REFLEXIONES SOBRE LA AMENAZA HIPERSONICA

Jose Manuel Sanjurjo Jul
Vicealmirante, retirado
Académico de la Real Academia de Ingeniería

SÍNTESIS
El desarrollo principalmente por parte de Rusia y China de armas hipersónicas, constituye un desafío a las potencias occidentales, especialmente en el contexto europeo y naval. Estas armas, presentan una amenaza estratégica significativa debido a su velocidad (superior a Mach 5), maniobrabilidad y capacidad de evadir los sistemas tradicionales de defensa. Estados Unidos ha retomado su desarrollo ante el avance ruso-chino, enfocándose en programas como el CPS y HACM, con uso convencional y lanzamientos desde diversas plataformas.
Aunque su empleo aún es limitado, estas armas están avanzando hacia la madurez tecnológica y podrían proliferar, alterando el equilibrio estratégico. Ante ello, Europa y la OTAN deben revisar sus capacidades defensivas, mejorar la interoperabilidad y adaptarse al nuevo escenario, considerando la integración de sensores espaciales y nuevos interceptores para enfrentar esta amenaza emergente.

PALABRAS CLAVE: HIPERVELOCIDAD, SCRAMJET, HIPERSÓNICO, DISUASION, INTEROPERABILIDAD.,

PROLOGO

Compartimos con nuestros aliados el principio de que, siempre debemos combatir a futuros oponentes desde la superioridad tecnológica —no podemos apoyarnos en la cantidad, ni humana, ni material—, y este, es un principio que se ha mantenido desde la Guerra Fría.

Sin embargo, el entorno operativo emergente, la difusión de la tecnología —en particular la digital—, la aparición de nuevas armas, algunas al alcance de la gran mayoría de potenciales contrincantes, y otras mucho más complejas únicamente accesibles a las principales potencias, están erosionando la ventaja tecnológica que hemos mantenido.

En este contexto, en las últimas décadas han surgido —sobre todo por parte de Federación Rusa y la República Popular China[1]—, las denominadas armas hipersónicas, como un nuevo elemento de asimetría táctica y estratégica que, debido a la combinación de sus particulares trayectorias de vuelo, su velocidad hipersónica y maniobrabilidad, proporcionan una gran capacidad de penetración, comprimiendo el espacio de combate enemigo, y consecuentemente degradando su capacidad de defensa.

La intención del presente artículo no es realizar un exhaustivo análisis de los desarrollos en curso de estas armas, ni de sus características y de sus posibilidades operativas, ni tampoco de la manera de combatirlas; se trata únicamente de esbozar estos temas, de modo que arrojen alguna luz sobre el futuro impacto de su empleo operativo, si realmente suponen una amenaza real a medio plazo y de las posibilidades de defensa efectiva contra ellas, y a la vista de ello, analizar las implicaciones para la seguridad de las alianzas a las que pertenecemos —particularizado para el teatro europeo—, en particular en el dominio naval

El interés por la hipervelocidad se remonta a la década de los años 50[2] del pasado siglo. En 1964 el vehículo tripulado experimental X-15, del programa del mismo nombre, patrocinado conjuntamente por la *Air Force* y la NASA[3], impulsado por un motor cohete, realiza el primer vuelo hipersónico de la historia[4].Al finalizar el programa, se

---

(1) Por simplificación, en adelante Rusia y China.

(2) Desde el primer vuelo propulsado de Orville Wright en 1903, la carrera tecnológica por la velocidad, sobre todo en el campo militar, ha sido incesante. Apenas habían pasado cuarenta años, cuando en 1941 Ernst Heinkel probaba el primer prototipo de motor a reacción, que terminaría propulsando del revolucionario avión Messerschmitt Me-262, capaz de superar ampliamente la velocidad de cualquiera otro caza del momento. En 1944, Alemania sorprendió con sus armas V: la V-1 con un motor de chorro pulsante y la V-2 con motor cohete de combustible líquido, que en su fase de vuelo final alcanzaba velocidad hipersónica. En 1947 Chuck Yeager rompió la barrera del sonido.

(3) National Aeronautics and Space Administration

(4) Da idea de la extensión del programa X-15, el hecho de que se realizaron se realizaron 190 vuelos.

enfría el interés y decae la actividad en el campo hipersónico, hasta que en los años 80 se intentó el desarrollo de un demostrador tecnológico de vehículo hipersónico propulsado por un motor scramjet[5], que nunca llego a construirse.

No se producirían nuevas incursiones en este campo hasta finales de los años 90 cuando la NASA inicia las pruebas del X-43 un vehículo no tripulado impulsado por un motor scramjet capaz de alcanzar Mach10[6]. Y ya mucho más recientemente a comienzo del 2000, la *Air Force* en colaboración con DARPA[7] patrocina el programa X-51, de nuevo propulsado por un motor scramjet con combustible JP-5.

El resumen, desde el programa X-15 de los años cincuenta, los EE. UU han demostrado interés por la hipervelocidad, iniciando diversos programas, pero sin continuidad, y sin suficiente coordinación entre los organismos involucrados, sin haber alcanzado resultados palpables conducentes a desarrollar una capacidad operativa. Sin embargo, en las últimas dos décadas, ante la constatación de que Rusia y China habían tomado la delantera en este campo, el desarrollo ha entrado en una nueva etapa. Como veremos, ante la presión de los competidores, ahora ya no se trata de desarrollar demostradores tecnológicos, sino que se trata de una competición por disponer de sistemas de armas operativas.

INTRODUCCIÓN

Que la velocidad era un factor determinante a la hora de reducir el tiempo de reacción de un sistema de defensa antiaérea, y por lo tanto una manera de incrementar el poder de penetración, ha sido desde hace décadas, un axioma indiscutible en el mundo de la defensa aérea; si el atributo de la velocidad se combina con secciones radar

(5) Mas adelante se definirá el motor scramjet

(6) En 2001 el programa sufrió un catastrófico accidente que resulto en la pérdida del vehículo experimental y del B-52 que lo lanzaba.

(7) Defense Advanced Research Projects Agency

reducidas, baja firma infrarroja, y maniobrabilidad —sobre todo en su trayectoria terminal— , estamos ante una seria amenaza, difícil de contrarrestar.

La reducción del tiempo de reacción para sistemas de defensa ante amenazas tácticas, y del tiempo de decisión de los sistemas de mando y control contra armas estratégicas[8] ha sido siempre el requisito clave en el diseño de sistemas de defensa aérea integrados. En particular, en los sistemas navales, todos los avances tales como los radares multifunción, lanzadores verticales, aumento de la capacidad de proceso, etc., perseguían la reducción del tiempo de reacción ante amenazas en vuelo supersónico.

La gran diferencia radica en que hoy, tendremos que afrontar amenazas en régimen de vuelo hipersónico[9] con capacidad de maniobrar a lo largo de toda su trayectoria, (ver fig 1) cuando los actuales sistemas de defensa fueron diseñados para velocidades supersónicas.

En cuanto a amenazas estratégicas, el problema radica que, hasta ahora los misiles balísticos de largo alcance seguían una trayectoria balística predecible, que tenía lugar en su mayor parte en el exterior de la atmosfera, lo que permitía una detección temprana y tiempos de decisión asumibles. Por el contrario, la trayectoria de los misiles hipersónicos estratégicos es atmosférica e impredecible, lo que reduce el tiempo de decisión y las posibilidades de interceptación. Hemos entrado en la nueva era de la hipervelocidad[10]

---

(8) Tiempo total para lanzar un contrataque.

(9) Velocidades superiores a Mach 5

(10) Estamos ya inmersos en una carrera armamentística entre las grandes potencias, que a su vez una implica una competición tecnológica en diversas áreas de potencial aplicación militar tales como la inteligencia artificial, la computación cuántica, robótica, armas de letalidad no cineteca, etc; competición que finalmente se materializa en al desarrollo de sistemas de armas, que puedan proporcionar una ventaja competitiva en un entorno operativo multidominio, cada vez más interconectado, robotizado y automatizado. El tempo operativo se acelera y exigirá proyectar y concentrar la letalidad requerida en el lugar propicio en el mínimo tiempo de reacción; es decir municiones capaces de evadir las defensas del adversario, que compriman su espacio de defensa y proporcionar el efecto deseado. En este nuevo entorno es donde hay que enmarcar la competición de las tres potencias, EE.UU, China y Rusia, por desarrollar y desplegar las denominadas armas hipersónicas, algunas ya en servicio en sus arsenales.

¿QUÉ SE CONSIDERAN ARMAS HIPERSÓNICAS?

No existe una definición generalmente aceptada sobre lo que se consideran armas hipersónicas; un término genérico e impreciso, que como veremos engloba diferentes sistemas de armas, que si bien, todas comparten el atributo de la velocidad, tienen distintos orígenes y diferente árbol genealógico. Sin embargo, a los efectos del presente artículo, cuando nos refiramos a un vehículo hipersónico, debe entenderse un misil que se desplaza dentro de la atmosfera[11], durante un periodo prolongado —con o sin propulsión propia— a velocidades superiores a Mach5, con capacidad de realizar maniobras evasivas a lo largo de su trayectoria. Mantener un vuelo hipersónico dentro de la atmosfera, unida a la capacidad de maniobrar, son quizás las características determinantes que lo diferencia de los misiles balísticos o de misiles crucero tradicionales en servicio.

Antes de sumergirnos en definir los tipos de armas hipersónicas es conveniente, a modo de comparación, indicar que los misiles balísticos, si bien, pueden alcanzar muy altas velocidades durante periodos muy cortos[12]; su trayectoria en su mayor parte es balística —más predecible—, y tiene lugar en la estratosfera, lo que facilita la temprana detección y posterior seguimiento (ver fig 1) todo ello aumenta el tiempo de decisión y la oportunidad de interceptación. En cuanto a los misiles crucero clásicos mantienen propulsión propia durante toda trayectoria, aunque normalmente a velocidades subsónicas, y trayectorias a baja cota[13].

En general, la literatura profesional clasifica, de una manera quizás demasiado genérica, a las armas hipersónicas en dos grandes grupos: misiles crucero hipersónicos (Hypersonic Cruise Missels, CM) y vehículos planeadores hipersónicos (Hypersonic Glide Vehicles HGV); es

(11) A lo largo del artículo, a efectos de simplificación, el termino dentro de la atmosfera, debe de entenderse inferior a 100 Km

(12) Durante la reentrada.

(13) Como se verá mas adelante,los motores scramjet no puede volar a muy baja cota.

de destacar que están surgiendo nuevas armas que, aunque comparten muchas de sus características, difícilmente pueden clasificarse en uno de esos tipos.

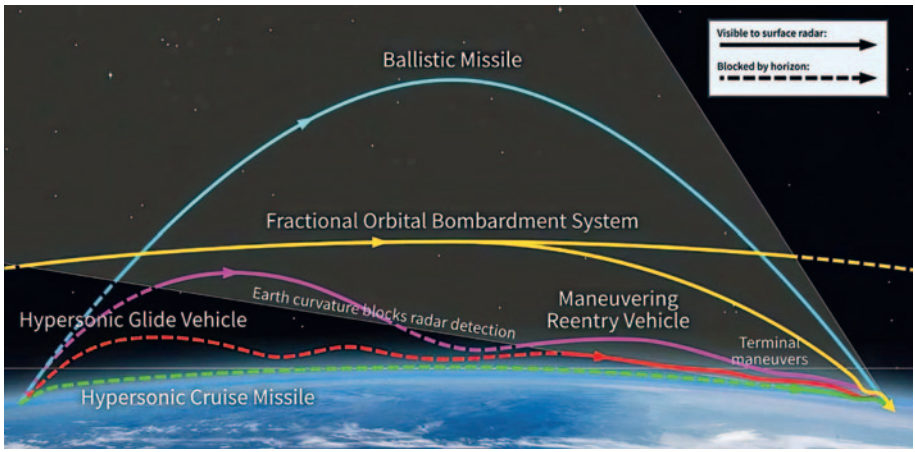


Figura 1. Comparación esquemática de las trayectorias de los dos tipos de armas hipersónicas. Fuente CSIS

Como ya se indicó, aunque ambos tipos de armas se agrupen bajo la misma imprecisa denominación de hipersónicas, realmente se trata de dos líneas evolutivas diferentes tanto en su concepción de empleo como en los retos y riesgos de desarrollo tecnológico.

Los misiles crucero hipersónicos son en cierto modo bisnietos de los V-1 desarrollados en la Segunda Guerra Mundial por los ingenieros alemanes. El motor de chorro pulsante que propulsaba las V-1 puede considerarse como una forma embrionaria de lo que posteriormente sería el desarrollo del *ramjet* supersónico y del *scramjet* hipersónico[14].

El perfil de vuelo de los misiles de crucero supersónicos es «similar» a los misiles crucero subsónicos actualmente en servicio en la mayoría de las marinas, es decir, propulsados durante toda su trayectoria dentro de la atmosfera; la gran diferencia consiste en que su cota de vuelo es significativamente superior (hasta 40 km). Mantener

(14) El ingeniero Paul Schmidt publica su idea en 1928

vuelo propulsado en régimen hipersónico durante un largo periodo de tiempo, requiere necesariamente disponer de un motor tipo *scramjet*[15] capaz de alcanzar velocidades teóricas entre 6 y 10 Mach y de proporcionar alcances de unos 2000 Km. Estos misiles, lo mismo que los subsónicos, tienen la capacidad de realizar maniobras de cambio de trayectoria a lo largo de su vuelo; sin embargo, conviene destacar que, en la fase final, el misil debe de volar a baja cota y consecuentemente reducir su velocidad de manera significativa.



Figura 2. misil de crucero hipersónico

Los motores *scramjet,* son aeróbicos, es decir utilizan el aire exterior para sostener la combustión[16]. Es de destacar, que este tipo de motores requieren para su encendido velocidades próximas a Mach 5, y por lo tanto, deben ser inicialmente impulsados por un cohete acelerador (*booster*) que los lleve a la cota y a la velocidad requerida para iniciar la combustión; sin embargo, el cohete acelerador necesa-

(15) Ninguno de estos motores tiene elementos móviles y permiten alcanzar velocidades de crucero alrededor de Mach 6 para los ramjet y Mach 10 para los scramjets.

(16) La diferencia fundamental con los ramjet, consiste en que reduce en su interior la velocidad de entrada aumenta la presión y la temperatura, lo que les permite sostener una combustión estable en vuelo hipersónico.

rio, es de mucho menor impulso del requerido para los vehículos HGM, que analizaremos a continuación. La ventaja de que el tamaño del booster requerido sea relativamente reducido, facilita la integración en plataformas aéreas, terrestres, de superficie y submarinas.

Así como podemos considerar a los V-1como lo predecesores de los misiles crucero hipersónicos, la idea de utilizar vehículos de largo alcance planeadores se remonta al mismo periodo de la Segunda Guerra Mundial. El proyecto del bombardero planeador *Silvervogel* ideado por Eugen Sanger, aunque con las lógicas diferencias, puede considerarse el bisabuelo de los actuales HGV.

Las armas del tipo HGV tiene en común, que constan básicamente de un vehículo (glide) no propulsados durante su trayectoria atmosfé-



Fig 3. Impresión artística de un dardo planeador

rica, impulsado inicialmente por un cohete acelerador de gran potencia[17] que les permite alcanzar una altitud estratosférica, entre los 50 km y 100 Km y velocidades hipersónicas próximas a 20 Mach o superiores, Una vez separado del impulsor, el dardo planeador inicia la trayectoria no propulsada con maniobras evasivas hacia el blanco. Si bien su velocidad inicial es muy elevada, a partir de la separación toda maniobra será en detrimento de la velocidad y del alcance; cuanto mayor sea el alcance menor será su velocidad final que puede verse reducida entre 5 y 7 Mach.

Las cabezas de combate de estas armas dependen de su empleo operativo. Por ejemplo, Rusia considera a los HGV armas estratégicas nucleares[18], mientras que por el contrario, los EE.UU las considera armas estratégicas convencionales de ataque en profundidad.

La elección de cabeza convencional versus nuclear tiene implicaciones no solamente en el diseño del dardo planeador, sino también en el desarrollo del sistema de guiado, ya que en un arma convencional su letalidad depende exclusivamente de la energía cinética al impacto y lógicamente requiere una precisión mucho mayor que en el caso de una cabeza nuclear.

DESARROLLOS Y RETOS TECNOLOGICOS

El desarrollo de armas hipersónicas requiere la integración de diversas tecnologías, —muchas de ellas al límite de las actuales posibilidades—, y sobre todo, disponer de una amplia infraestructura de pruebas de desarrollo[19], de polígonos de tiro extensos convenientemente instrumentados y plataformas de lanzamiento especialmente adaptadas[20].

---

(17) El impulso del acelerador depende de que la utilización sea táctica o estratégica del HGV. Como referencia, el HGV Avangard ruso utiliza como acelerador el misil intercontinental SS-19 «stiletto», mientras, por ejemplo, el HGV táctico que la USN está actualmente en pruebas operativas es integrable en el DDG-1000.

(18) Cabezas de 2 megatones según la agencia Tass

(19) Como por ejemplo complejos y costosos túneles de viento hipersónicos.

(20) Los Estados Unidos han utilizado regularmente bombarderos B-52 como plataforma de lanzamiento.

Anteriormente ya se indicó, que, aunque los dos tipos de armas hipersónicas comparten los atributos de velocidad, vuelo atmosférico y capacidad de maniobra, son sistemas radicalmente diferentes entre sí, tanto en su diseño, como en la letalidad, y en su empleo operativo; y desde luego, cada una presenta retos de diseño y desarrollo diferentes.

El mayor reto en el desarrollo de los misiles crucero es el desarrollo de un motor scramjet capaz de mantener un régimen de combustión supersónico[21] estable a distintas cotas de vuelo y lograr que el diseño de la admisión de aire del vehículo se adapte a las condiciones de combustión. En cuanto al dardo hipersónico, el problema principal es el de las altas temperaturas que se genera durante el vuelo y el diseño de los efectores que le proporcionen la requerida maniobrabilidad; Tanto los misiles crucero, como los planeadores hipersónicos comparten el reto de mantener las comunicaciones a través de la envuelta de plasma[22] del vehículo durante el vuelo.

En cuanto al perfil de vuelo, hay dos diferencias fundamentales, los misiles crucero hipersónicos requieren propulsión durante toda su trayectoria —aunque necesiten un impulso inicial (booster) que les permita alcanzar la velocidad requerida para el encendido del motor scramjet—, mientras que los planeadores o dardos hipersónicos tienen dos fases de vuelo, la inicial acoplados a un cohete de gran impulso que los lleve a una trayectoria exterior a la atmosféra y a alcanzar un alto régimen hipersónico, y la que, una vez alcanzada se desprende el booster y el dardo continua sin propulsión el resto de la trayectoria.

Sin entrar en demasiados detalles técnicos, el lector ya puede intuir la complejidad tecnológica de desarrollar este tipo de armas y que, por motivos propagandísticos, se exageran las capacidades y su eficacia en las pocas ocasiones que se han utilizado.

---

(21) En el scramjet el flujo de aire a velocidad hipersónica que entra en la admisión se reduce a una velocidad supersónica para aumentar la temperatura y la presión antes de la combustión. Alguien definió el proceso como mantener una vela encendida en un huracán.

(22) El vuelo supersónico genera altas temperaturas capaces de disociar las moléculas del aire y ionizarlas, creando un estado denominado plasma.

No es la intención de este articulo profundizar en aspectos técnicos, pero con objeto de facilitar la comprensión de las capacidades de estos misiles, de su empleo operativo , de sus posible defensa y de las repercusiones de su despliegue, conviene esbozar los retos técnicos que suponen el desarrollo y la fabricación en serie, tales como las altas temperaturas generadas durante el vuelo prolongado hipersónico en la atmosfera, diseño aerodinámico y estructural del vehículo, el problema de mantener una combustión estable en los motores scramjet, y los problemas derivados de la formación capa de plasma.

En el cuadro anexo se expone de manera reducida estos retos.

-Materiales resistentes a muy altas temperaturas
Existe mucha experiencia acumulada sobre materiales que resistan altas temperaturas generadas durante vuelos hipersonicos. Por ejemplo NASA tiene sobrada experiencia en las temperaturas que se producen en la rentrada de vehículos espaciales, como por ejemplo con los shuttle; pero que, si bien los diseños de estos vehículos no son optiizados aerodinámicamente, vuelo el estrés térmico en estos casos se produce durante un periodo de tiempo relativamente corto, nada que ver con un vuelo sostenodo en régimen hipersónico, durante el cual es esencial mantener la resistencia estructural del vehiculo, la proteccion térmica de los componentes y de las cabezas de combate.
-Diseño aerodinámico
El diseño aerodinámico de estos vehículos es crítico por varias razones: la primera, en el caso de los HCM, asegurar la correcta entrada de aire al motor scramjet que asegure una combustión estáble; la segunda es gestionar la formación de la capa de plasma a sobre la superficie del vehículo, de tal manera que la colocación de antenas de enlaces link con el exterior no se vea afectada por la formación de la envuelta de plasma. Sin olvidar la importancia de gestionar las áreas de altas temperaturas del vehículo, evitando que se vea afectados los diversos componentes, incluido la cabeza de combate.

Los programas CFD (Computational Fluid Dynamics) disponibles para el desarrollo de vehículos en régimen subsónico están validados y son fiables, no así, para el régimen hipersónico en el que la simulación del efecto de la envuelta de plasma supone una dificultad importante.

De manera similar, existe una amplia infraestructura de túneles de viento subsónicos, sin embrago los túneles hipersónicos son mucho mas complejos, caros de operar, y únicamente permiten ensayos con modelos muy reducidos.

-Motores scramjet

El diseño aerodinamico de la entrada de aire a los motores scramjet, es sin duda alguna uno de los temas mas críticos del diseño, ya que se trata de lograr que el se produzcan las ondas de choque adecuadas para que el aire lleghe a la cámara de combustión a la temperatura y presioin precisas y en régimen de flujo que permita la combustión estable. Sin profundizar en este tema, pero parece intuitivo, que mantener estables estos parámetros en una maniobra de cambio de trayectoria resulta extremadamente difícil.

Según la comparación indicada en un informe, el problema es como martener una cerilla encendida en un huracán.

-Capa límite de plasma

A las velocidades y presiones que se alcanzan en un vuelo hipersónico, las moléculas de aire que rodea al vehículo se disocian, se ionizan y se crea un estado en el que electrones libres lo que se denomina plasma.

Resulta evidente, que mantener comunicaciones uplink y down link, acceso a información GPS y desde luego utilización de sensores a bordo a trves de esta capa limite representa un importante problema tecnológico. Sin embargo la precisión de estas armas en su fase terminal contra blancos móviles depende de poder mantener algún tipo de comunicación con el misil.

EMPLEO OPERATIVO

Tanto los HGV[23] como los HCM están diseñados para evadir los sistemas antimisiles terrestres y navales— como ya se indicó, mediante trayectorias no predecibles y evasivas, vuelos atmosféricos a relativa baja cota— lo que dificulta la detección y reduce significativamente el tiempo de reacción y la capacidad de interceptación de las defensas antimisil. En el caso de su empleo estratégico, como es el caso del misil ruso Avangard, el margen para decidir un contraataque nuclear se reduce significativamente[24].

Tanto China como Rusia tienen una percepción diferente de su utilidad y de su empleo operativo, y por lo tanto sus estrategias de desarrollo son diferentes; Para Rusia las armas hipersónicas son sobre todo un medio de contrarrestar la estrategia de defensa antimisil balísticos de los EE.UU, mientras que la principal motivación de China, es ampliar los perímetros A2/AD en la que considera su zona de influencia[25]

En los EE. UU, la idea de desarrollar armas convencionales que proporcionasen una capacidad estratégica de alcance global no es algo nuevo, se remonta a los años de la guerra fría; pero este concepto ha ido enraizando en el pensamiento militar ante la constatación que, en el nuevo orden internacional, la doctrina de disuasión basada en destrucción mutua nuclear ya no respondía a un mundo cambiante y que los avances tecnológicos hacían factible la vieja idea. Disponer de armas convencionales de alcance global permitía, en primer lugar, graduar la respuesta a una provocación, sin tener que cruzar el umbral nuclear; y en segundo la posibilidad de gestionar conflictos con potencias de segundo nivel —incluso con grupos no gubernamentales— a medida que aumentaba la proliferación de armamento nuclear.

---

(23) Sistemas como el Avangard ruso, realmente esta diseñado para evadir los sistemas BMD estratégicos de los EE.UU

(24) Según información pública, el tiempo para decidir el contrataque contra un misil balístico desde su detección es de unos 15 minutos.

(25) Sobre todo, si finalmente un HGM pudiese alcanzar la suficiente precisión que asegurase un impacto en una plataforma movil naval.

CAPACIDADES EXISTENTES Y DESARROLLOS ACTUALES

Estado Unidos de América

En el campo de la hipervelocidad, resulta imposible, ni siquiera esquemáticamente, resumir las diferentes iniciativas de desarrollo en curso emprendidas por el Pentágono y DARPA, y los diversos estudios y desarrollos realizados por la NASA. Para completar el panorama total, habría también que considerar la colaboración entre los EE.UU y algún aliado como es el caso de Australia, colaboración poco conocida, que se remontaría a casi dos décadas[26].

De las diversas iniciativas[27], el Pentágono ha decidido priorizar sobre otras alternativas el desarrollo de armas HGM. La justificación de esta decisión radica sobre todo, en que el desarrollo de estas armas en principio presenta menos riesgos tecnológicos que las de misiles de crucero de propulsión scramjet, y en términos de alcance, velocidad y efectos letales, para ciertos escenarios de difícil acceso y que requieran rapidez de acción, podrían substituir a las armas convencionales ya en el inventario.

Los dardos planeadores hipersónicos son una buena opción para disponer de un arma convencional de largo alcance, capaz de penetrar en escenarios con sistemas muy densos de defensa antiaérea contra blancos en los que la velocidad del vehículo proporciona un poder de penetración combinada con la energía cinética[28].

---

(26) Según informa el Australian Strategic Policy Institute, los EE.UU y Australia han venido colaborando en el desarrollo de armas hipersónicas desde 2007 en el programa Hypersonics International Flight Research Experimentation (HIFIRE), que continuo con el Southern Cross Integrated Flight Research Experiment (SCIFIRE) relacionado con el Hypersonic Attack Cruise Missile (HACM) de la Air Force..

(27) Según el Congrsional Reseaach, los Estados Unidos están desarrollando las siguientes armas hipersónicas:

U.S. Navy – Conventional Joint Promt Strike (CPO)

U.S. Navy- Hypersonic Air-Launched (HALO)

U.S. Army – long - Range Hypersonic Weapon (LRHW)

U.S. Air Force – Hypersonic Attack Cruise Missile (HACM)

(28) La liberación de energía cineteca podría equivaler a una cabeza nuclear de poca potencia.

La actual estrategia de adquisición del Pentágono es doble. Para la utilización en la US Navy y el US Army, se trata de desarrollar una solución común, el Conventional Prompt Strike (CPS) consistente en el mismo vehículo planeador hipersónico[29] y el mismo misil acelerador (booster), pero integrados en dos contenedores diferentes; uno para plataformas navales y otro para lanzamiento desde un sistema móvil terrestre. La US Navy es la responsable de liderar el desarrollo conjunto[30].

Para utilización en la *Air Force*, la estrategia es diferente, se ha optado por una solución HCM. consistente en un misil, el HACM (Hypersonic Attack Cruise Missile), para ser lanzado desde los bombarderos B52 y en el futuro desde los F-15.

La plataforma elegida para las pruebas de desarrollo del programa CPS en su versión naval es el DDG 1000 Zumwalt. La configuración elegida para la integración a bordo es la de cuatro módulos triples de misiles (APM advanced payload module), que se instalarían en el futuro en unidades de superficie y en los submarinos Virginia Block V.

De las fotos publicadas por la U.S Navy (ver figura anexa) de la instalación de los módulos APM en el DDG 1000, uno puede intuir que este tipo de misiles requerirá de plataformas de tonelaje superior a las 10.000 toneladas y si hablamos de submarinos de ataque se requerirán submarinos del porte del tipo Virginia.

El otro programa del Pentágono de armas hipersónicas es Hypersonic Air-Launched Anti-Surface (HALO) de lanzamiento de plataformas aéreas.

Es interesante resaltar que empiezan a aparecer iniciativas privadas de armas hipersónicas como la del misil Mako desarrollado por Lockheed Martin, de reducido tamaño, que permite su integración en aeronaves como el F-35 y según la empresa capaz de ser disparado desde los lanzadores MK 41.

---

(29) El vehículo hipersónico común (Common Hypersonic Glide Body, C-HGB) se basa en un diseño desarrollado por Sandia National Laboratories como resultado de décadas de investigación.

(30) Estos desarrollos no son programas de adquisición, se consideran demostradores de reducción de riesgo.



Fig 4. instalación de los módulos APM en el destructor DDG-1000

Leyendo informes oficiales[31] o de instituciones de acreditado prestigio, y artículos de opinión, no existe una opinión unánime en los EE.UU. sobre si, dado su alto coste, este tipo de armas supone realmente una ventaja competitiva sobre Rusia y China, sobre todo si se comparan con misiles ya existentes en el inventario; tampoco hay desarrollada una clara doctrina de su empleo, si bien, en principio, la decisión es que no estén dotadas de cabezas nucleares. Sin embargo, no puede descartarse a largo plazo que razones estratégicas obligasen a cambiar este criterio.

(31) CSIS (Center for Strategic & International Studies), CRS (Congresional Research Center),etc.



Fig 5. Concepto CPS

Rusia

Rusia ha estado realizando desarrollos en este campo desde al menos cuatro décadas, pero la decisión de acelerar el desarrollo y disponer de una capacidad de armas hipersónicas se remonta sin duda al 2002[32]. La retirada de los EE.UU del tratado ABM (Anti-Ballistic Missile), se percibió por Rusia como que los avances en la capacidad anti misiles balísticos americanos erosionaban su capacidad de disuasión nuclear, y que las armas del tipo HGS restituirían el equilibrio estratégico[33]. Esto quizás también explica que en la doctrina rusa, al

(32) Cancelación del tratado ABM

(33) El presidente Putin en el discurso del Estado de la Nación en 2018 reitero que la decisión rusa de desplegar misiles hipersónicos era la causa de la retirada de los EE.UU del tratado ABM.

contrario que la del Pentágono, sus armas hipersónicas están desarrolladas para portar cabezas nucleares.

Rusia tiene tres programas de desarrollo de misiles hipersónicas; un HGV estratégico capaz de armarse con cabeza nuclear (Avangard), un misil crucero táctico también con capacidad nuclear (Zircon), y un tercero de lanzamiento aéreo (Kinkzhal), que no puede considerarse un nuevo proyecto, sino la adaptación de un misil táctico balístico ya existente en su inventario.

El Avangard, en servicio en el arsenal ruso desde 2020, es un HGV con capacidad nuclear, que según la información disponible está integrado en el misil balístico intercontinental SS-19 «Stiletto», aunque en el futuro, el plan es integrarlo en el R-28 «Sarmat». Su alcance se estima en unos 6000 km[34] y la cabeza nuclear de alrededor de 2 megatones. Se trata por lo tanto de un arma estratégica diseñada para evadir el sistema BMD de los EE.UU.



Fig 6. Versión artística del dardo planeador Avangard

(34) Según la información disponible en una prueba el Avangard se lanzo desde la base de. Misiles de Dombarovsky a un blanco en la península de Kanchatka a unos 6000 Km.

El misil crucero naval hipersónico Zircón 3M22 ha sido diseñado para lanzamiento vertical desde cruceros (Nakhimov, Pior Veliky), fragatas, y desde los submarinos de la clase Yasen. Su velocidad estimada es entre Mach 6 y Mach 8 y su alcance de unos 1000 Km

Todo indica que misiles Zircon fueron empleados en ataques a tierra en Ucrania, pero con la información desclasificada disponible es difícil estimar se precisión, y aunque la propaganda oficial rusa alardea sobre las capacidades del misil, de los fragmentos recuperados en ese ataque, todo parece indicar que no se trataría de motor scramjet, sino de una versión mejorada del misil Oniks y que su velocidad estaría muy por debajo de lo que afirma Rusia. Es destacable que la interceptación la realizo una batería Patriot (misiles cuya velocidad es inferior a la hipersónica) En cualquier caso, la versión integrada en submarinos, supone una amenaza muy considerable para una fuerza naval. [35]

En cuanto al tercer tipo, el misil Kinkzhal, también utilizado en Ucrania, no puede considerarse un verdadero misil hipersónico, se



Foto 7. Misil Kinkzal integrado en un Mig-31

(35) Según anuncio el presidente Putin, está en desarrollo la versión terrestre de este misil como respuesta a la cancelación del tratado Intermediate-range Nuclaer Forces (INF)

trata realmente de una versión del misil balístico de campaña Iskander, modificado para poder ser lanzado desde aviones MIG-31 adaptados y en el futuro desde los Su-34 y los bombarderos Tu-22M3.

Como puede apreciarse, el Avangard es un arma puramente estratégica, diseñada para evadir los sistemas de defensa de misiles balísticos y el análisis de su repercusión en el balance de fuerzas excede el alcance de este artículo.

China

Si bien, la política china de armas hipersónicas difiere de la rusa, ambas comparten la percepción de que la superioridad de los EE.UU en defensa antimisil unida a su vez, a una futura capacidad de ataque en profundidad con armas hipersónicas supondrían una grave amenaza para su propia disuasión estratégica.

Simplificando, se puede asumir que el objetivo chino en el desarrollo de armas hipersónicas es doble; por un lado, mantener su capacidad A2/AD frente a la U.S. Navy en el caso de un conflicto de alta intensidad, y por el otro, no menos importante, alcanzar una capacidad nuclear que restablezca el equilibrio estratégico y mantener cierto nivel de disuasión con los EE.UU, aunque no es de su interés una confrontación nuclear.

Durante algunas décadas, continuará la superioridad numérica y tecnológica de la U.S Navy en la que China considera su zona de influencia, —circunstancia agravada por el tratado AUKUS, con el consiguiente futuro refuerzo de submarinos de ataque nucleares de Australia—, por lo que hay que considerar el esfuerzo chino por el desarrollar armas hipersónicas como una estrategia asimétrica de equilibrar esta situación.

En este contexto, para China la prioridad parece ser el desarrollo de armas hipersónicas de medio alcance con la suficiente precisión para neutralizar los grupos de ataque americanos y a sus portaviones, y de esta manera reforzar la disuasión ante una intervención de los EE.UU en un futuro conflicto regional.

Dado que, al menos por el momento no sea su prioridad una capacidad de ataque a larga distancia, todo indica que, al contrario, del Avangard, China no tiene planes de utilizar un misil intercontinental ICBM[36] como impulsor de su actual familia de armas HGM. Sin embargo, algunos informes no contrastados, indican que está probando un HGM con alcance intercontinental[37] integrado en el misil intercontinental DF-41.

El actual programa chino de HGM, se basa en el vehículo DF-ZF, integrado con el impulsor de medio alcance, DF-17 (Dong Feng 17), que le proporcionaría alcances máximos inferiores a los 3000 Km.



Fig 8. Fotografía del misil DF-17 en su plataforma de lanzamien

(36) ICBM DF-31 y DF-41

(37) testimonio del general O´Shaughnessy (USNORTHCOM) ante el Senate Armed Services Committee de los EE.UU

IMPLICACIONES DEL DESPLIEGUE DE ARMAS HIPERSONICAS

A lo largo del artículo se ha querido enfatizar la complejidad tecnológica y el reto de ingeniería que supone el diseño, el desarrollo y la producción en serie de las armas hipersónicas, y al mismo tiempo resaltar la extensa base industrial, tecnológica y científica y la infraestructura requerida, capacidades que, como ya se indicó repetidamente, actualmente únicamente disponen las tres grandes potencias militares; sin embargo no puede ignorarse, como también ya se mencionó, que existe la capacidad potencial para acometer su desarrollo en varias otras naciones.[38]

A la hora de evaluar la amenaza que puedan suponer, es importante entender que, por razones propagandísticas, se estén exagerando sus prestaciones operativas reales, ya que los retos tecnológicos son enormes. No obstante, de alguna manera, las armas hipersónicas son ya una realidad, y a la larga seguirán madurando; ya están entrando en servicio o en se encuentra en fases muy avanzadas de desarrollo en las fuerzas de potenciales adversarios.

También se indicó que, aunque actualmente únicamente Rusia y a China tienen estas armas en servicio, la experiencia histórica demuestra —como ya ocurrió anteriormente con las armas nucleares— que a pesar de la complejidad de su desarrollo, a la dificultad de fabricación y a la elevada inversión y alto coste unitario, será cuestión de tiempo, que paulatinamente se produzca su proliferación y que en un futuro no lejano, potencias de segundo orden y —aunque más improbable— incluso grupos no gubernamentales adquieran alguna forma de armas hipersónicas y se globalice la amenaza.

Ante esta amenaza, que ya es real, y que previsiblemente se incremente en el futuro, se ha abierto un debate en distintos foros sobre

---

(38) India, Corea del Norte., Iran,etc.

Destar que tanto Francia como el Reino Unido tiene programas independientes de investigación y desarrollo y en distinto nivel de maduración tecnológica

cuáles serán las implicaciones para las fuerzas aliadas especialmente en el teatro europeo.

En definitiva, que potenciales oponentes desplieguen este tipo de armas, supone una considerable amenaza estratégica y táctica, cuyas implicaciones no se pueden ignorar, por lo que parece sensato empezar a analizar los riesgos y preparase para la eventualidad. Conviene destacar que el impacto que supone su despliegue, es muy diferente si consideramos el escenario Euro-Atlántico o el Indo-Pacifico. Por las lógicas limitaciones del artículo, dejemos aparcado un potencial conflicto en el Pacífico y concentrémonos en el teatro europeo, el impacto para la OTAN y para la UE[39] en los dos casos potenciales: el empleo estratégico y el táctico.

Como ya se comentó, Rusia dispone de al menos dos misiles hipersónicos en servicio: el HGM Avangard de empleo estratégico dotado de cabeza nuclear y el HCM Zircón de teatro con cabeza dual convencional o nuclear; y un tercero, el Kinzhal[40], que aunque según la taxonomía al uso, no puede considerarse, típicamente hipersónico, muestra capacidades operativas en cierta manera similares[41].

Estas armas, que a la vista de su reciente empleo se han exagerado sus prestaciones, y todo parece indicar que aún presentan problemas de maduración, acabarán evolucionando y suponiendo un importante incremento en la capacidad rusa de ataque en profundidad de largo y medio alcance; consecuentemente una doble amenaza táctica y estratégica para los aliados europeos.

Hay que tener en cuenta que, las armas hipersónicas vienen a complementar la capacidad de penetración y ataque en profundidad que Rusia ya tiene en su inventario[42] con sistemas de teatro de alcance medio[43] como el misil SSC-8[44]; sistemas que con la finalización del

(39) En el momento de redactar este articulo

(40) El Kinzhal (DAGER) es una adaptación del misil balístico Iskander. El Kinzhal es lanzado desde el Mig 31 y desde el Tupolev 22. Ha sido utilizado en Ucrania

(41) El zircón ha sidi utilizado ya en el conflicto de Ucrania

(42) Es de destacar que los aliados no disponen en Europa de sistemas de alcance medio similqares.

(43) Alcance entre 500 y 3.000 Km

(44) Del sistema Iscander

tratado INF[45], Rusia no tiene limitación alguna para desplegarlos en la frontera de los países OTAN[46].

Pero no es únicamente que Rusia haya aumentado su capacidad de ataque a media y larga distancia, la ventaja adicional, es que suponiendo que sus sistemas HGS se doten de cabezas convencionales, su empleo le ofrece la flexibilidad de realizar ataques puntuales contra blancos de alto interés en todo el teatro europeo sin tener que traspasar el umbral nuclear; en otras palabras, la posibilidad de escalar el conflicto, pero sin recurrir al empleo de armas nucleares[47].

Es evidente que existe la preocupación real entre los aliados sobre esta amenaza adicional, sobre todo si se tiene en cuenta que los avances rusos en diversas capacidades no se limitan únicamente al área de la hipervelocidad, es necesario considerar el conjunto de sus nuevas capacidades, como avances en UASs[48], sensores espaciales, mando y control, armas no cinéticas, ciberarmas y la implementación de nueva tácticas.

La amenaza es doble, por un lado, la que suponen las armas estratégicas como el Avangard, y por otro, las de teatro como pudiese ser el Zircon. Hasta hace unas décadas, tanto en los EE.UU como en la OTAN, el énfasis se centró en la defensa contra misiles balísticos, basado en el concepto de interceptarlos preferentemente en la fase de vuelo más vulnerable cuando están fuera de la atmósfera. Pero las armas hipersónicas presentan una problemática radicalmente diferente ya que su vuelo es atmosférico y su trayectoria imprevisible.

Ante esta situación resulta pertinente preguntarse cuál es la actual capacidad de nuestros sistemas de defensa, en particular, si el actual sistema NATO Intégrate Missile Defense (NATO IAMD) es adecuado para hacer frente a la amenaza emergente[49].

---

(45) El tratado bilateral entre los EE.UU y Rusia, Intermediate -Range Nuclear Forces (INF) lo denuncio los EE.UU como consecuencia de que Rusia desplego en2019 los misiles SS-C-8 de alcance medio.

(46) Por ejemplo Bielorusia

(47) Ya estamos asistiendo a algo similar, aunque a menor escala, en Ucrania.

(48) Sistemas Aéreos no Tripulados

(49) NATO IAMD policy paper aprobado por la reunión de los Ministros de Defensa el 13 de Febrero del 2025

En febrero de este año, el Policy Committee del NATO IAMD, presento en Bruselas el documento-NATO Intergrated Air and Missile Defense Policy[50] en el que se constata la nueva amenaza que suponen las nuevas capacidades rusas, lo que requiere una necesaria urgente revisión y actualización del sistema IAMD, bajo la perspectiva de una aproximación sistémica multidominio y la consecución de la máxima interoperabilidad entre todos los componentes, mediante la integración de los sistema de mando y control y la estandarización de procedimientos. Sin embargo, si bien identifica las nuevas capacidades rusas, no hace especial mención específica a la amenaza que suponen sus armas hipersónicas.

La opinión general es que confrontar amenazas hipersónicas requiere una arquitectura distribuida interconectada en tiempo real de sensores terrestre, navales, aéreos y espaciales y disponer de una panoplia de diferentes interceptadores.[51]

Los EE.UU y algunos aliados ya poseen constelaciones de sensores espaciales, pero, para esta amenaza específica, serían necesarios sensores infrarrojos en baja orbita para detectar y proporcionar datos de precisión de seguimiento a lo largo de la trayectoria del blanco.

En cuanto a los interceptores de letalidad cinética requieren la suficiente velocidad para asegurar que la interceptación se produzca a la distancia requerida según la vulnerabilidad del defendido. Actualmente únicamente se contaría con el sistema THAAD y los misiles SM-3 y SM-6, y todos requerirían una evolución que les proporción la requerida velocidad y los mecanismos de letalidad para adaptarlos a interceptaciones en la atmosfera a muy altas velocidades relativas.

Actualmente se están considerando medios de interceptación no cinéticos basados en microondas de alta potencia a larga distancia y algunos más exóticos, como la creación de barreras de nubes de micropartículas en la trayectoria del atacante[52]. La opinión unánime es

(50) Aprobado por los ministros de defensa el 13 de febrero del 2025.

(51) A velocidad hipersónica la abrasión creada por las partículas en el vehiculo podría ser letal.

(52) Tomahawk, Taurus, Storm Shadow,etc.

que un sistema de defensa hipersónica tiene que ser necesariamente complejo en su arquitectura y avanzado en las tecnologías, y requerirá una aproximación distinta a la simple defensa antiaérea, o de defensa de misiles balísticos de teatro (TBMD). Se trata de solucionar un problema complejo de defensa antiaérea en la que será imprescindible contar con un segmento espacial capaz de detectar y seguir blancos a relativa baja cota, y utilizar nuevos medios de letalidad cinética y no cinética.

Pensando también en una defensa activa, analicemos las posibilidades de que hipotéticamente, en el futuro, la OTAN/UE pudiese adquirir esta capacidad.

El primer debate es que aún no hay un consenso general entre los analistas sobre la ventaja que puedan proporcionar estas armas si se comparan con las prestaciones de las ya existentes en los inventarios aliados (misiles subsónicos y supersónicos)[53]. Se debate si su coste-eficacia justifica la enorme inversión para adquisición y su entrada en servicio, sobre todo, si se tiene en cuenta las complejas necesidades adicionales operativas que requerirá su empleo (mando y control, capacidades de designación de blancos y guiado, adaptación de plataformas, etc.).

Pensando en la capacidad de proyección, a pesar de que hay varias iniciativas en estado muy inicial de investigación entre algunos aliados, no parece que, en un futuro próximo, Europa por si misma cuente con algún tipo de arma hipersónica. Más específicamente, ciñéndonos al dominio naval, todo indica que en el hipotético caso de que alguna marina europea optase por dotarse de esta capacidad, tendría que recurrir a los EE.UU; Pero la actual solución de la US Navy estaría vedada a las unidades de desplazamiento superior a unas 10.000 toneladas , con el problema añadido de que los módulos de lanzamiento triple no son compatibles con los lanzadores MK 41 o similares en servicio en fragatas europeas(este sería el caso de las fragatas F-100 y F-110). Sin embargo, existe la posibilidad de que un futuro misil HCM

(53) Tanto Corea del Norte como Iran proclaman que ya disponen de armas de este tipo.

sea integrable en el lanzador MK-41. Destaco que únicamente estoy considerando integración física y, conscientemente, dejo apartadas consideraciones de comunicación y mando y control.

UNAS REFLEXIONES FINALES

A la hora de evaluar la amenaza real que puedan suponer la aparición de estas armas, enfatizar, que son complejas, costosas de desarrollar y difíciles de producir en serie, y por lo tanto, no pueden considerarse armas de empleo general, ni municiones de consumo al alcance de cualquier potencial adversario inmediato; Sin embargo, como ya también se indicó, no puede descartarse que a medio plazo se produzca la proliferación en varios países o incluso a organizaciones no gubernamentales[54].

En términos estratégicos para Europa la amenaza que suponen las nuevas capacidades rusas en armas supersónicas es preocupante ya que, si bien, estas capacidades —según muchos analistas—, no suponen un desequilibrio nuclear[55] del actual status quo, armas como el misil Avangard con cabeza convencional le proporcionaría a Rusia la capacidad de ataque en profundidad en el teatro europeo sin tener que traspasar el umbral nuclear.

Concretamente en el dominio naval, una amenaza preocupante sería la que supondrá el misil Zircon, sobre todo en la configuración de lanzamiento submarino. Es cuestionable, en este supuesto, que los actuales sistemas AAW navales aliados dispusiesen de suficiente tiempo de reacción, ni que los actuales interceptores fuesen adecuados para asegurar la interceptación.

Pensando en nuestras propias capacidades, las fragatas F-100 han demostrado su capacidad para interceptar misiles crucero supersónicos en vuelos rasante[56], pero el problema de la defensa contra misiles

---

(54) Rusia dispone de superioridad nuclear si se compara con Francia y Reino Unido.
(55) CSQT en los polígonos de la US Navy.
(56) CEC (Cooperative Engagement Capability)

HCM es muy diferente. No es el lugar para profundizar en este tema, pero resulta intuitivo que una interceptación a velocidades relativas blanco-interceptador propio, próximas a 10 Mach presenta problemas técnicos muy complejos que afectan al diseño de espoletas y de la cabeza de combate del interceptador.

No obstante, un misil crucero supersónico, como por ejemplo el Zircon propulsado por un scramjet, requiere volar durante su fase de crucero a velocidades superiores a Mach 6 a una cota de unos 40 Km, pero en su fase final necesariamente, tiene que volar a cotas mucho más bajas, lo que redunda en perdida de velocidad, y dificulta —debido a la capa de plasma— la capacidad de utilizar sensores propios y recibir enlaces exteriores; En ese caso aumentaría la eficacia de nuestros actuales sistemas AEGIS.

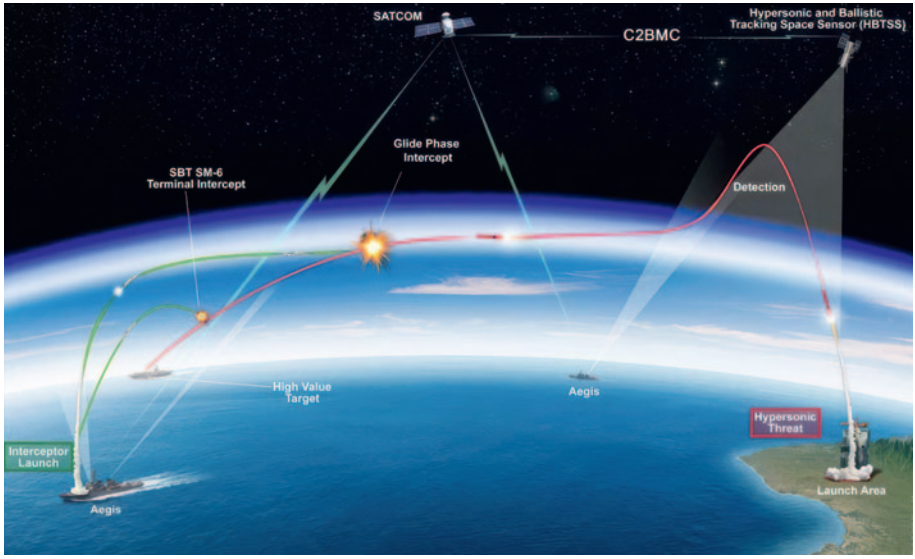


Fig 10. Concepto de la US Navy de defensa contra amenazas hipersónicas

Pensando en este tipo de amenazas, sería recomendable que la futura actualización del sistema de combate de las fragatas F-100, —independientemente de las mejoras del radar y de la capacidad de proceso— se considerase la conveniencia de potenciar los enlaces al

segmento espacial y adoptar una red táctica para datos en tiempo real[57] interoperable con nuestros aliados, especialmente con la U.S Navy. En la parte de actuadores, convendría asegurar que el sistema de combate permitiese integrar las futuras evoluciones el misil SM-6 y la integración nuevas armas como láseres de alta potencia.

En general disponer en el futuro de cierta capacidad de defensa contra armas hipersónicas, necesariamente requerirá mantener la interoperabilidad con la U.S. Navy. Como referencia la figura anexa muestra el concepto de la US Navy de defensa contra misiles hipersónicos.

(57) CEC (Cooperative Engagement Capability)