una distancia de 100 yardas. De este modesto comienzo, ya en octubre del mismo año, Gema, con un equipo de largo de onda de 50 centímetros y un transmisor de 50 watts de salida montado en una base rotatoria en una torre de 40 pies, logró detección de un buque pequeño a una distancia de 6 y media millas. Sin embargo, a petición de un organismo superior, la firma debió concentrarse en la banda de 80 cms. y radares experimentales fueron instalados en el "Graf Spee", "Konisberg", y una lancha torpedera. En 1937 estos buques informaron detecciones de 17 millas a buques grandes, y de 11 millas a menores; en 1938, igualmente buenas performances fueron logradas con los mismos equipos instalados en montajes antiaéreos, 60 millas a formaciones y aviones solos.

Estos éxitos, paradójicamente, fueron perjudiciales para la Armada alemana: cuando llegaron a oídos del Mariscal del Reich, Herman Goering, éste encargó inmediatamente 1.000 equipos antiaéreos para la Luftwaffe, copando la producción de la firma Gema e impidiendo distraer esfuerzos hacia la experimentación con ondas más cortas ante tamaña producción masiva.

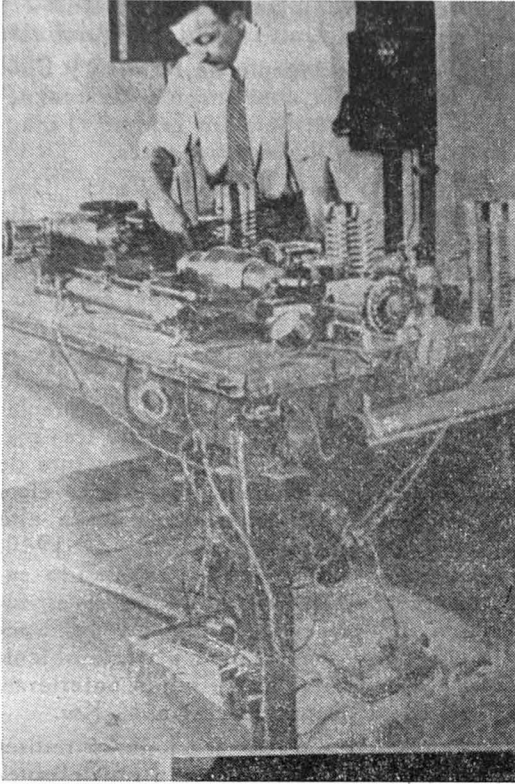
Posteriormente, a la Armada alemana se le encargó un cierto número de estos sets que fueron instalados en los cruceros pesados "Scharnhorst" y "Gneisenau". Estos hicieron buen uso de ellos cuando el 8 de junio de 1940 hundieron al portaaviones "Glorious" pese a que éste había sido protegido por una cortina de humo de sus destructores escoltas.

Aumentando el poder de salida, lo que se consiguió a poco del rompimiento de las hostilidades, los equipos alemanes llegaron a obtener detecciones de un 75% del alcance óptico. El crucero "Hipper", cuando salió al Atlántico en el año 1941, evadió las patrullas británicas en el Estrecho de Dinamarca, al noroeste de Islandia, teniendo sólo un margen de 25 millas para lograr su cometido. Lo mismo hicieron el "Scharnhorst" y "Gneisenau" en esta famosa ruta el mes siguiente. Los buques alemanes estaban equipados con mejores radares de superficie que los ingleses, mientras que con respecto a radares de rebusca aérea la situación era a la inversa.

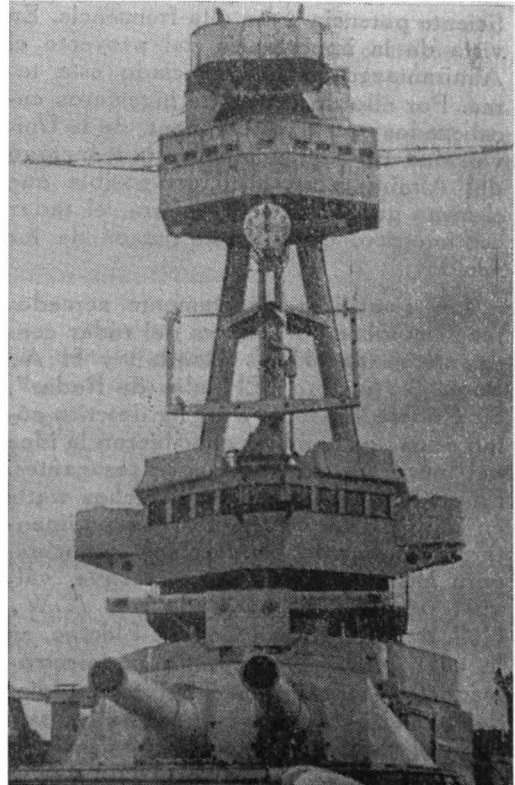
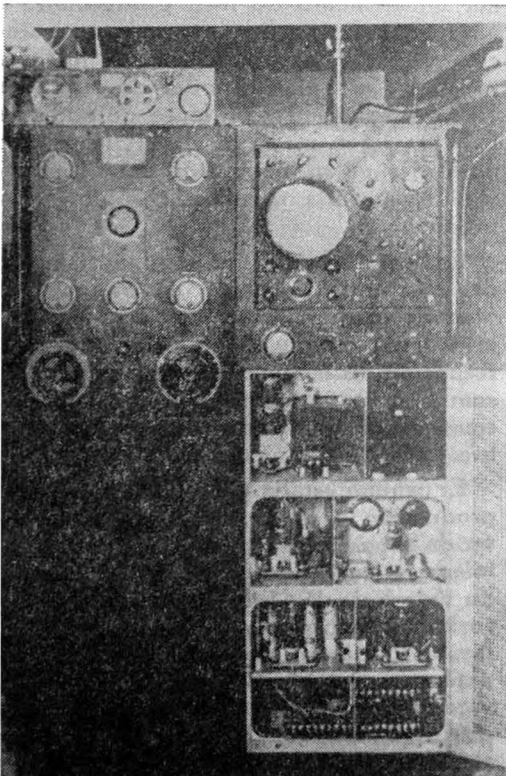
En busca de un radar para Control de Fuego, un grupo de científicos británicos en estrecha cooperación con la General Electric, había estado trabajando en un set de 50 cms. desde 1938. Pruebas a bordo del destructor "Sardonix", en 1939, prometían excelentes performances.

Al año siguiente, un equipo con antena en el Director de cañones fue instalado en el destructor "Nelson". Se obtuvieron tan buenos resultados, que 200 sets de este tipo 284 fueron ordenados inmediatamente y en septiembre de 1940 comenzaron a instalarse en serie.

No obstante, los resultados no fueron tan buenos como los esperados. Las pruebas a bordo del "Nelson" parecen haber sido afectadas por condiciones anómalas de propagación sumamente favorables. Alcances de detección de 18.000 yardas a un crucero y de 12.000 yardas a un destructor fueron obtenidas. Este modelo se consagró cuando permitió al crucero "Suffolk" detectar al "Bismarck", al pasar por los Estrechos de Dinamarca hacia el Atlántico. Consiguiendo un poder de 50 Kws. y modificándolo para usar solamente una antena para la transmisión y recepción, el Tipo 284 continuó empleándose durante la guerra, alcanzando su más exitosa performance cuando, a las 04.50 horas del 26 de diciembre de 1943, el acorazado "Duke Of York" abrió fuego en la negra noche del Artico sobre el "Scharnhorst" a una distancia de 12.000 yardas y logrando impacto a la primera salva. En el siguiente duelo, a distancia de 20.000



Dos de los científicos del Laboratorio de Investigación Naval, A. Hoyt Taylor, con un primitivo transmisor de radio, y Leo C. Young, efectuando pruebas de propagación de Alta Frecuencia en las cercanías de un río, notaron interferencias al paso de vapores. Posteriores investigaciones llevaron a la instalación del radar XAF, en el acorazado "New York" en 1938; la antena se aprecia debajo del reloj.



yardas, y usando control por radar, 31 de las salvas del "Duke Of York" dieron en el blanco.

Pese a que la antena "sommier" fijo presentaba una seria limitación a la exactitud de las demarcaciones, una gran cantidad de destructores fueron dotados con estos equipos. Fue con uno de ellos que el destructor "Vanoc" detectó a 1 milla al U-100, comandado por el As de la flota submarina alemana Joachim Schepke, y abordándolo lo hundió.

La necesidad de contar con antenas rotatorias se hizo cada vez más imperiosa. Eventualmente el Tipo 291, con un largo de onda de 1.5 metros, fue producido con miras a servir de doble propósito: superficie y aéreo. No fue muy tarde cuando se apreció la necesidad de contar con un equipo de onda más corta, especialmente para la detección de los submarinos. Investigación con el propósito de tener éxito en la región de los 10 cms. era el esfuerzo del Signal School Laboratory desde 1938. El problema mayor se centraba en la producción de válvulas adecuadas, particularmente en una válvula transmisora capaz de generar suficiente potencia a tan alta frecuencia. En vista de la importancia del proyecto el Almirantazgo había auspiciado esta tarea. Por ello un grupo de ingenieros encabezados por Mark Oliphant, de la Universidad de Birmingham, y por encargo del Almirantazgo, hicieron posible que el arma ganadora de la guerra, el radar centimétrico, quedara en manos de los Aliados.

Los científicos directamente acreedores al nombre de "padres del radar centimétrico" son H.T. Randall y H.A. Boot. En su libro "El Pulso de Radar", Sir Robert Watson - Watt ha descrito cómo estos dos hombres concibieron la idea del magnetron de cavidades resonantes. En su investigación para "muchos watts en unos pocos centímetros" experimentaron finalmente con la bien conocida, pero hasta la época poco efectiva, válvula transmisora inventada por A.W. Hull, de la American General Electric, en la cual estaba incorporada un electroimano. Anteriormente habían estudiado también las características de la cavidad resonante o "Rhumbatron", usada en el "Klystron", otra forma de válvu-

la transmisora inventada por Hansen y Varian de la Universidad de Stanford.

El golpe de ingenio de Randall y Boot fue concebir la combinación de magnetron y Rhumbatron para formar el magnetron de cavidades resonantes.

Como lo dijo Watson - Watt: "Después de múltiples lucubraciones, un día Randall y Boot se instalaron tranquilamente para almorzar en el laboratorio con unas pocas hojas de papel en la mano; el trabajo de la tarde podía resumirse en una sola nota que yo llamaría el Memorandum del Magnetron, ideado por la fértil imaginación de dos preclaras inteligencias..." Algo como tres meses de maqueamiento y manufactura de muy especiales elementos: grandes electroimanes, rectificadores de extra alta tensión, hasta que en febrero de 1940, el nuevo invento estaba trabajando satisfactoriamente. El resultado fue espectacular, el poder de salida que se esperaba mayor que los pocos watts obtenidos con las válvulas de salida anteriores, llegó fantásticamente casi a $\frac{1}{2}$ Kw.

El trabajo para perfeccionar y rediseñar la válvula transmisora a fin de obtener un elemento de fácil producción e instalación fue realizado con la cooperación de la General Electric. A los tres meses ya se tenía un poder de salida de 50 Kw. de cresta y un largo de onda de 9.1 cms. (en mayo de 1941, las partes para diseñar un magnetron para 10 cms. y 3 Megawatts de cresta, habían sido producidas).

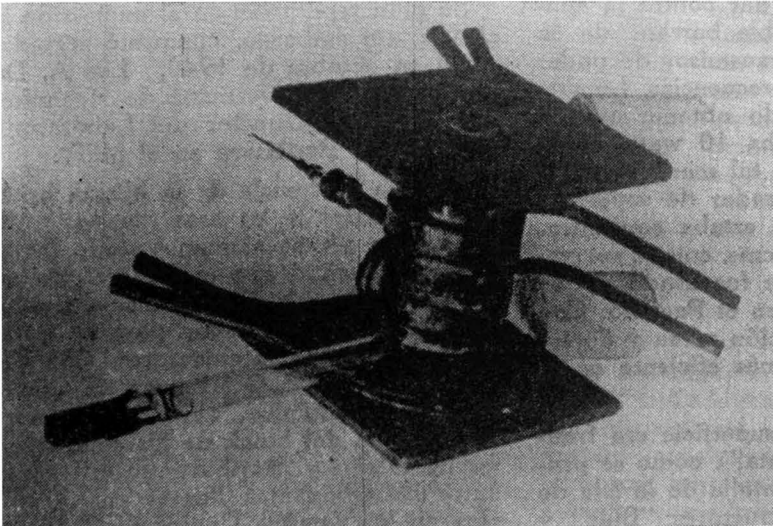
Enviado a la Oficina de Investigación del Ministerio del Aire, en Swanage, y operado conjuntamente con otro invento, la válvula modulada en velocidad para recepción de 10 cms., un set de radar fue sometido a pruebas ante un grupo de científicos del Almirantazgo en noviembre de 1940.

El camino estaba ahora abierto para la producción en masa de un sistema efectivo de rebuza de superficie para ser instalado en unidades escoltas de convoy. En marzo de 1941 se tiene a bordo de la corbeta "Orchis" de la clase Flower. Los resultados fueron tan halagadores, 5000 yardas a un submarino aflorado, 1300 yardas a periscopio, que fueron encargados de inmediato 350 sets. Varios mejoramientos se fueron desarrollando pau-

latinamente: la antena rotatoria fue estabilizada con señal de giro, un magnetrón mejorado y un menor ancho de pulso aumentó el poder de salida a 100 Kw. de cresta, dando detecciones a 8000 yardas de submarino tipo U. El problema de transferir esta potencia de salida del transmisor (magnetrón) a la antena, llevó a la construcción de las guías de ondas: la transmisión de ondas electrónicas a lo largo de un tubo de metal vacío con reflectores para guiarlos a través de las vueltas y esquinas. La teoría de las guías de ondas era bien conocida, pero sólo hasta llegar a la región de los 10 cms. se vio el uso práctico de éstas. El empleo táctico del radar fue también grandemente incrementado al desarrollar-

la presencia de nuevos componentes en escena, como por ejemplo un submarino aflorado, una invaluable capacidad en operaciones de defensa de convoyes.

Con el equipamiento, durante el año 1942, de la mayoría de los escoltas con radares de 10 cms. y de PPI y de otro invento recientemente desarrollado, el radiogoniómetro de Alta frecuencia, las posibilidades de éxito eran muchas contra los "Lobos del Almirante Doenitz". El resultado fue la masacre de submarinos alemanes en mayo de 1943 que llevaron a Doenitz a admitir su derrota en la Batalla del Atlántico. Para completar esta visión del desarrollo del radar en Europa, el trabajo de M. Gutton en Fran-



El original modelo de laboratorio de un magnetrón de cavidades.

se la presentación PPI: Plan Position Indicator. Este sistema, que fue ideado por científicos británicos en 1940 para uso en radares de aviones al mismo tiempo que naval, había también despertado el interés de USA., que lo perfeccionó rápidamente.

La visión del área alrededor del buque fue de enorme valor en las operaciones nocturnas; ya no se necesitaba de un team especial para plotear las informaciones que la pantalla A proporcionaba. Más aún, cuando se entraba en acción era posible mantener un traqueo de las unidades amigas y enemigas; era fácil mantener un estacionamiento y detectar

cia con su equipo de 16 cms. debe ser recalcado.

El experimento comenzó en Toulon en 1941 después de la capitulación francesa, y fue producido un magnetrón que daba una salida de cresta de 4 Kw y una performance satisfactoria. Ninguno de estos sets fue nunca incorporado a bordo, todos fueron destruidos durante la ocupación alemana de Toulon en noviembre de 1942.

Habiendo dado la vuelta a Europa con el desarrollo del radar, debemos volver al otro lado del Atlántico, ya que desde el otoño de 1940 gran parte de los re-

cursos científicos e industriales en los Estados Unidos habían estado dirigidos hacia el campo centimétrico del radar. En junio de ese mismo año, por idea de Vannevar Bush, cabeza del Comité de Consulta Nacional de Aeronáutica, las figuras más prominentes de la ciencia habían sido reunidas para integrar el Comité de Investigación para la Defensa Nacional, cuya División D, encabezada por K. T. Compton, Presidente del MIT, tenía que ver con la detección, controles e instrumentos. La Subsección D1, encabezada por A. L. Loomis, un abogado de Nueva York pionero en el campo de las microondas, se dedicó a la aplicación de ésta a elementos de detección.

Esta sección, trabajando en los laboratorios Loomis en Tuxedo Park, Nueva York, pronto vino a dar contra la aparentemente impenetrable barrera de la producción de un transmisor de poder adecuado para tales frecuencias. Lo mejor que habían podido obtener era un Klystron que entregaba 10 watts en la banda de 10 cms. de tal manera que el desarrollo para un radar de superficie para la Armada NA, estaba concentrado en la banda de 50 cms. con un set que fue llamado SC y que fue usado en los albores de la guerra en el Pacífico. Con capacidad para detección aérea y de superficie, era mucho más eficiente en la primera.

Para detección de superficie era francamente "temperamental", como se probó en la desastrosa batalla de la Isla de Savo, donde los destructores "Blue" y "Ralph Talbot" no fueron capaces de detectar la presencia de la fuerza de cruceros y destructores enemigos pasando a una distancia de un par de millas.

En septiembre de 1940, una misión británica encabezada por Sir Henry Tizard, llegó a EE. UU. con el propósito de intercambiar información científica. Recibidos con una bienvenida no exenta de escepticismo, los científicos británicos sorprendieron a sus colegas al producir en Loomis Park, el mismo mes de su llegada, el magnetrón de cavidad resonante de 9.1 cms. "la más valiosa carga traída hasta ahora a nuestras playas" y "el más importante intercambio efectuado hasta el momento", como lo comentara James Phinney Baxter III en su libro

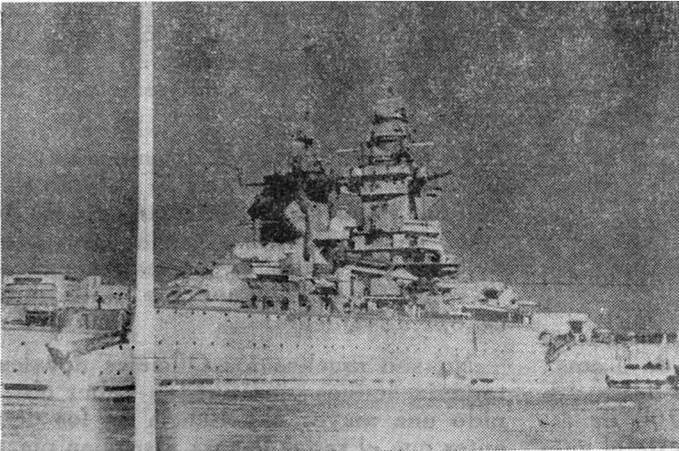
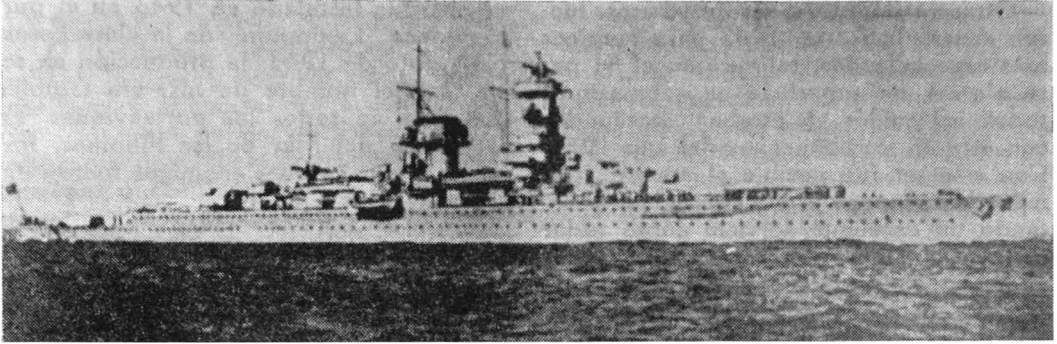
"Científicos contra el Tiempo". En unos pocos días se obtuvo la aprobación para que este principio fuera entregado a la industria, y los laboratorios de la Bell Telephone fueron seleccionados para producir el magnetrón.

La barrera para progresar en el campo de las microondas había sido rotado dramáticamente; se decidió crear un Laboratorio Central para progresar en lo ya conocido. Tomando como ejemplo la práctica de los británicos, se estableció que fuera encabezado por físicos investigadores de Colleges y Universidades. E. O. Lawrence, de la Universidad de California, tomó a su cargo la delicada tarea de reclutar miembros sin que supieran la naturaleza exacta del trabajo que iban a emprender.

Su gran reputación en el mundo de la ciencia, sin embargo, conquistó seguidores y en octubre de 1940, Lee A. Du Bridge de la Universidad de Rochester fue designado Director del Laboratorio Nacional de Radiación en el MIT.

Ante la insistencia de la Misión británica, preocupada en esos tiempos por los asaltos aéreos alemanes sobre Inglaterra, se decidió que el Laboratorio de Radiación debería darle la más alta prioridad a un set de 10 cms. para ser instalado en aviones interceptores. Con la experiencia de E. G. Bower, el Oficial de Enlace británico, quien pudo hacer un esquema del block de los componentes necesarios y distribuyendo el trabajo entre las compañías líderes en electrónica en los Estados Unidos, Bell, General Electric, Westinghouse, RCA y Sperry Gyroscope, el progreso fue rápido.

En enero de 1941, el primer set se encontraba operando y en marzo fue instalado en un avión B-18 con excelente resultado. Posteriormente se modificó para una instalación naval y con la inclusión de la presentación PPI, fue instalado a bordo del buque auxiliar US "Semmes" en mayo de 1941. Esta exitosa versión, por la cual inmediatamente la US Navy puso una gran orden de producción, tuvo un nombre que se hizo famoso: Radar SG. Este equipo tuvo su primera experiencia de combate en la batalla nocturna del Cabo Esperanza, en octubre de 1942, cuando el crucero "Helena" detectó a 27.000 yardas la aproximación



La necesidad urgente de todas las marinas de tener un "ojo mágico" era evidente en las instalaciones antiguas. El acorazado "Graf Spee", uno de los tres buques que tenían radares de 80 cms. en el verano de 1936 y el acorazado francés "Richelieu" que fue equipado, en febrero de 1941, con un radar métrico que detectaba aviones a 50 millas.

del enemigo. Equipos similares en los cruceros "Salt Lake City" y "Boise" hicieron contacto a 16.000 y 14.000 yardas respectivamente. Desafortunadamente, ninguno de estos buques era el buque Insignia del Contraalmirante Norman Scott, quien no recibió estas informaciones. La necesidad de buenas comunicaciones y de un equipo para el ojo del Almirante, serían las experiencias de esa noche. Ignorante de que una fuerza se le aproximaba a 20 nudos por la cuadra, Scott ordenó una contramarcha. Como consecuencia, cuando el "Helena" dio finalmente su informe, sus destructores de vanguardia se encontraban entre el grueso y el enemigo. La confusión que inevitablemente se produciría impidió a Scott haber logrado una aniquilante victoria.

Una falla similar, durante la acción de crucero nocturno en Guadalcanal en las noches del 12 y 13 de noviembre de 1942, de mantener informado del pano-

rama de superficie al Contraalmirante Daniel J. Callaghan, llevó a una desastrosa retirada de una batalla que se presentaba inicialmente en todo a favor de la fuerza norteamericana. Lecciones tan amargas como también la falta de informaciones oportunas de peligro aéreo en las primeras operaciones con portaaviones, forzaron el desarrollo de una Central de Informaciones de Combate, CIC, con equipos de radio más eficientes.

En julio de 1943, el radar SG con su presentación PPI, y la CIC, habían llegado a ser integrantes standard para toda clase de buques, de destructor hacia arriba. Identificación de blancos y control de cañones por radar habían tenido los éxitos más espectaculares en noviembre de 1942, cuando el acorazado "Washington" logró una absoluta sorpresa sobre el "Kirishima", hundiéndolo en 7 minutos con una lluvia de proyectiles de baterías primarias y secundarias controladas por radar.

Otras versiones del set de 10 cms. fueron desarrolladas en 1942 para empleos más especializados, tales como el SJ para alarma de superficie en submarinos, todos los cuales ya estaban equipados con éste en los comienzos del año 1943. Con este set fue posible el ataque por manadas. Aunque el SG continuaba presutando un excelente servicio como radar de alarma aérea, fue suplementado por el radar SK, también de 10 cms.

Aún más, fue diseñada una versión más liviana y compacta para ser instalada en lanchas torpederas. Manufacturado principalmente por la Signal Submarine Co., el modelo experimental fue probado en junio de 1942, en una fragata de la clase "Tocoma", y dio a bordo de la "Gallop" resultados óptimos. Durante el desarrollo de este set, sin embargo, los cambios en diseño resultaron ser un sistema demasiado pesado y voluminoso y sólo para ser empleado en buques mayores. Sin embargo un nuevo equipo, el SO, producido por la Raytheon, quedó incorporado en las patrulleras.

El set SF a comienzos de 1944 fue seguido por el SV, un equipo de 3 cms., que quedó incorporado en los destructores clase DE. Alrededor de 700 de éstos se tenían antes del término de la guerra. El éxito inicial con los equipos de 10 cms. había estimulado a los científicos del Laboratorio de Radiación a explorar en el campo de ondas más cortas. El resultado fue un equipo de 3 cms., obtenido en 1942, inicialmente empleado por cazas nocturnos, los cuales demostraron una eficiencia muy por sobre los de 10 cms. De tal modo, los sets de 3 cms. para dirigir a los cazas nocturnos, fueron instalados en portaaviones. Un prototipo,

el SM, fue instalado en 1943 en el portaaviones "Lexington" de la clase Essex. En agosto de 1943, la producción en serie, con el nombre de SR, era también instalada en todos los portaaviones. En la batalla del Mar de las Filipinas, formaciones de aviones enemigos fueron detectadas a 150 millas.

Faltan adjetivos para sintetizar la parte que le cupo al radar de microondas en el logro de la victoria aliada en la Segunda Guerra Mundial. En cada fase de las operaciones proporcionó una enorme ventaja sobre el enemigo, que continuó restringido al menos eficiente radar métrico. Sólo hasta que un avión inglés fue capturado por los alemanes en 1943 pudo el Reich enterarse del secreto de las microondas.

La Armada alemana de inmediato recomendó el desarrollo de lo que tan imperdonablemente había sido dejado de mano en 1938. Ellos eventualmente produjeron el "Berlín", y posteriormente el "Renner", pero ninguno fue usado nunca operativamente.

No son muchos los Oficiales navales, todavía activos, que puedan haber obtenido una mayor experiencia en los días antes que el radar llegara a ser una pieza esencial, como el compás, en un sistema de a bordo. Tal vez sólo aquellos que supieron de acciones nocturnas, u operaciones de escoltas de convoyes sin beneficio de este "ojo mágico", puedan apreciar el verdadero contenido de lo escrito al comienzo de este artículo: que la introducción del radar, calificado como uno de los más sobresalientes inventos de la guerra, revolucionó las técnicas bélicas en el mar.

