

Influencia y control de las «firmas» en la supervivencia del buque de guerra

Raúl Villa Caro
Academia de las Ciencias y las Artes Militares
Sección de Prospectiva de la Tecnología Militar

26 de junio de 2021

Las firmas de un buque de guerra moderno incluyen la «firma radar» (relacionada con la energía de tipo electromagnético reflejada por la obra muerta y superestructura del buque), la «firma acústica» (relativa a la energía vibratoria de la maquinaria transmitida desde la obra viva al mar), la «firma magnética» (asociada a los campos magnéticos generados por la estructura metálica del buque), la «firma infrarroja» (correspondiente a la radiación electromagnética emitida en la franja infrarroja del espectro), la «firma eléctrica» (generada por corrientes eléctricas producidas entre elementos metálicos que se encuentran unidos por el electrolito del agua de mar), y por último la «firma de presión» (producida por el efecto Bernouilli provocado por el agua que fluye de proa a popa).

Se debe destacar que la tecnología *stealth*, también conocida como *LOT (Low Observability Technology)*, consiste en la instalación de contramedidas a bordo de buques militares con el fin de hacerlos invisibles a detectores radar, infrarrojos, acústicos, etcétera. Por su parte, el concepto de «supervivencia» abarca la capacidad de un buque para poder mantenerse en condiciones de llevar a cabo su misión en un entorno caracterizado por una alta amenaza de conflicto bélico, en función de la susceptibilidad y la vulnerabilidad; mientras que la «detectabilidad» expresa la probabilidad que tiene un buque de ser detectado y clasificado, por lo que para conseguir una baja detectabilidad será necesario minimizar (o eliminar si es posible) la energía emitida y reflejada por el buque, para así reducir su influencia en el entorno.

Firma Radar.

El parámetro que describe la firma radar de un buque es la sección equivalente radar (*SER*, o *RCS* según las siglas inglesas *Radar Cross Section*), que se define como el área de un dispersor isotrópico que retorna al radar la misma potencia que

el objetivo en la orientación particular del radar emisor. Esta potencia se normaliza para hacerse independiente de la distancia entre el objetivo y el radar emisor.



Figura 1: Alerón del Puente del patrullero Tabarca

La sección equivalente radar se mide en unidades de área (metros cuadrados), pero no guarda una relación directa con la sección física del objeto, pudiendo ser superior o inferior a esta. Dado el amplio intervalo de variación del valor de la firma radar, incluso de un mismo objeto (dependiendo de la dirección de observación), normalmente se utilizan expresiones logarítmicas en decibelios referidos a un metro cuadrado (dBsm). Así:

$$SER (dBsm) = 10 * \log_{10} SER (m^2)$$

La *SER* depende de numerosos factores, entre ellos:

- Geometría y orientación del blanco.
- Relación entre el tamaño del objeto y la longitud de onda del radar.
- Naturaleza de la superficie (acero, aluminio, GRP, etcétera).
- Polarización.

- Características del radar.

Durante el proyecto de construcción de un buque de guerra debe evitarse la incorporación en el diseño de formas geométricas que presenten contribuciones uniformes para distintos ángulos de acimut. Formas tales como esferas, cilindros, triedros y diedros pueden ser muy perjudiciales de cara a la posible detección del buque. Asimismo, también es necesario evitar todas aquellas construcciones que puedan presentar riesgos de reflexión directa, o que puedan dar lugar a contribuciones significativas por reflexiones múltiples, como puede suceder en el caso de los huecos que presenta la superestructura del buque.

Firma Infrarroja.

En referencia al espectro electromagnético se debe destacar que cuando los objetos superan la temperatura de cero grados Kelvin, emiten y radian energía en la región infrarroja (*IR*), la cual puede ser detectada por sensores *IR*. Por su parte, la radiación térmica abarca diferentes longitudes de onda en el espectro electromagnético, siendo tanto la intensidad como la longitud de onda de la emisión, dependientes de la temperatura de la fuente emisora. En los buques de guerra, la detección de su energía térmica e *IR* puede significar que el buque sea localizado, e incluso que sea interceptado por un misil guiado por radiación *IR*.

La magnitud que permite cuantificar la radiación *IR* se denomina intensidad radiante y se define como la potencia radiada por unidad de ángulo sólido. De forma general la atmósfera absorbe la radiación *IR*, pero existen ciertas bandas del espectro electromagnético, denominadas ventanas atmosféricas, donde esto no ocurre. Dos de estas ventanas se localizan en las bandas comprendidas entre los 3 y 5 μm , donde radian los cuerpos más calientes, y entre los 8 y 12 μm , donde lo hacen los más fríos. Por lo tanto, la estructura del casco de un buque emitirá en ambas bandas, siendo el resultado de los gases de exhaustación la radiación más preocupante, emitiendo en la ventana comprendida entre los 3 y 5 μm . Los cuerpos calientes emitirán una radiación de interés térmico, y otra de interés óptico, la firma *IR*.

La radiación emitida por el buque dentro del espectro infrarrojo va a tener un impacto negativo en su supervivencia debido a que permitirá su detección, clasificación y seguimiento, convirtiéndolo en potencial fuente de guiado de misiles. Las principales fuentes de radiación *IR* en el buque serán los gases de exhaustación, la superficie expuesta y las superficies calentadas por los gases de exhaustación.

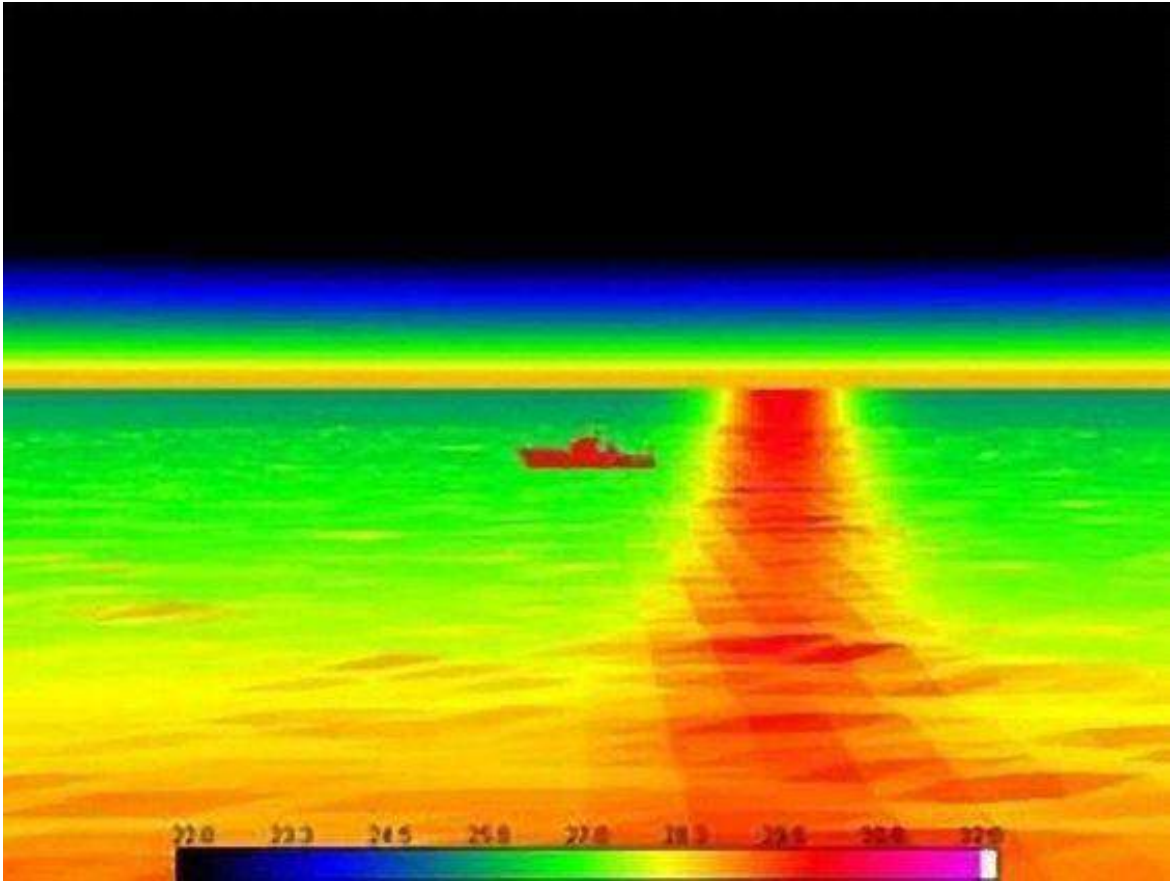


Figura 2: Firma Infrarroja (IR)

Por lo tanto, la principal amenaza *IR* del buque de guerra la constituyen los misiles auto-guiados pasivos *IR*. Por ello, las contramedidas *IRCM* disponibles en la actualidad se basan en aislamientos de espacios de máquinas, sistemas de distribución de agua salada para superficies exteriores y e ductores/difusores en penachos de exhaustación. Para incrementar la capacidad de refrigeración de los gases de motores, existen prototipos que emplean rociadores de agua salada junto al e ductor/difusor, con el fin de rebajar la temperatura de los gases.

Los buscadores *IR* pueden detectar superficies calentadas por el sol, tales como el casco del buque y la superestructura. A su vez las pinturas de bajas absorción solar ayudan a reducir las temperaturas en superficies calentadas por el sol, pero no son del todo efectivas. Por ello el sistema *AHC* resuelve el problema del sobrecalentamiento del casco y superestructura, mediante un sistema de pulverización de agua que cubre dichas superficies, auxiliándose de un sistema de medición en tiempo real de las temperaturas en superficie.

Para las nuevas generaciones de misiles auto-guiados, existen desarrollos con diferentes modos de enfriamiento que persiguen perturbar los algoritmos de guiado, mejorando así la efectividad de los señuelos.

Firma acústica.

El ruido radiado submarino es aquel que se transmite por el agua y puede ser detectado a grandes distancias. Su nivel y frecuencia determinan:

- La distancia a la que el buque puede ser detectado y clasificado por los sensores submarinos del enemigo.
- El riesgo de activar minas a cierta distancia.
- La distancia a la que el buque puede atraer a torpedos con guiado acústico.
- La interferencia que podría enmascarar contactos enemigos del propio sonar del buque.

Algunas medidas de reducción del ruido podrían ser las siguientes:

- Selección de equipos que generen un bajo nivel de ruido aéreo y estructural.
- Encapsulamiento de las fuentes más relevantes.
- Selección de montajes elásticos apropiados para la maquinaria propulsora y los grupos diésel generadores.
- Selección de conexiones flexibles apropiadas en las fuentes citadas para reducir el ruido transmitido por las mismas a la estructura del buque.
- Diseño de polines y apoyos de la maquinaria (soportado y conexiones flexibles) con una diferencia de impedancia acústica suficiente respecto a la de los montajes elásticos y conexiones flexibles.
- Existencia de aislamiento acústico en ciertas áreas críticas para reducir los niveles de ruido aéreo transmitido al agua.

Firmas Eléctricas y Magnéticas.

Estos tipos de firmas son empleados para la detección, clasificación, selección del blanco y seguimiento por minas estacionarias o móviles, torpedos y sistemas de vigilancia submarina. Esto se produce porque los barcos de acero poseen estas dos propiedades:

- Durante los trabajos de fabricación de las distintas partes del barco y de su ensamblaje, por realizarse en el campo magnético terrestre, el casco adquiere un magnetismo permanente que, después de un periodo en servicio, se estabilizará y permanecerá con pequeñas variaciones a lo largo de su ciclo de vida.

- Los materiales ferromagnéticos con los que se construye el casco y otros muchos equipos a bordo hacen que el buque adquiera un magnetismo inducido en presencia del campo magnético terrestre. Se debe destacar que este tipo de magnetismo varía notablemente con la intensidad del campo terrestre, y con el rumbo del buque.



Figura 3: Polín de apoyo de un equipo

Planes de Control de Firmas y Gemelo Digital.

Mientras esperamos al avance de la tecnología podremos desarrollar otros aspectos que nos permitan ganar valor y adquirir experiencia de cara al futuro en el control de las firmas. El *Gemelo Digital* en el ámbito marítimo ofrece una oportunidad única para poder estimar los niveles de algunas firmas del buque, en base a la gran sensorización existente a bordo y a la gran capacidad de computación disponible que ya permite la obtención de resultados en tiempo real.

Por ejemplo, se podrá estimar la firma acústica del buque en base a los datos obtenidos de las fuentes en funcionamiento y al nivel de vibraciones que generen los equipos más relevantes sobre sus polines.

También se podrá conocer de forma aproximada la firma infrarroja en base a la maquinaria propulsora en funcionamiento y mediante mediciones con sensores de temperatura distribuidos por la superficie externa del casco y superestructura.

Incluso se podrían también estimar los niveles de firma magnética conociendo las intensidades de las corrientes que circulan en un determinado momento por las bobinas del sistema de *degaussing*, o hasta se podría alterar a voluntad la firma radar, haciendo visibles (o no) reflectores radar cuya contribución a la firma total fuera conocida, aplicando de esta manera técnicas de disuasión.

Se debe destacar que como ayuda para la monitorización de todos los sensores que permitirán el control de las firmas, el buque dispone del «Sistema Integrado de Control de Plataforma» (SICP), el cual permite controlar y monitorizar sistemas de la plataforma del buque tales como la propulsión y gobierno, la planta eléctrica, el sistema de control de averías, o los sistemas auxiliares.

La ventaja de estos sistemas radica en su facilidad de implementación ya que, en muchos casos, se podrá aislar al sistema de sus sensores principales, simulando las señales de entrada mediante modelos prediseñados o escenarios reales basados en el histórico de los equipos y sistemas. Para finalizar indicar que otra función que podremos dar a la virtualización del gemelo digital será la de «asistente» del operador encargado del mantenimiento, que actualmente se consigue en el SICP, mediante el acceso a la documentación de los equipos desde el modelo tridimensional del buque.