

EL DESARROLLO TECNOLÓGICO Y LOS SISTEMAS DE ARMAS NAVALES (Enfoque descriptivo)

*Alexander Tavra Checura
Capitán de Corbeta.*

INTRODUCCIÓN

La guerra naval está cambiando. El avance tecnológico en los sistemas de armas ha modificado a las tácticas, afectando a la estrategia, e incluso ha impuesto nuevas plataformas.

A su vez, al exigirse nuevas armas para oponerse al adversario, se da inicio a una interacción permanente entre defensa y ofensiva. El resultado es un desarrollo tecnológico que destaca por ser el más dinámico de todos los que afectan a la fuerza operativa, componente del poder naval.

Debe destacarse que tradicionalmente la defensa ha sido superada por la ofensiva, ya que además de su alto costo exige mucho tiempo de desarrollo, y cuando los sistemas defensivos entran en servicio el adversario ya ha desarrollado una nueva arma.

Evidentemente, la solución no es acelerar el desarrollo de nuevas defensas, ya que su objeto es sólo mantener a flote a la plataforma, combatiendo tanto como sea necesario para destruir al adversario. Esto permite deducir que los desequilibrios tecnológicos entre adversarios potenciales sólo pueden compensarse con una dosis moderada de ofensiva. En cierta medida, la tecnología impulsa tal decisión, ya que los sistemas ofensivos son cada vez más eficaces y de menor costo que los defensivos.

En la historia naval abundan ejemplos de evolución tecnológica que han tenido grandes repercusiones en los sistemas de armas. En la época de las flotas a vela, la guerra en el mar dependía de factores poco controlados por los combatientes, debido a la escasa movilidad táctica de sus buques. La transición al vapor y la hélice cambió radicalmente este defecto, y los combates comenzaron a desarrollarse con más dinamismo.

La artillería clásica de avancarga y ánima lisa permitía combatir a muy cortas distancias (600 yardas). Esta situación cambia al diseñarse el cañón estriado, otorgando mayores alcances, precisión y mayor capacidad destructiva a las nuevas granadas explosivas.

Esto obligó al desarrollo de corazas de "quita y pon", hasta derivar en buques enteramente blindados hacia 1830. La aparición del "destructor torpedero", a comienzos de 1900, marca un hito en el desarrollo de las armas, ya que por primera vez se integran en una plataforma *especializada* sistemas de diferente concepción, la artillería y los torpedos.

En la misma época, los blindados derivan en los acorazados, en los que la artillería principal es controlada por un sistema central de control de fuego. El mando ya puede integrar en la fuerza operativa a las diferentes plataformas y sus armas, pudiendo dispersarlas y concentrarlas a voluntad. El primitivo sistema centralizado de control de fuego va derivando en sistemas de combate, concebidos a la luz del concepto de "mando y control".

Con posterioridad, cada nuevo avance en la guerra naval ha continuado siendo ejemplo de evolución de conceptos más antiguos, pero no de cambios revolucionarios. Si se pudiese predecir hacia dónde se dirige la tecnología de las armas, se facilitaría mucho el problema. Esta tarea es muy difícil, mas no imposible.

Lo importante es no olvidar que la tecnología y sus posibles aplicaciones deben satisfacer las exigencias que la misión plantea al poder naval.

Bajo este concepto se analizarán algunos aspectos específicos de adelantos tecnológicos en las armas, que podrían tener el potencial suficiente para afectar la guerra en el mar y, quizás, las futuras estructuras del poder naval.

SISTEMAS DE ARMAS DE SUPERFICIE

Desde hace algunos años se discute respecto a los méritos relativos entre cañones y misiles. La gran publicidad e importancia atribuida a los últimos ha hecho muchas veces olvidar a los primeros.

De hecho, es conocido que hasta comienzos de 1970 tanto la Armada de Estados Unidos como la armada británica tendían al desarrollo de buques eminentemente misileros. Sin embargo, conviene recordar la frase del general Menéndez (Argentina) al rendirse en la guerra de las Falkland: "El bombardero nocturno por las fragatas inglesas fue altamente desmoralizador para mis hombres...".

Entonces, podría preguntarse: ¿Cuáles son las características que aún confieren al cañón un valor importante? La respuesta debería fluir del análisis que se realizará a continuación, considerando además del cañón en sí, a todo su sistema de control.

Cañones navales

En primer lugar, los cañones presentan una característica que los diferencia de los misiles. Pueden abarcar, a lo menos, más de dos roles en cualquier situación táctica. Pueden ser empleados con relativa facilidad contra buques, aviones, blancos de costa y también contra misiles.

Sin embargo, se necesitan ciertas características especiales para cumplir eficazmente cada una de las misiones señaladas, y por ello en los cañones modernos se busca un compromiso equilibrado entre el cañón, la munición, el montaje y sus sistemas de control de fuego.

El cañón

Pese al desarrollo de tubos con materiales cada vez más perfectos, subsisten problemas aún insuperables que han mantenido inalterable la dispersión de los cañones.

En efecto, los errores debido al mal ajuste de los proyectiles en el ánima, la diferencia entre las cargas de proyección (peso, densidad, calidad, etc.), las pólvoras, el roce al avanzar la granada en el interior del tubo, etc., han obligado a buscar otros métodos para dar en el blanco con mayor exactitud.

El sistema tradicional de disparar una serie sucesiva de salvas para asegurar una razonable probabilidad de impactos se vio optimizado con el diseño de espoletas de aproximación electrónica (VT, Variable Time), las que sólo han demostrado su eficacia en

tiros antiaéreos, ya que contra blancos de superficie no pueden obtener impactos *directos* en el blanco.

La tecnología buscó otro camino, que derivó en el diseño de los "proyectiles de guiado terminal" o PGM (Precision-Guided Munitions). Estos tienen un cono o "espoleta" que puede ser de guiado pasivo infrarrojo (IR) o bien de guiado semiactivo, empleando un iluminador láser. Con estos elementos, el proyectil corrige su trayectoria combinada de las aletas de dirección que trae plegadas la granada.

Es cierto que sólo dos cañones modernos pueden disparar esta munición, pero las implicancias tácticas de este desarrollo impulsarán a otros en la misma dirección. La armada estadounidense utiliza granadas de 5"/54 con guiado semiactivo (láser), y la francesa granadas de 100 mm de guiado pasivo infrarrojo.

La novedad reside en que la primera de ellas es de mayores dimensiones que las granadas normales; debe ser disparada con precauciones especiales y a un menor ritmo de disparo, mientras que la segunda es del mismo tamaño que la granada común de 100 mm, puede ser disparada al máximo ritmo de fuego (90 tiros por minuto), y sin precauciones especiales.

Este desarrollo indica la tendencia a conseguir, con un menor número de salvas, un daño equivalente al de muchas granadas comunes.

La munición

Dado el limitado alcance de las granadas, la tecnología favoreció el desarrollo de pequeños "boosters" o rockets incorporados a éstas, para alargar su trayectoria, denominándolas granadas ER (Extended Range).

Aunque su uso se ha extendido más en el campo terrestre, se investiga su aplicación naval. Existe sí el inconveniente de que el mayor alcance implica un aumento de la velocidad del proyectil y, lógicamente, trayectorias más tensas, lo que impediría su uso, por ejemplo, en bombardeos de costa, en donde se requieren menores velocidades y trayectorias curvas.

Si tienen éxito las investigaciones se podrá desarrollar granadas ER que combinen el uso de espoletas PCM, resultando un avance formidable. Por lo pronto, el único cañón naval moderno que dispara este tipo de granadas es el 5"/54 Mk-45, en la armada estadounidense.

El montaje

Los avances en las técnicas servohidráulicas, control automático y avanzados sistemas de carga, hacen de un cañón moderno un arma casi totalmente automática, de gran exactitud en seguimiento y eficacia en su disparo.

Un ejemplo de lo anterior lo demuestran los cañones de 76/62 *Otomelara*, el *Vickers* de 4,5"/55 o el *Creusot-Loire* de 100 mm, que alcanzan exactitudes inferiores a 2 milirradiantes (desviación estándar) a distancia medias, con estados de mar fuerza 3.

La tendencia más notable es el desarrollo de sistemas de carga más automatizados, de manera que baste que el Oficial de Armamentos seleccione en la consola táctica el tipo de blanco a batir, para que la munición deseada se programe con la espoleta adecuada, en los ascensores de munición.

El sistema de control

Los antiguos sistemas de control de fuego, dispersos en centrales independientes, han desaparecido. Hoy la tecnología sólo produce sistemas de combate integrados, en donde junto con servir a su función primaria del empleo de las armas, permite al mando ejercer el comando y control del buque, como un sistema de armas integral.

La característica usual es el empleo de procesos distribuidos, en el cual cada subsistema posee su propio ordenador digital, en vez de depender de un gran y vulnerable computador central.

El traspaso de las informaciones se produce a través de un canal de datos digitales, en vez de múltiples cableados de sistemas antiguos, y su reemplazo por fibras ópticas se prevé como el paso siguiente.

El desarrollo de sistemas de armas en contenedores modulares e integrados, como en el caso de las fragatas y corbetas *Meko*, facilitará el reemplazo de unidades falladas, mantención y, también, la modernización a nuevos sistemas.

El clásico radar de control de fuego se ha transformado en un módulo de antenas combinado, en donde el radar de superficie es, a su vez, el radar de exploración y traqueo mientras rebusca (TWS, Track While Scanning) y un radar de iluminación montado en el mismo eje, el necesario para disparar las armas.

Los antiguos directores de control de fuego dan paso a nuevos directores optoelectrónicos, con dispositivos de televisión, infrarrojos, telémetros láser, etc., que pueden funcionar en ambientes saturados de contramedidas.

Todos estos avances de nada servirían si los especialistas en armamento no estuviesen bien capacitados táctica y técnicamente. Para ello, los sistemas de combate incorporan técnicas de registros que graban las acciones tácticas reales o ficticias, y que pueden repetirse cuantas veces se desee, mediante video sintético, para entrenarse.

Asimismo, el mantenimiento preventivo se ve facilitado por la incorporación en todos los componentes de sistemas de pruebas y chequeos detectores de averías automáticas (BITE, Build-in Test Equipment).

En resumen, este aspecto podrá ser el que cause más trastornos tecnológicos cuando las armadas tradicionales incorporen sistemas de combate a unidades antiguas, modernizadas, o en las de nueva construcción.

Misiles de superficie

A pesar de los éxitos publicitados, los misiles presentan vulnerabilidades y defectos que hábilmente explotados podrían neutralizarlos. La tecnología enfrenta una carrera acelerada entre los sistemas defensivos y los que buscan mejorar las capacidades de estas armas.

Debe recordarse que los misiles fueron concebidos y desarrollados para otorgar a pequeñas unidades un gran poder ofensivo, y en la actualidad son usadas por todos los componentes de una fuerza aeronaval. Por ello, cada adelanto que incorporen debe considerar a todos los usuarios posibles.

La limitada cantidad de misiles de una instalación misilera típica no basta para satisfacer exigencias tácticas cada vez más complejas, y defensas más fuertes. La tecnología

ha desarrollado, utilizando las mismas instalaciones, nuevos contenedores más ligeros, dispuestos uno sobre otro, misiles con aletas plegables y de menor peso, y otras mejoras, a fin de duplicar y hasta cuadruplicar el número de armas embarcadas.

Otro camino en este sentido ha sido el estandarizar lanzadores de tipo universal. La armada estadounidense cuenta con el lanzador Mk-13, que es utilizado para disparar misiles *Harpoon* (superficie-superficie), *Standard* (superficie-aire) y *Asroc* (superficie-submarino), aunque no traspasa tal tecnología a otras armadas.

Los misiles clásicos, como el *Exocet* MM-38, van siendo superados por la tecnología del presente. La solución se ha buscado desarrollando mejores características en ellos, que tienen relación con el alcance, la velocidad, los sensores y el cono de combate.

Alcance

El desarrollo de misiles transhorizonte ha obligado a depender de sensores aerotransportados para obtener datos del blanco o corregir la trayectoria intermedia del misil.

Por otra parte, la relativa inmunidad que poseen las aeronaves que hacen de *relay* intermedio en el guiado está siendo afectada por el desarrollo de helicópteros navales con capacidad antihelicópteros, que pueden enfrentarlos y destruirlos. Esta capacidad de disputar el control local de la zona intermedia otorga al poseedor de misiles de menor alcance una clara ventaja táctica, ya que puede obligar al adversario a combatir en su terreno.

Lo anterior se evitaría si el adversario contase con la protección de una patrulla aérea de combate, lo que está al alcance de pocas armadas. La fuerza que carezca de estos elementos orgánicos no podrá intentar ganar la iniciativa, quedando dependiente de sus sistemas defensivos de por sí limitados.

Para disminuir el riesgo de las aeronaves *relay*, la tecnología busca "navalizar" Vehículos a Control Remoto (RPV) que puedan transportar diversos sensores (TV, IR, láser, MAE/CME, etc.) y satisfacer las necesidades de información. Al construirse con plásticos y aleaciones ligeras, el eco radar producido es mínimo. Un ejemplo notable es el RPV *Sentinel* CL-227 (Canadá), que gracias a un estabilizador en seis ejes podría ser operado desde las cubiertas de vuelo de cualquier buque, tendría una autonomía cercana a 4,5 horas de vuelo y generaría un eco radar equivalente a 0,1 metros cuadrados.

Las ventajas tácticas son notables. Las dificultades en ser detectados, su gran versatilidad y discreción, y escasas probabilidades de alcanzar su destrucción, indica que este desarrollo tiene un gran futuro.

Velocidad

Pese a los avances en sistemas de detección, los buques aún disponen de menos de un minuto para reaccionar entre la detección y el impacto de un misil (El *Sheffield* sólo tuvo 4 segundos).

Principalmente por ello, los misiles aún son de velocidades subsónicas, puesto que frente a las actuales defensas aún son eficaces. Sin embargo, la tecnología tiende al desarrollo creciente de motores "turbojet", en vez del clásico propulsor sólido. Solamente

los *Exocet*, *Gabriel* y *Penguin* continúan en esa línea, mientras que los misiles más desarrollados, del tipo *Harpoon*, *Sea Eagle* u *Otomat*, utilizan turbinas.

La principal razón de ello es que el desarrollo de complejos detectores infrarrojos omnidireccionales hace fácilmente detectables a los misiles con motores a pólvora, ya que disipan gran cantidad de ondas calóricas (firma térmica). Además, lo anterior también facilita el empleo de misiles antimisiles de guiado pasivo IR, o granadas con espoletas IR.

Como las actuales defensas continúan su acelerado desarrollo, todo hace suponer que en el futuro los misiles deberán actuar en escenarios tácticos muy saturados de contramedidas. Frente a este desafío, ya se está desarrollando el primer misil de tercera generación, denominado ANS (Anti-Navire Supersonique), para reemplazar a los del tipo MM-40.

El ANS teóricamente podrá dejar inoperantes a todos los sistemas defensivos actuales y en desarrollo, gracias a la velocidad Supersónica (sobre 2 mach) proporcionada por un estratorreactor. Su alcance superará las 90 millas y soportará aceleraciones violentas de hasta 10 G, para así impedir el traqueo de cualquier sistema de armas defensivo.

Su sistema de dirección será una combinación entre radar activo de banda milimétrica (muy alta frecuencia), y cabeza infrarroja. Su computador determinará, en base a las contramedidas que se le hagan, el sensor más apropiado, y la trayectoria errática terminal óptima (de costado, en ángulo o desde la vertical).

Sensores

Los misiles clásicos del tipo *Exocet* deben ser apuntados con el buque lanzador y van degradando sus probabilidades de impacto si se les desfasa más allá de un pequeño ángulo. La tecnología ha desarrollado la capacidad de "puntería descentrada" (Offset Aiming), que permite lanzarlos desde otras demarcaciones. Ya los misiles *Penguin*, *Bofors* RBS-15, *Sea Eagle*, *Harpoon* y *Gabriel* incorporan esta técnica.

Otro desarrollo se refiere a la capacidad de volar entre islas, canales y tierra, otorgando un gran valor a su empleo en zonas costeras. La armada estadounidense incorporó en sus misiles crucero *Tomahawk*, el sistema TERCOM (Mapas de Correlación de Terreno), que hace seguir una trayectoria preprogramada en el computador de vuelo, y que va comparándose con el mapa topográfico "grabado" en su memoria.

Algo de esto ya incorporan los misiles *Penguin* y *Bofors* RBS-15, que son los únicos en el mercado que pueden ser lanzados y volar en y sobre canales, archipiélagos o fiordos

Por último, los avances en cámaras de TV miniatura ubicadas en el cono del misil permitirán transmitir al buque lanzador imágenes del blanco vía data-link, impidiendo las contramedidas.

Cono de combate.

Prácticamente todos poseen conos blindados con alto explosivo, y con dispositivos de retardo. Asimismo, las cargas están diseñadas para explosar hacia abajo, de modo que los daños sean mayores en la obra viva del blanco.

Debido a que aún no se ha podido programar en los misiles el punto exacto de impacto en el blanco, no se han desarrollado cargas dirigidas que maximicen los daños en áreas críticas.

En vista de los efectos producidos por los incendios causados por misiles en los últimos conflictos, se están desarrollando conos con explosivos líquidos e inflamables (tipo Napalm). Además, para impedir la explosión causada por proyectiles de alta energía cinética de los CIWS (Close-In Weapon System), se intenta reducir la sensibilidad de los explosivos a los golpes directos.

Por último, si las defensas se hacen cada vez más densas, no puede descartarse el desarrollo de misiles que posean una trayectoria final bajo el agua, como un torpedo, y con conos de activación magnética o acústica,

EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA ARTILLERÍA NAVAL

Tipo		Alcance (m)	Puntería	Tipo de carga	Uso de Vainilla	Sistema de retroceso hidráulico	Tipo de granadas
Cañón ánima lisa	(1800)	200-600	Punto de mira	Avancarga	No	No	Bala esférica
Cañón ánima lisa	(1860)	200-600	Punto de mira	Avancarga	No	No	Bala esférica
Cañón ánima estriada	(1870)	1.500-2.000	Alza abierta	Avancarga	Saquete	Sí	Explosiva
Cañón ánima estriada	(1890)	6.000-7.000	Alza telescópica	Retrocarga	Saquete	Sí	Explosiva-penetrante
Cañón acorazado	(1914)	10.000-14.000	Alza telescópica	Retrocarga	Saquete	Sí	Explosiva-penetrante
Cañón acorazado	(1945)	30.000-40.000	Radar	Retrocarga	Saquete	Sí	Explosiva-penetrante
Cañón 5"/54	(1980)	25.000	Radar	Retrocarga	Sí	Sí	PGM-Explosiva

PGM = Proyectil de Guiado Terminal.

COMPARACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE CAÑONES MODERNOS

Tipo		Alcance (m)	Rapidez de fuego (t.p.m.)	Sirvientes	Espoletas	Peso total (t)
5"/54 Mk-45	(EE.UU.)	25.000	28	No	PGM.VT/AD	48
5"/54 Otomelara	(Italia)	25.000	45	No	VT/AD	32
4.5"/55 Mk-8	(G.B.)	22.000	25	No	VT/AD	25
Creusot-Loire 100 mm	(FR.)	17.000	90	No	PGM.VT/AD	17
Otomelara 76/62		16.800	85-120	No	VT/AD	7

t.p.m = Tiros por minuto.

PGM = Proyectil de Guiado Terminal

VT = Variable Time, Aproximación Electrónica

AD = Acción Directa

SISTEMAS DE MISILES DE SUPERFICIE

Tipo	Fabricante	Peso (Kg)	Cono de combate (Kg)	Alcance (Km)	Velocidad (mach)	Propulsión	Sensores
Exocet MM-38	Aerospatiale	735	165	42	0.93	Pólvora	—Radar activo
MM-40	(Francia)	850	165	>70	0.93	Pólvora	—Radar activo
Gabriel I	Israel	430	100	22	0.7	Pólvora	—Radar semiact.
Gabriel II	Aircraft	520	100	41	0.7	Pólvora	
Gabriel III	Industries	560	150	36	0.7	Pólvora	—Comando
Penguin II	Kongsberg Vap. (Noruega)	340	120	30	0.8	Pólvora	
Harpoon	Mc Donnell Douglas (EE.UU.)	520	230	>90	0.85	Turbojet	—Radar activo
Otomat	Otomelara-Matra (Francia-Italia)	770	210	180	0.9	Turbojet	—Radar activo
RBS 15	SAAB Bofors (Suecia)	780	(?)	150(?)	0.8	Turbojet	—Piloto autoprog —Radar activo
Sea Eagle	British Aerospace (G.B.)	600	230	130	0.85	Turbojet	—Radar activo
ANS	Aerospatiale (Fr.) Messerschmidt-Bolkow (Alemania)	Similares al Exocet MM-40		>180	>2	Turbojet	—Radar activo

SISTEMAS DE ARMAS ANTIAÉREAS

El concepto tradicional de la defensa antiaérea que provenía desde la época de la Segunda Guerra Mundial, buscaba definir zonas muy precisas en donde diferentes sistemas defensivos intentaban destruir a la amenaza.

El atacante, conociendo que sus sensores y armas eran limitados, buscaba optimizar su uso mediante ataques aéreos masivos.

Al desarrollarse misiles del tipo *stand-off* lanzados desde aeronaves, el concepto tradicional ha quedado un tanto superado. Las nuevas tácticas han ido señalando a la tecnología el desarrollo de sistemas antiaéreos agrupados en dos grandes áreas.

Para apreciar mejor el nuevo concepto se le dará el nombre genérico de "Defensa Aeronaval", y a las dos áreas que existen se les denominará "Cortina Exterior" y "Cortina Interior", respectivamente.

La "Cortina Exterior" tiene como objeto mantener alejados a los aviones adversarios, ya que es poco probable que puedan ser destruidos a gran distancia. A pesar de su carácter un tanto ambiguo, debe ser tan fuerte que infunda a los pilotos adversarios una gran dosis de respeto.

Suponiendo que el objeto anterior se ha logrado, la Defensa Aeronaval deberá batir a los misiles lanzados desde gran distancia. En esta tarea hay que considerar la existencia de una Cortina Interior, la cual debe ser tan fuerte y densa que corresponda, en concepción, tanto al blindaje de antaño como a las zonas de destrucción de la defensa antiaérea convencional.

En el análisis que se realizará se indicarán algunos sistemas que responden a las necesidades tácticas de este nuevo concepto de Defensa Aeronaval.

Sistemas antiaéreos para la Cortina Exterior

Hay consenso que lo ideal es contar con aviación naval orgánica que mantenga el radio de esta cortina lo más lejos del centro de la fuerza. Sin embargo, la tecnología, buscando suplir la falta de este vital apoyo, desarrolló una aeronave de concepto singular, el avión naval *Sea Harrier*.

Actualmente se continúa perfeccionando sus características, de manera que a futuro pueda incluso reemplazar en muchas tareas al tradicional helicóptero embarcado. De lograrlo, la Cortina Exterior habrá recibido un gran apoyo.

En décadas pasadas, cuando aún se pensaba en defensas antiaéreas por zonas de destrucción, se desarrollaron múltiples sistemas, tales como los *Tartar*, *Terrier* y *Talos* estadounidenses, los *Seaslug* ingleses, y los *Masurca* franceses. Todos ellos con características muy claras y definidas. Con posterioridad la tecnología ha continuado el desarrollo de sólo dos sistemas de esta clase, y a los cuales eventualmente se podría acceder.

Uno de ellos es el estadounidense *Standard*, que emplea un misil derivado del *Tartar* y que es usado por varias armadas occidentales (EE.UU., Japón, Australia, España, Alemania, etc.).

Su corto alcance hizo desarrollar un motor perfeccionado, y es así como el mismo misil llegó a alcanzar unos 55 kilómetros de distancia.

Al perfeccionarse los misiles *Stand-off* hubo que pensar en volver a extender su alcance, lo que permitió el desarrollo del sistema *Aegis* montado en los nuevos cruceros *Ticonderoga*.

En este sistema las antenas de radar de exploración-control de fuego son parte de las superestructuras, y mediante barrido electrónico en vez de antenas giratorias, puede detectar y traquear gran cantidad de blancos a la vez.

El misil asociado es el *Standard* SM-2 ER (Extended Range), que alcanza sobre 100 kilómetros de distancia.

Si bien esta tecnología está sólo en poder de la armada estadounidense, cabe señalar que conceptualmente es algo hacia lo cual necesariamente deberían tender los futuros desarrollos.

En todo caso, es otra muestra de que un nuevo desarrollo es producto de la evolución de sistemas más antiguos, en vez de una revolución derivada de un "milagro" tecnológico.

La otra solución ha sido desarrollada en Inglaterra, y se ha derivado del antiguo sistema *Seaslug* (década de 1950). El Mk-I (35 Km) fue continuado por el Mk-II (45-50 Km), alrededor de 1960. Sin embargo, el avance de las amenazas de su época hizo desarrollar un sistema superior, el cual es conocido como el GWS-30 *Sea Dart*.

Su principal característica es el empleo de turbojet, en vez del clásico motor sólido. A pesar de las expectativas, su empleo demostró ciertas deficiencias, que en la armada británica llevó a perder al *Coventry*, y a serias averías en el *Glasgow* (ambos del tipo 42), frente al ataque de veteranos A-4 argentinos.

Nuevamente se desarrolló una versión "mejorada", que es denominada *Light Weight Sea Dart*. Sus características le permiten disponer en una instalación del tipo *Exocet*, de

hasta 8 misiles en contenedores listos para el uso, pudiendo utilizarse también contra blancos de superficie.

La novedad reside en que la reducción de tamaños y de los sensores asociados permite montar este sistema incluso en lanchas misileras (más de 300 toneladas), otorgándoles una ventaja en el rol antiaéreo que es imposible con el *Standard* estadounidense.

Sistemas antiaéreos para la Cortina Interior

La principal característica deseada es que los tiempos de reacción sean muy cortos, ya que los intervalos entre detección y reacción, especialmente frente a misiles, serán de algunos segundos.

La exigencia táctica fundamental es que sean altamente *eficaces*, y las opiniones se han dividido entre sistemas que puedan destruir y los que puedan desviar a la amenaza.

Paralelamente, la tecnología buscó soluciones en el campo de la guerra electrónica (sistemas de *soft kill*), mientras desarrollaba sistemas de defensa de punto (*hard kill*), que se analizan más adelante. La realidad ha demostrado que ambas soluciones se complementan vitalmente.

Respecto a los sistema *hard kill*, serán analizados separadamente para una mejor comprensión, pero si se considera que la amenaza más peligrosa es un misil, cualquier sistema que responda aceptablemente frente a éstos podrá enfrentar aviones a corta distancia.

Misiles para la defensa de punto

La defensa de punto es, básicamente, la autodefensa frente a aviones convencionales y a misiles *Stand-off* a cortas distancias.

La tecnología fue desarrollando soluciones parciales, al principio como complemento a la artillería de muy corto alcance. Tal fue el caso del *Seacat*, que a pesar de sus limitaciones tácticas es posible que siga en servicio hasta el año 2000.

Para la armada británica el problema será el de detectar blancos a distancias mayores, y por ello prefiere soluciones cercanas. Francia piensa lo mismo, y a ello corresponde el diseño del *Sea Crotale*, que no es otra cosa que la adaptación naval de la versión terrestre. Su alcance de sólo 8,5 kilómetros, el empleo de un lanzador óctuple y de un sistema combinado de guiado por radar e IR le confiere capacidades, incluso, frente a misiles rasantes, pero es ineficaz contra blancos de velocidades superiores a 1,5 mach.

La Armada de Estados Unidos, que considera como *imposible* el no detectar blancos a grandes distancias, desarrolló su sistema BPMOS *Sea Sparrow* (Basic Point Missile Defense System) derivado del misil aire-aire *Sparrow*. Este sistema provee protección hasta unos 10 kilómetros, mediante misiles de guiado semiactivo en lanzadores óctuples, pero con muchas limitaciones tácticas contra blancos rasantes.

La OTAN ha perfeccionado el sistema anterior, buscando extender su alcance y aumentar sus capacidades. El resultado ha sido el sistema *Albatross-Aspide*, que mediante misiles semiactivos de segunda generación alcanzan hasta 25 kilómetros, poseen sistemas de recarga automática (Meko 360, Argentina), y pueden emplearse contra blancos rasantes.

Como ya fue analizado en los sistemas de superficie, en esta área también se busca el desarrollo de misiles de lanzamiento vertical. Ya existen versiones experimentales del *Sea Sparrow* y del *Aspide*, y se prevé como el paso futuro en estos ingenios.

Entre los sistemas anteriores, todos presentan limitaciones respecto a la *distancia mínima* de empleo, y también en ser empleados contra blancos rasantes. Por ello su eficacia está disminuida frente a otros sistemas, específicamente diseñados para cubrir esta brecha.

Estos nuevos sistemas, conocidos como CIWS, pueden emplear misiles o cañones, y teóricamente pueden enfrentar eficazmente a las amenazas misileras.

Entre éstos destaca el GWS-25 *Sea Wolf* británico, primer misil antimisil desarrollado en el mundo. Su guía mediante radar y TV asegura un guiado adecuado a pesar de blancos rasantes. No requiere operador alguno, ya que puede ser operado automáticamente, bastándole la alarma automática desde el computador central del sistema de combate. (Se sabe que en la guerra de las Falkland esto causó varios lanzamientos accidentales, hasta corregir el *software* del computador).

Actualmente se ha desarrollado una versión más ligera, asociándole un radar de alta sensibilidad, el cual no requiere la ayuda de la TV para el guiado. Además, también se desarrolla una versión de lanzamiento vertical que permitirá alcanzar el doble de la distancia actual (hasta unos 10 kilómetros), manteniendo la velocidad de 2 mach.

Israel, por su parte, desarrolló otro misil, denominado Barak, al cual se le atribuye un cortísimo tiempo de reacción (sólo 6 segundos). Su guiado es mediante radar pasivo (guiado terminal IR), y también puede emplearse con control óptico. Inicialmente tiene trayectoria vertical, y luego "pica" hacia el blanco, cuando éste ha sido detectado en las pantallas de radar de la unidad.

Existe una versión de un lanzador óctuple, o bien, 32 en lanzadores verticales. Lo notable es el escaso peso del sistema (3,9 toneladas) y su volumen, equiparable al del cañón Otomelara de 76/62, de popa de una misilera.

Además, su alcance de 10 kilómetros y su gran carga explosiva (25 Kg HE) le hacen ser, en principio, superior al *Sea Wolf*.

Alemania cree que en el futuro las unidades de superficie deberán enfrentar ataques masivos, y por ello desarrolló un sistema que difiere conceptualmente de los otros conocidos. Este sistema es denominado RAM (Rolling Airframe Missile), ya que utiliza misiles de "fuselaje giratorio".

Esto significa que en vez de diseñar misiles con complejas plataformas estabilizadas con giróscopos y aletas de control utiliza un misil que sale rotando debido al empleo de una tobera excéntrica. La novedad reside en que en cada giro del fuselaje las señales de error detectadas en el cono IR van produciendo sólo una orden de corrección en la trayectoria. Su guiado es radárico pasivo, y el control final es mediante el cono IR.

Su alcance es de 5 a 7 kilómetros, y emplea partes de otros misiles muy probados en otros países (*Stinger*, *Sidewinder*, *Redeye*).

La armada alemana le atribuye un gran futuro a este sistema, y ha desarrollado una versión para ser adaptada en los lanzadores de *Sea Sparrow* o *Aspide*, de modo que en 2 de los 8 calzos disponibles montan 8 misiles RAM para enfrentar ataques a cortas distancias.

Artillería para la defensa de punto

Aunque los misiles se presentan como la solución ideal, su alto costo y la existencia aún de una "distancia mínima de empleo" hacen cada vez más atractiva la solución presentada por CIWS artilleros.

El mayor calibre en tener capacidades en este rol es el de 76/62 *Otomelara*. Ya ha sido modificado el actual sistema de carga, para permitir aumentar la rapidez de fuego a 120 tiros por minuto.

Otro desarrollo en curso es el de una granada del mismo calibre, que posee pequeños cohetes en su parte posterior que son activados de acuerdo a señales de error de la espoleta de aproximación electrónica (VT), para hacer variar la trayectoria hasta impactar blancos aéreos rápidos y evasivos.

Esta nueva granada, denominada CCS (Course Corrected Shell), si tiene éxito hará extender tal desarrollo a toda munición que pueda emplear espoletas VT, incluso a calibres inferiores a 40 milímetros.

Pese a lo anterior, la artillería se ve limitada por la baja rapidez y volumen de fuego, lo que se traduce en una menor probabilidad de impacto. Por ello, la tecnología desarrolló sistemas artilleros de características especiales, que puedan destruir a las amenazas, especialmente misileras, a distancias inferiores a 2.500 metros.

En los desarrollos obtenidos se han dividido los criterios entre quienes pretenden buscar un efecto de perdigonada (escopeta), o bien un efecto de "rifle" (el que con una bala puede desestabilizar el vuelo de un pájaro).

Obviamente, estos sistemas deben usar municiones especiales, los cuales normalmente son subcalibrados, de materiales muy duros (uranio empobrecido o tungsteno), de modo de alcanzar grandes velocidades y enorme energía cinética.

El primer CIWS artillero fue el *Vulcan Phalanx* desarrollado por la armada estadounidense en 1969. Este montaje utiliza 6 cañones giratorios de 20 mm tipo Gatling, integrados a un radar de rebusca y traqueo (banda Ku) que va traqueando cada bala y corrigiendo la siguiente. Este sistema de puntería de "circuito cerrado" asegura el obtener blanco hasta 3.000 metros de distancia, gracias al disparo de 3.000 tiros por minuto. Su limitación es el requerir un radar de exploración externo para la designación de blancos peligrosos.

Otro CIWS, del concepto perdigonada, es el *Meroka* español. Este montaje utiliza 12 cañones de 20 mm en dos filas paralelas que van disparando en salvas cada 80 milisegundos, de manera que teóricamente obtiene un volumen de fuego total de 9.000 tiros por minuto. Su alcance efectivo está entre 2.000 y 1.000 metros, y todos los sensores del CIWS van ubicados en el montaje, que es adaptable a cualquier base de ametralladora de 40/70. También está limitado al requerir un radar de exploración externo para la designación.

Los dos sistemas anteriores, además del bajo calibre, tienen alcances efectivos reducidos, lo que hace muy posible que no sean capaces de detener el vuelo de los grandes trozos de un misil, aunque hagan detonar su cono de combate.

Es por ello que se han desarrollado sistemas de calibres mayores. Uno de ellos es el holandés *Goalkeeper* (Arquero), que emplea el mismo concepto del *Vulcan Phalanx*, pero en un afuste de 7 cañones de 30 mm.

Su concepto de puntería también es de "circuito cerrado"; pero incorpora un radar monopulso de control de fuego con doble frecuencia (bandas IK) que permite el traqueo aun con ecos del blanco muy pobres.

Además, en el mismo montaje, incorpora al radar de exploración de alto poder (banda I) y gran capacidad antiinterferencias, el cual mediante la técnica TWS continúa traqueando otros blancos mientras bate al más peligroso.

Se asegura que puede batir misiles supersónicos y con violentas maniobras en la fase terminal. Su gran peso (6,7 t) le hace apto sólo para buques del tamaño superior a fragatas o destructores.

Entre los CIWS que pretenden obtener un efecto de "rifle", el más conocido es el *Sea Guard*, desarrollado en Suiza.

La gran novedad técnica es que utiliza 4 cañones fijos de 25 mm montados en una base oblicua y estabilizada en tres ejes, que pueden batir blancos entre -20º y + 125º de elevación, sin que el montaje sufra los enormes aumentos de peso de un sistema clásico al elevarse.

Puede batir entre 12 a 14 blancos secuenciales, y su efectividad se encuentra entre 100 y 1.500 metros (contra misiles), y hasta 3.500 metros (contra aviones).

Otra novedad es el empleo de munición de vainillas combustibles que elimina el riesgo de atascamientos; alcanza un volumen de fuego de 3.400 tiros por minuto y tiene un peso total de 5,7 t.

Por último, el veterano *Breda Bofors* doble de 40/70 ha sido adaptado al rol antimisil mediante la automatización de su sistema de carga (736 tiros listos para el uso), y el empleo de munición con espoletas especiales VT en granadas de 40 mm (con 700 balines de tungsteno cada una) y que, se asegura, pueden hacer explotar un cono de combate.

Resumiendo, pareciera ser que en el próximo futuro la tendencia en los CIWS será buscar y destruir al blanco más lejos, con calibres mayores, pero de gran exactitud. Las ventajas y desventajas de los CIWS, técnicas y tácticas, deben iluminar a quienes decidirán incorporar tecnología del futuro, en buques del presente.

SISTEMAS DE MISILES ANTIAÉREOS DE LARGO ALCANCE

DISEÑO ANTIGUO						
Tipo		Alcance (Km)	Guiado	Peso lanzam. (Kg)	Velocidad (mach)	Propulsión
TARTAR	(EE.UU.)	+16	SAR	680	2,25	Pólvora
TERRIER	(EE.UU.)	+35	BR/SAR	1.400	2,5	Pólvora
TALOS	(EE.UU.)	+ 120	BR/SAR	3.175	2,5	Pólvora/Turbo jet
SEASLUG I	(G.B)	+ 30	BR	2.000	2,5	Pólvora
SEASLUG II	(G.B)	+45	BR	2.263	2,5	Pólvora
MASURCA	(FR.)	+45	BR/SAR	1.850	2,6	Pólvora
DISEÑO MODERNO						
STANDARD SM 1	(EE.UU.)	+ 18	SAR	590	2	Pólvora
STANDARD SM2	(EE.UU.)	+ 100	SAR	1.060	2,5	Pólvora
SEA DART	(G.B.)	+ 45	SAR	550	3,5	Turbojet

SAR : Radar Semiactivo

BR : Beam Rider ("Montado en el haz de Radar") .

SISTEMAS DE MISILES ANTIÁEROS DE DEFENSA DE PUNTO

DE CORTO ALCANCE						
Tipo		Alcance (Km)	Guiado	Peso lanzam. (Kg)	Velocidad (mach)	Propulsión
SEACAT	(G.B.)	3-4	Telecomando	63	0,4	Pólvora
SEA SPARROW	(EE.UU.)	10	SAR	200	2,5	Pólvora
ASPIDE	(ITALIA)	25	SAR	220	2,5	Pólvora
SEA CROTALE	(FR)	8,5	SAR/IR	80	2,4	Pólvora
DE MUY CORTO ALCANCE (CIWS)						
SEA WOLF	(G.B.)	5	RADAR/TV	82	2	Pólvora
BARAK	(ISRAEL)	10	IR	80	1,6	Pólvora
RAM	(ALEMANIA)	5-7	IR	72	2	Pólvora

Telecomando = Señales de Radio

SAR = Radar semiactivo

IR = Infrarrojo

TV = Televisión

SISTEMAS CIWS ARTILLEROS

Tipo	Calibre (mm)	Alcance (m)	Rapidez de fuego (t.p.m.)	Sirvientes	Munición	Design. de Blancos	Puntería	Peso (k)
VULCAN PHALANX (EE.UU.)	20	600-3.000	3.000	No	Subcalibrada de uranio	Radar táctico exterior	Radar (KU)	5
MEROKA (ESPAÑA)	20	1.000-2.000	9.000	1	Subcalibrada de tungsteno	Radar táctico exterior	Radar/TV/IR(I)	4.5
GOALKEEPER (HOLANDA)	30	200-3.000	4.200	No	Subcalibrada de tungsteno	Radar táctico incorporado al montaje	Radar (I/K)	6.7
SEA GUARD (INTERNACIONAL)	25	1.500:3.600	850	No	Subcalibrada de vainas combustibles	Radar táctico exterior	Radar	5.7
DARDO (ITALIA)	40	12.500	600	No	Granada VT con balines de tungsteno	Radar táctico exterior	Radar (I)	7.3

SISTEMAS DE GUERRA ANTISUBMARINA

En la actualidad la tecnología ha ido dejando un poco de lado el empleo de sensores activos, como los conocidos hasta 1970, para desarrollar sensores pasivos cada vez más eficaces.

Los sonares activos presentan el defecto de que son indiscretos, ya que el submarino escucha antes los "pings" del sonar y puede evadirse o contraatacar. Además, el ruido propio del océano afecta sensiblemente su utilización.

Por otra parte, los sonares pasivos han ido desarrollando mejores capacidades, y en la actualidad un sonar de baja frecuencia utilizando a su favor las "zonas de convergencia" puede detectar contactos hasta unas 70.000 yardas.

Sistemas pasivos

Hacia 1952, la Armada de Estados Unidos desarrolló una red de sensores enterrado profundamente en el barro del fondo marino, enlazados a unas 20 estaciones terrestres de escucha. Su denominación fue sosus (Sound Surveillance Under the Sea) y su objeto detectar el tránsito de los submarinos soviéticos, principalmente en el Atlántico norte.

Los alcances atribuidos al sosus varían entre 3.000 y 10.000 millas, ya que el sonido alcanza grandes distancias en canales acústicos que existen a gran profundidad en la mar en los que las vibraciones viajan casi sin resistencia.

Existe una teoría que indica que el sonido puede quedar "atrapado" en estos canales acústicos y resonar durante años. Esto ha sido comprobado al detectar con sosus fuertes ruidos y explosiones inexplicables, que se han atribuido a combates desarrollados en la Segunda Guerra Mundial.

Su limitación es que sirve sólo para detectar submarinos que naveguen a velocidades superiores a 10 nudos. Para mejorar su eficacia se desarrolló el MSS (Moored Surveillance System), el cual es una especie de sonoboya fondeada en zonas críticas desde aeronaves o buques, que envía datos a estaciones terrestres, de contactos submarinos detectados y correlacionados con las amenazas, gracias a su computador preprogramado.

La aparición de misiles en los submarinos ha obligado a desarrollar sonares pasivos de mayores alcances. La solución actual está en los sonares pasivos remolcados, que en vez de arrastrar un transductor (tipo VDS), extienden una línea de sensores de hasta 1.000 metros de longitud, que puede colocarse a la profundidad que se desee.

Al no ser afectados por ruidos propios o de buques amigos, pueden detectar submarinos hasta unas 50 millas de distancia, siempre que no sean demasiado lentos.

La versión para submarinos es denominada TASS (Towed Array Sensor System), y la de buques, TACTAS (Tactical Towed Array System). Ultimamente, la armada estadounidense desarrolló una serie de buques especiales, muy lentos y silenciosos, que con dotaciones civiles patrullarán durante largos períodos, enviando datos vía satélite a centros terrestres. Estos emplearán el SURTASS (Surveillance Towed Array Sensor System), de mucho mayor alcance que el TACTAS.

Limitaciones de los sonares pasivos

No podría decirse que los sonares pasivos remolcados son *la* solución al problema antisubmarino. En realidad, son sólo parte de él.

Un sonar típico de esta clase puede detectar a un submarino en sólo 1 de 32 sectores de rebusca, que en total cubren 360°, pero el contacto puede estar a gran distancia y profundidad, por lo que atacarlo sólo sería factible mediante una aeronave, idealmente un helicóptero.

Entonces resulta fundamental contar con el helicóptero y las armas correspondientes. La *única* alternativa sería contar con misiles antisubmarinos *Stand-off* de nueva tecnología, y que antes de caer al mar desplegasen una barrera de sonoboyas que facilitara el ataque del torpedo seguidor. Esto no es fantasía, y ya en la Armada de Estados Unidos se desarrolla un prototipo (General Dynamics).

Las consideraciones anteriores bastarían para limitar las capacidades tradicionalmente atribuidas al submarino. Aunque se diga que éste puede detectar buques a grandes distancias, la geometría los limita.

El submarino no debiera arriesgarse a lanzar torpedos a distancias máximas, ya que bastaría un pequeño error en demarcación para exceder las capacidades de rebusca del arma.

Si el submarino emplease misiles tácticos (*Sub-Harpoon* o *Sub-Exocet*), las probabilidades de adquisición serían mayores debido al empleo de un radar activo en el arma.

En este aspecto, el sonar pasivo remolcado puede llegar a convertirse en el sensor antibuques de superficie más valioso. (Se sabe que el *Conqueror* detectó y traqueó al *Belgrano* desde su salida a mar abierto con su TASS).

Si la tecnología desarrolla señuelos generadores de sonido que simulen submarinos y que puedan ser lanzados desde diversas plataformas, los sensores pasivos podrán ser confundidos. La computación permite discriminar lo verdadero de lo falso, pero nuevamente la defensa va a la zaga frente a la ofensiva.

Sensores aerotransportados.

Estos son empleados en el campo táctico interior, y pueden estar montados tanto en aviones como en helicópteros. La plataforma más completa es evidentemente el avión A/S, que puede llevar sistemas de sonoboyas, detectores de anomalías magnéticas (MAD), detectores infrarrojos y detectores de gases de descarga de los *snorkels* de submarinos.

La computación, integrada a estos sistemas, puede ayudar a discriminar el verdadero contacto de los ecos falsos, y el submarino no tiene cómo saber que una aeronave le sobrevuela, e incluso, que comienza su ataque.

Los helicópteros se prestan admirablemente para el empleo de sonares VDS, los cuales sí son muy efectivos en este campo. Además, el desarrollo de misiles tácticos en submarinos ratifica la necesidad de contar con helicópteros de alerta aérea temprana (AEW) que faciliten la detección de éstos en su vuelo.

Cabe destacar aquí que la tecnología en la construcción de cascos de submarinos ha buscado disminuir su magnetismo, para así evitar la acción del MAD. Sólo la Armada de Alemania ha logrado éxito y es la única conocida cuyos submarinos poseen cascos antimagnéticos.

Las armas antisubmarinas

Aunque suene paradójico hablar de diseñar submarinos "blindados", la tecnología de las superpotencias ha desarrollado cascos dobles y fuertemente protegidos en sus unidades. Evidentemente, buscan superar el daño que pueda infringir un torpedo antisubmarino ligero como los actuales (Mk-44 ó 46), y que son el arma de los misiles antisubmarinos *Asroc* (EE.UU.), *Ikara* (Australia), y *Malafon* (Francia).

La respuesta tecnológica ha sido diseñar torpedos antisubmarinos pesados; tales como el Mk-50 *Barracuda* (EE.UU.) y el *Stingray* británico. Sin embargo, no debe pensarse que si los torpedos ligeros tienen poco potencial destructivo, por extensión las plataformas lanzadoras

tampoco lo posean. Probablemente, la tecnología buscará mejorar los conos explosivos, o facilitar ataques múltiples.

La tendencia a utilizar preferentemente torpedos en este rol, se debe a su rápida reacción, alta eficacia, y que no exigen arriesgar tanto como un ataque a corta distancia.

Las contramedidas frente al submarino

En el campo de la construcción naval se han desarrollado cascos y máquinas ultrasilenciosos, que amortiguan al máximo los ruidos propios.

Si a estas características se agrega el empleo de sonares pasivos remolcados y aerotransportados, se estarían invirtiendo drásticamente las tradicionales reglas del juego en la guerra A/S, según las cuales el submarino *siempre* detecta primero al buque de superficie. Las implicancias tácticas son evidentes.

Frente al empleo de torpedos autoguiados de última generación, y que al igual que los misiles tendrían cierta "inteligencia", los desarrollos tecnológicos son materias altamente secretas. Sin embargo, puede suponerse que tenderían a señuelos remolcados que tengan la misma "firma acústica" del buque, o bien el empleo de nuevos sistemas de propulsión (chorro de agua, hélices de paso variable).

Por último, en el desarrollo de nuevos detectores se investiga respecto a utilizar sensores IR que puedan descubrir al submarino por el calor de su casco, o bien detectarlo por el análisis del plancton destrozado por las hélices al avanzar.

Hay que reconocer que la tecnología no ha podido desarrollar nada que supere a los sensores pasivos ya mencionados. La solución, de obtenerse, será nuevamente, no cabe duda, otra muestra de evolución tecnológica, recursos dedicados al problema y conciencia del peligro.

ARMAMENTO EMPLEADO POR SUBMARINOS CONVENCIONALES.

Tipo	Fabricante	Alcance (km)	Propulsión	Design. de blancos	Tipo de guiado
SUB-HARPOON	Mc. Donell Douglas (EE.UU.)	97	Sólida	Sonar pasivo	Radar activo
SUB-EXOCET (SM-39)	Aerospatiale (Francia)	50	Sólida	Sonar pasivo	Radar activo
TORPEDO TIPO Mk-48	(EE.UU.)	46	Turbina a chorro de agua	Sonar pasivo	Homing activo/pasivo hiloguiado
TORPEDO TIGERFISH Mk-24	(G.B.)	32	Eléctrica	Sonar pasivo	Homing activo/pasivo hiloguiado
TORPEDO SUT	AEG. Telefunken (Alemania)	+35	Eléctrica	Sonar pasivo	Homing activo/pasivo hiloguiado
TORPEDO A-184	Italia	Largo (?)	Eléctrica	Sonar pasivo	Homing activo/pasivo hiloguiado

EQUIPOS A/S AEROTRANSPORTADOS

	Avión A/S	Helo A/S pesado	Helo A/S ligero
SONOBOYAS (activas/pasivas)	Sí	Sí	
MAD	Sí	Sí	No
DETECTORES DE GASES	Sí	No	No
SENSORES IR	Sí	No	No
SONAR VDS	No	Sí	Sí

SISTEMAS DE ARMAS A/S MODERNAS

	fabricante	Alcance (km)	Tipo de carga	Tipo guiado'	de Empleo
ASROC	EE.UU.	10	Torpedo 46 ó carga A/S nuclear	Emplea Sist. CF. de 5"/54	Unidades de superficie
SUBROC*	EE.UU.	10	Torpedo 46 ó carga A/S nuclear	Inercial	Submarinos
IKARA	AUSTRALIA-G.B.	20	Torpedo 44	Radiocomando	Unidades de superficie
MALAFON	FRANCIA	13	Torpedo acústico ligero	Radiocomando	Unidades de superficie
TORPEDO STINGRAY	G.B.	5-40 nudos	Cono explosivo	Homing acús- tico	Aeronaves/buques
TORPEDO BARRACUDA Mk-50	HONEYWELL	?	?	?	Aeronaves/buques
ROCKET A/S BOFORS 375	EE.UU. SUECIA	3,6	Bomba A/S	Balístico	Unidades de superficie

* Empleado sólo desde submarinos sumergidos.

SISTEMAS DE MINAJE

Aunque generalmente son considerados parte de la guerra antisubmarina, constituyen un arma tremendamente poderosa y del mayor costo-efectividad que se conoce.

La tecnología actual no ha podido desarrollar defensas eficaces frente a la amenaza de minas de nueva tecnología; y en el futuro próximo no se aprecian avances espectaculares.

Pese a ello, casi todas las armadas (excepto la soviética y la sueca) dicen estar interesadas en sus usos potenciales, pero no dedican medios ni recursos en su apoyo, olvidando que son armas muy difíciles de contrarrestar, es más complicado hacerlo y exige esfuerzos y equipos mucho más complejos que la defensa antimisil.

Por estas razones, las minas parecen ser armas ideales para fines ofensivos y defensivos, ya que pueden mantener al adversario bajo amenaza constante, y también sirven para proveer un cierto grado de seguridad, sin tener que recurrir a los escasos medios o a gran cantidad de personal.

Obviamente, no se trata de reemplazar *totalmente* a las fuerzas navales en algunas tareas. Sólo se pretende desplegar los limitados medios, en forma más efectiva e ingeniosa, para derrotar al adversario.

Minas de orinque

Su concepto es básicamente el mismo de las utilizadas en la Primera Guerra Mundial. La tecnología actual les ha facilitado nuevos materiales de recubrimiento para dificultar su detección desde cazaminas, en especial, fibras de vidrio, aleaciones ligeras y plásticos, pero la práctica demuestra que aún serían detectables.

La tecnología moderna les ha otorgado más valor en el empleo contra submarinos, y es así como las superpotencias poseen minas con cargas nucleares que son fondeadas a grandes profundidades (hasta 2.000 metros). Una variante de mina de orinque emplea una antena de hilo conductor de unos 30 metros de largo, que hace explotar el arma al pasar un submarino junto a él.

Otro desarrollo en esta clase de minas es el empleo de espoletas que reaccionan sólo frente a determinadas "firmas acústicas" o "firmas magnéticas" de contactos pre-programados.

Minas de fondo

Estas también son construidas de diferentes materiales y formas. Los últimos modelos tienen diseños que se mimetizan en el fondo rocoso, o bien con recubrimientos anecoicos (para reducir el eco frente a los sonares de alta frecuencia de los cazaminas).

Su activación generalmente es por influencia acústica, magnética o de presión, con alcances hasta 30 ó 50 metros. Algunas poseen autopropulsión, de manera de poder ser sembradas desde submarinos hacia posiciones determinadas, en donde quedan "dormidas" hasta ser activadas.

Minas especiales

Su desarrollo deriva del concepto del "brulote" o "torpedos flotantes" del pasado, y consiste en minas que son dejadas a la deriva en ríos o estuarios corrientosos.

Sus efectos pueden ser desastrosos en adversarios cuyo tráfico marítimo utilice ríos o canales angostos, ya que pueden bloquearlos, formar barreras, retrasar el zarpe/recalada de unidades y, en fin, una serie casi interminable de otras aplicaciones tácticas.

Minas "pensantes"

Bajo esta denominación se conocen dos diseños especiales de minas, desarrolladas por las superpotencias. Sin embargo, las grandes aplicaciones que poseen hacen suponer que ya están siendo diseñados ingenios similares en otros países.

La versión estadounidense es llamada CAPTOR. Su utilización básica es contra submarinos a grandes profundidades. Se fondea con un orinque muy corto, y en la cápsula sellada contiene un torpedo Mk-46.

Su sembrado se realiza en tiempo de paz y se activan por control remoto (RECO). Su memoria preprogramada tiene registrados los datos de submarinos adversarios, los que al pasar en las cercanías activan el torpedo, que se dirige al ataque. Al no existir mayores dificultades en el empleo del torpedo contra buques, se estima que técnicamente sólo es asunto de variar el programa de empleo.

La versión soviética, también de uso primario antisubmarino, se conoce como mina RISING, pero que a diferencia de la CAPTOR puede ser utilizada incluso en bajas profundidades (entre 80 a 200 metros). Su concepto es casi idéntico al del CAPTOR.

Aunque sus características permanecen secretas, cabe preguntarse qué podría hacer una armada cuyo adversario ha minado con estas armas sus áreas críticas en tiempo de paz, y que hasta hoy es tarea casi imposible detectar.

Las contramedidas

Aunque lo lógico sería atacar la causa y no el efecto, la diversidad de minas, de plataformas de sembrado, etc., hace materialmente muy difícil conseguir la destrucción de estas armas *antes* de su empleo.

Entonces, resulta que el esfuerzo debería volcarse hacia los medios para combatir los tipos de minas que el adversario posee. Dependiendo de la amenaza, los medios requeridos pueden exigir un enorme esfuerzo, gran complejidad y recursos exorbitantes.

Frente a las minas clásicas, el sistema de barrido de minas puede ser realizado por paravanes y buques tipo pesqueros, pero frente a minas de fondo o de influencia se requieren plataformas especiales, de fibra o madera, de magnetismo casi nulo, que utilicen buzos y minisubmarinos telecomandados, etc. Estas plataformas son denominadas *cazaminas* y la tecnología les ha permitido actuar contra minas de hasta 300 metros de profundidad. Sobre esta cota, no hay nada que pueda neutralizar a las minas de gran profundidad.

Se han realizado pruebas empleando aerodeslizadores como cazaminas y su especial diseño de casco las hace casi invulnerables a las minas y pueden llevar sensores retráctiles.

Otro cazaminas singular es el helicóptero *Sikorsky Sea Stallion*, de la armada estadounidense, el cual puede barrer minas con orinques, acústicas o magnéticas, reduciendo enormemente los tiempos necesarios. El empleo de buques-madre que puedan operar en las cercanías aumenta la movilidad de este sistema.

Al igual que con los submarinos, el país que logre desplegar estos ingenios antes que el adversario ganará la iniciativa. Una vez más, la ofensiva supera a la defensa.

SISTEMAS DE GUERRA ELECTRÓNICA

Hasta pocos años atrás, el nombre genérico de guerra electrónica hacía evocar aspectos misteriosos de ciertos especialistas y equipos, que no trascendían al resto del ambiente naval. Obviamente, los detalles tácticos y técnicos no eran divulgados ya que podrían afectar el éxito de la misión propia.

Sin embargo, el creciente rol que cumple esta actividad en apoyo de las armas propias hace pensar que ya no es sólo cuestión de un limitado grupo de expertos, sino que debe considerarse materia de interés general.

Los últimos acontecimientos bélicos han evidenciado el desarrollo de nuevos sistemas de guerra electrónica cada vez más perfeccionados y simples. Además, la tradicional ventaja de los equipos pasivos de apoyo electrónico (MAE) se mantiene inalterable, puesto que sus alcances de detección superan entre 1,5 y 2 veces el de un radar activo.

Equipos de guerra electrónica navales

Si se parte de la premisa que el mayor peligro que enfrentan las fuerzas navales convencionales son los misiles antibuque, se puede apreciar que la tendencia generalizada ha sido desarrollar sistemas de guerra electrónica que integran las capacidades pasivas (MAE), las activas (CME), el despliegue automático de deceptivos y señuelos, y las de sistemas de defensa de punto CIWS. El propósito evidente es reducir a un mínimo las exigencias de personal especializado y los tiempos de reacción.

Otra tendencia que se aprecia es mejorar los diseños de superestructuras y cascos en los buques, de manera que se obtengan formas redondeadas o con ángulos mínimos, que disminuyan notablemente la superficie reflectora del radar.

En este contexto, se ha desarrollado toda una serie de materiales absorbentes de radar que contribuyen al objeto anterior, y en el caso de materiales contra misiles infrarrojos, dispositivos reductores de "firmas térmicas" en chimeneas y costados del buque, en forma de circuitos enfriadores y aislantes.

Equipos MAE

Un detector MAE posee capacidad de goniometría y análisis de señales mediante computador. Este posee un banco de datos en el que se archiva toda o información de Inteligencia electrónica conocida de los adversarios potenciales.

Su interfase con los equipos de contramedidas (CME) puede ser automática o manual, aunque la tendencia es conseguir la mayor automatización posible.

Otro sistema detector que cabe en esta categoría corresponde a un equipo infrarrojo omnidireccional, el cual es capaz de detectar misiles en vuelo, debido a la "firma térmica" del "booster" de pólvora, y en mucho menor grado las turbinas jet. A este detector se le atribuyen grandes posibilidades, ya que podrá ser integrado fácilmente a los equipos MAE y a la reacción con contramedidas.

Equipos CME

La tendencia casi generalizada a desarrollar radares con agilidad en frecuencia hace muy difícil la tarea del detector MAE. Cuando éste, mediante técnicas de "muestreo", logra determinar el dato entra en acción la contramedida (CME) que podrá interferir dicha frecuencia.

La interferencia, que puede ser en banda ancha o angosta, ruido puro, y también con decepción en ángulo y distancia (AGPO, RGPO), podrá ser más o menos efectiva dependiendo del tiempo de reacción y la capacidad de los transmisores de potencia asociados. También la tendencia es hacia la automatización casi total en estas reacciones.

Debido a que será muy difícil conocer el tipo de misil que se empleará, la tecnología desarrolló una serie de artefactos que son actuados por las alarmas del sistema MAE o IR, y que son los denominados señuelos o deceptivos.

Señuelos o deceptivos

Si la premisa de buscar primero la destrucción de la causa y no el efecto es válida, se debe intentar dislocar a la organización de mando y control adversaria antes del combate,

para facilitar la destrucción por las armas propias. En este aspecto, la tecnología desarrolló inicialmente granadas de cañón con *chaff*. Posteriormente, y como una evolución lógica, se construyó *rockets* de largo alcance con mejores capacidades. Estos señuelos pretenden ser desplegados antes de romper el silencio electromagnético, de modo que el adversario al hacerlo correlacione estos contactos con otras informaciones previas, induciéndole a error y a lanzar sus armas antes de tiempo, evidenciándose.

Normalmente, tienen un alcance de unos 10 kilómetros, pero no debieran haber dificultades en extenderlo más allá, de ser tácticamente necesario.

Si se trata de enfrentar el ataque a corta distancia se emplean *rockets* de muy corto alcance que despliegan toda una gama de *chaff* y bengala IR, que sean más atractivos que el eco del buque. La tendencia en este aspecto se ve dirigida hacia la automatización del disparo, y al control del despliegue mediante un computador, que en función del viento, rumbo, velocidad y demarcación a la amenaza, las posiciona idealmente para enfrentarla.

Los tiempos de reacción y despliegue no superan los cinco segundos, y pueden enfrentar sucesivamente diversas amenazas. Dado que las interfases son sencillas, pueden ser adaptados a cualquier sistema MAE/CME existente.

El desarrollo actual busca combinar en un solo sistema los dos anteriores (largo y corto alcance), de manera de simplificar el problema. Incluso se han desarrollado varios tipos de *chaff* diferentes, pensando en amenazas críticas, tales como el empleo de "humo absorbente" contra guiados TV u optoelectrónicos, "jammers IR" contra guiados IR, y también "jammers" fuera de borda, contra guiados activos.

Equipos de guerra electrónica aeronavales

La creciente participación de las fuerzas aeronavales en la guerra en el mar, y también en el guiado de misiles, ha convertido a las aeronaves en un objetivo vulnerable y atractivo en la *defensa aeronaval* del adversario.

La tecnología ha ido evolucionando y adaptando sistemas de uso naval, en proporcionar a estos componentes de la fuerza sistemas de autoprotección y vigilancia.

Aviones navales de exploración y ataque

Actualmente se generaliza el uso de detectores de alarma automática que indican al piloto cuándo su avión está siendo iluminado y traqueado por radares adversarios, e incluso por armas, antiaéreas.

Para los aviones de ataque, la tecnología ha desarrollado barquillas o "pods" de sistemas integrados de MAE/CME, y de lanzadores de *chaff*/IR asociados. Estas son controladas por un ordenador digital en el cual se programan las amenazas que se espera enfrentar y el piloto puede seleccionar las que desee, para reaccionar ante ellas.

Para los aviones de exploración aeromarítima de mayor envergadura se han desarrollado equipos MAE verdaderamente notables. Por ejemplo, un MAE típico como el *Kestrel* (Plessey) puede cubrir bandas de frecuencia entre 600 Mhz hasta 18 Ghz, determinar datos de hasta 150 emisiones simultáneas en tiempo real, y almacenar en su memoria 2.000 radares adversarios.

También, un sistema de este tipo puede ser asociado a otros equipos de a bordo mediante el *hardware* correspondiente (radares, sonoboyas, MAD, etc.), pudiendo convertir a un modesto avión de patrulla en un pequeño centro de operaciones aeronaval, a bajo costo.

Si a lo anterior se suman equipos detectores en comunicaciones, que puedan interceptar e interferir señales de esta clase, aumenta la capacidad de introducirse en el dispositivo de mando y control adversario, para saturarlo o confundirlo.

Por último, se puede integrar a un equipo de contramedidas (CME), el cual tiene — entre otras capacidades— la posibilidad de efectuar *jamming* de ruido a radares, y de activar los sistemas *chaff*/IR de autodefensa.

Helicópteros navales

En el caso de estas aeronaves, el problema se ve afectado por las limitaciones de peso y volumen de los equipos. Por otra parte, su empleo en el guiado de misiles requiere dotarlos de sensores exactos, confiables y ligeros, entre los cuales los MAE no están exentos.

El desarrollo de armas antiaéreas de largo alcance y antihelicópteros también exige dotarlas de equipos de contramedidas (CME) para su protección. Para satisfacer tal propósito se han desarrollado sistemas muy compactos y eficaces.

Un ejemplo de esto lo constituye el módulo de guerra electrónica de un helicóptero tipo *Lynx*, (*MIR-2 Orange Crop*), el cual proporciona cobertura panorámica con seis antenas distribuidas en el fuselaje; opera en una banda muy amplia de frecuencias, presentando al operador todos los datos de las emisiones detectadas en video, a fin de activar las contramedidas (CME) y desplegar los deceptivos *chaff*/IR. El peso total de un equipo de esta clase es de 80 kilogramos, y consume una potencia de 1 Kw. En resumen, se obtiene un sistema de guerra electrónica totalmente integrado.

La tendencia futura a emplear cada vez más equipos controlados por computadores hará depender el éxito o fracaso de la misión en la habilidad en incorporar el máximo de informaciones del escenario táctico esperado y del adversario, en el *software* del equipo.

CONCLUSIONES

Es evidente que el impacto tecnológico en los sistemas de armas ha sido profundo. Sin embargo, no debiera creerse que la tecnología *en sí* será la solución para visualizar las operaciones navales del futuro.

La clave del problema radica en la *misión* del poder naval. Para cumplirla deberán desarrollarse *capacidades* sin perder de vista el contexto particular de cada país. Recién allí se podrá identificar las *tecnologías* que sirvan a dichas capacidades.

Ya se mencionó que predecir tendencias futuras es tarea muy difícil. A pesar de ello, se señalará aquellas que parecieran ser las más relevantes, derivadas de este breve análisis.

- En la guerra de superficie la tecnología continúa desarrollando mayores capacidades destructivas y de supervivencia a los sistemas de armas. En el caso de la artillería, la tendencia es incorporar a bordo sistemas de combate integrados, montajes más eficaces y munición más precisa.

- El empleo de Vehículos a Control Remoto (RPV) en reemplazo de las aeronaves de exploración y guiado intermedio, puede significar un cambio radical en el empleo de misiles transhorizonte.

La disputa de esta zona intermedia mediante aeronaves antihelicópteros se aprecia como una solución de compromiso ante la falta de una aviación naval de combate orgánica.

- En la defensa antiaérea y antimisil de corto alcance, los CIWS artilleros se presentan como alternativas de menor costo que los misileros. Sin embargo, las mejoras en el empleo de CIWS misileros de lanzamiento vertical y de mayores alcances, permitirán detener las amenazas más lejos, aun frente a misiles de trayectoria autónoma en la fase terminal (ATH).

- La guerra antisubmarina se presenta altamente compleja. La tendencia a incorporar misiles antibuque en los submarinos debería obligar al desarrollo de sensores de alerta aérea temprana (AEW) aerotransportados, cada vez más eficaces.

Respecto a los sonares, se aprecia una clara definición frente al empleo de sonares pasivos remolcados y helitransportados.

- La guerra de minas, aunque muy poco publicitada, ha producido desarrollos notables. Frente a su amenaza, la tecnología no ha podido lograr avances espectaculares.

Este campo pareciera ideal para ser desarrollado por armadas de escasos recursos.

- Respecto a la guerra electrónica, es evidente su interrelación con todos los sistemas de armas. La tendencia a automatizar cada vez más sus reacciones pareciera indicar que a futuro serán subsistemas integrales de éstos.

Aunque de reciente aparición, los detectores IR pasivos se aprecian muy adecuados para ser integrados a sistemas MAE/CME, especialmente frente a la amenaza de misiles con propulsores sólidos.

- Finalmente, la habilidad en apreciar que es vital contar con simuladores de sistemas de armas, centros de entrenamiento y dotaciones de especialistas *capacitados* para el combate, será la mejor demostración de haber comprendido que la tecnología en sí no permite ganar la guerra en el mar.

Lo esencial continuará siendo el hombre que emplee con inteligencia los adelantos tecnológicos en su favor.

BIBLIOGRAFIA

- E. ZUMWALT, Alto-Bajo, *Proceedings*, abril 1976
- ¿Un buque de guerra de 100 nudos? *US. News & World Report*, Julio 1978.
- G.R. VILLAR, Armas navales, *Jane's Weapons System*, 1978.
- Orr. KELLY, La armada versus los submarinos soviéticos. *US. News & World Report*, noviembre 1978
- G. HOLLINSWORTH, Tendencias futuras en los armamentos y la electrónica (Blohm Voss), abril 1980.
- R.V.S.I. BRASSEY, Algunos aspectos de táctica naval, *Defence Yearbook*, 1980.
- V. BREHART, Municiones aire-tierra guiadas por láser, *Defense Nationale*, 1981
- H. HARBOE-HANSEN, Enfrentemos al enemigo desde más cerca, *Maritime Defence*, abril 1981.

- THEODORE TAYLOR, Una fundamentación para el pensamiento táctico, *Proceedings*, junio 1982.
- D. HOUSMAN, Lessons of naval warfare, *National Review*, julio 1982.
- D. WETTERN, The Falklands, Damage Control Experience, *Navy International*, diciembre 1982.
- A. WATTS, La mina, un arma en vigencia. *Navy International* N° 6/1982.
- J. BYRON, Sea power opportunities, *Proceedings*, febrero 1984.
- R.W, ATKIMS, Guerra antisubmarina. *Naval War College Review*, febrero 1982.
- J. NOTT, The Falklands Campaign: The Lessons, *Defence Minister*, G.B., diciembre 1982.
- L. BAGGETT, Implicación de los avances tecnológicos en la estructura de las fuerzas navales, noviembre 1983.
- La guerra electrónica en el futuro, *Navy International*, mayo 1984.
- E. RECHTIN, El apoyo de la tecnología al mando. *Naval War College Review*, abril 1984.
- Misiles superficie-superficie, *Navy international*, marzo 1984.
- K. LAUTENSCHLAGER, La tecnología y la evolución en la guerra naval. *International Security*, 1983.
- A. PRESTON, Cómo detener a los misiles antibuque, *Jane's Defence Weekly*, abril 1984.
- F.D. STANLEY, Una ojeada a la defensa aeronaval, *Navy International*, agosto 1984.
- M, DULIEN, Señuelos antibuque y desarrollo de señuelos, *Tecnología Militar* N° 7/1985.-
- Sistemas de armas navales, Boletines de la Escuela de Tiro y Artillería Naval, 1982-1985.
- E. ARCHDALE, Modern naval guns, *Naval forces* N° 1/1982.
- DR. H.K. ULLMANN, Anti-ships missiles. *Naval Forces* N° 2/1985.