

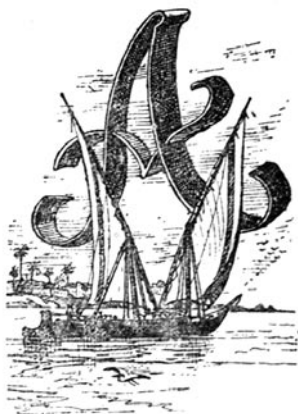
ESTADO DEL ARTE DE LAS ARMAS DEL FUTURO: HIGH ENERGY LASER Y RAIL GUN

Alfonso ROJO LAHUERTA



(Ing.)

Introducción



RCO, catapulta, arcabuz, fusil, mortero, cañón, misil... la humanidad lleva toda su historia desarrollando sistemas que le permitan defenderse y atacar al enemigo desde distancias cada vez más seguras. Para que un nuevo sistema sustituya al anterior debe, evidentemente, mejorar las capacidades de sus predecesores. Por ello, se tienen en cuenta aspectos como la distancia eficaz, la precisión, tipo de amenaza a la que se enfrenta, cadencia de disparo, capacidad destructiva, facilidad de manejo y, por supuesto, el coste.

La cantidad de amenazas aéreas a las que se enfrenta un buque hoy en día es enorme, entre otras, misiles anti-buque, proyectiles de artillería, UAV (vehículos aéreos no tripulados) y aviones de combate, por lo que se necesita un arma capaz de aunar una alta capacidad destructiva (debe ser capaz de inutilizar un misil) con un bajo coste (no se puede gastar mucho dinero en derribar un UAV). Es en este escenario donde encaja el High Energy Laser (HEL).

No obstante, un buque no se puede limitar únicamente a tener la capacidad de defenderse. Es necesario que implemente también capacidades ofensivas que le permitan disuadir al enemigo de emprender acciones hostiles, y la artillería ha gozado siempre de una posición privilegiada en este punto. De los cañones de 36 libras que montaba nuestro *Santísima Trinidad* se ha pasado a otros que disparan una amplia gama de proyectiles. Sin embargo, todos ellos han sido similares en un aspecto: la pólvora, que ha sido siempre el material que, mediante su deflagración, ha impulsado al proyectil. Por ello, resulta tan



Montaje Mk-45 de la fragata *Cristóbal Colón*. (Foto: www.flickr.com/photos/armadamde).

novedoso el nuevo cañón que se está desarrollando en varios puntos del mundo: el Rail Gun.

High Energy Laser

Uno de los escenarios más habituales a los que se enfrenta nuestra Armada, si no el que más, es el de los conflictos asimétricos. La guerra contra el terrorismo y la piratería dista mucho de la convencional. En dichos desafíos no se hace frente, habitualmente, a armamentos excesivamente potentes o complejos, pero sí a gran número de ellos. En tal escenario se pueden presentar amenazas que no se puedan confrontar de un modo eficiente con el armamento que montan nuestros buques. Lanzar un misil para derribar un UAV es totalmente inviable, y lo mismo sucede con un disparo de nuestros cañones. Como ejemplo, el coste de un disparo del montaje Mk-45 que llevan nuestras *F-100* ronda los 2.500 euros (1).

(1) El disparo completo (carga de proyección + proyectil + espoleta) de munición convencional variará en función del tipo de proyectil y espoleta. Si la munición es de rango extendido, sube hasta los 40.000-60.000 dólares, dependiendo del tipo de munición.

La munición de 30 y 12,7 mm, aunque más barata, no siempre está integrada con las direcciones de tiro y, si lo está, acertar a blancos pequeños suele requerir más de un disparo. También hay que considerar que en los buques tanto el cargo de misiles como el de munición son limitados. Todo esto hace que la inclusión de un artefacto láser en nuestro sistema de armas suponga una gran mejora, ya que, además de contar prácticamente con infinitos disparos, estos tendrían un coste ridículo, del orden de un euro/disparo.

La idea sobre la que se apoya esta arma es la de sobrecalentar o cegar, mediante la energía portada por el rayo láser, los sensores de las amenazas hasta el punto de inutilizarlos. Una ventaja de este sistema es que, dada la precisión que tiene, puede sobrecalentar solo un componente, dejando intacto el resto. De este modo, el láser puede usarse también como arma no letal para, por ejemplo, inutilizar embarcaciones sospechosas que no hagan caso de los disparos de advertencia. Otras ventajas son la rapidez de enganche del blanco, la capacidad de seguir a misiles muy maniobrables (2) y la posibilidad de ser empleados de forma gradual, lo que permite desde destruir el blanco a simplemente iluminarlo. Desde el punto de vista logístico, destaca la simplificación en la cadena de municionamiento, tanto dentro del buque como en tierra. Como desventajas, podemos mencionar la necesidad de tener línea visual con el objetivo (3), incapacidad de hacer frente a ataques por saturación y dependencia de las condiciones atmosféricas (la humedad puede provocar dispersiones y absorciones del haz), así como del efecto denominado *thermal blooming*, por el que el propio haz calienta el aire cambiando su índice de refracción y distorsionando el rayo.

Hoy día hay una amplia variedad de láseres, que se pueden agrupar en tres tipos: de electrones libres (FEL), de medio líquido/gaseoso y de medio sólido (SSL). Estos últimos pueden emitir potencia a densidades hasta cien veces superiores a los otros dos, por lo que láseres de capacidades semejantes pueden ser ubicados en dispositivos mucho más sencillos, pequeños y livianos. Es por esto que los SSL son los que mejores prestaciones pueden dar en buques donde, no olvidemos, el peso es un factor determinante (4).

(2) El láser viaja a la velocidad de la luz, enormemente superior a la de cualquier misil. Además, al ser prácticamente instantáneo el contacto con el blanco desde que se dispara el arma, no hay necesidad de realizar ningún cálculo balístico ni de predicción de movimiento del blanco.

(3) Dada la naturaleza del láser, nunca se podrá sobrepasar la línea del horizonte. De hecho, los láseres actuales no alcanzan más que unas pocas millas. La idea de destruir satélites o incluso aviones a alta cota es inviable a día de hoy; se necesitarían láseres de mayor potencia. Para alcanzar tal capacidad en un futuro, habría que instalar controles por *software* para evitar daños indeseados en aviones y satélites.

(4) Sin embargo también se han hecho avances en los otros tipos. Boeing lideraba el desarrollo de un FEL (láseres que presentaban la gran ventaja de ser muy adecuados para ambientes



LaWS a bordo del USS *Ponce*. (Fuente O'ROURKE, Ronald (2020): *Navy Lasers, Railgun, and Gun-Launched Guided Projectile: Background and Issues for Congress*. Congressional Research Service).

La US Navy ha sido una de las pioneras en el empleo y desarrollo de los SSL (5). Entre 2009 y 2012 probó contra UAV unos prototipos llamados Laser Weapon Systems (LaWS), que alcanzaban hasta 30 kW de potencia de haz. En esos mismos años ensayaba el denominado Maritime Laser Demonstrator (MLD), que confrontó satisfactoriamente una pequeña embarcación. En 2014 instaló un LaWS en el USS *Ponce* (ya dado de baja) que, tras varias pruebas con embarcaciones y UAV, fue desplegado al golfo Pérsico hasta su relevo en 2017. Esta fue la primera instalación de un SSL en un buque.

Actualmente, los rayos emitidos por los láseres están en el orden de 100-150 kW. En estos niveles, un láser puede abatir UAV y pequeñas embarcaciones, pero está lejos de llegar al siguiente nivel, la defensa contra misiles de crucero anti-buque (ASCM, por sus siglas en inglés). Para alcanzar esta capacidad hay que tener en cuenta dos aspectos: potencia y precisión. En palabras del científico Frank Peterkin, del Office of Naval Research (ONR), «La ventaja de las armas láser es la precisión, y la desventaja de las armas láser es la precisión». Como ya hemos visto, el láser permite apuntar a un componente concreto de un misil gracias a su gran precisión; pero si el disparo no fuese lo suficientemente certero, se podría errar al componente adecuado no consiguiendo el derribo. Debemos tener en cuenta que la cabeza de un misil es más resistente al calor que el resto de partes (es la que más sufre el rozamiento del

marinos por su capacidad de variar su longitud de onda, adaptándose a las condiciones en todo tipo de aguas), pero en 2011 el Senado de los Estados Unidos canceló el programa debido al alto riesgo de no poder emplazar el sistema en un buque, prefiriendo invertir en otros proyectos.

(5) Parece que tanto China como Rusia, y en menor medida Reino Unido e Israel, también están trabajando en este tipo de armamento, pero se les supone algo retrasados frente a los Estados Unidos.

aire), por lo que, para abatirlo, lo mejor es calentarlo por el costado. No obstante, es la cabeza, y no el costado, la parte que el arma ve si el misil anti-buque va dirigido a la propia unidad. Esto hace que el láser sea un arma más apropiada para buques escolta que para cualquier otro tipo (6). Por lo tanto, el próximo reto para llegar a ese nivel es alcanzar la potencia necesaria para derribar un misil calentando el costado y, luego, con mayor potencia aún, conseguirlo calentándolo por la cabeza.

Los actuales campos en los que la US Navy, bajo la dirección del DoD (Departamento de Defensa), está trabajando incluyen:

- SSL Technology Maturation (SSL-TM).
- Optical Dazzling Interdictor, Navy (ODIN).
- Surface Navy Laser Weapon System (SNLWS) Increment 1, también conocido como High Energy Laser with Integrated Optical-dazzler and Surveillance (HELIOS).
- High Energy Laser Counter-ASCM Program (HELCAP).

SSL-TM

El programa SSL-TM se marcó el objetivo de instalar un sistema de armas láser en el buque de asalto anfibio USS *Portland* (LPD-27) en 2019 y probarlo hasta 2023 con la idea de ensayar nuevos diseños, integraciones y capacidades. De mano de la ONR, BAE Systems, Raytheon y Northrop Grumman se lanzaron a desarrollar sistemas de hasta 150 kW, saliendo este último exitoso.

El 1 de marzo de 2020 se emitió un informe resaltando la mejora que suponían los 150 kW de este montaje respecto a los 33 kW del LaWS del USS *Ponce*. Se seguirán realizando pruebas, aunque ya se han comunicado enfrentamientos exitosos frente a UAV.

ODIN

El LaWS ODIN es un láser cuya finalidad es la de cegar a UAS (sistemas aéreos no tripulados, que incluyen UAV, proyectiles y pequeños misiles). Pensados para instalarse en la serie DDG clase *Arleigh Burke* (hermana de nuestras *F-100*) y desarrollados por el Naval Surface Warfare Center (NSWC)

(6) Esto, sumado al hecho de que no son capaces de hacer frente a ataques por saturación (el tiempo invertido en derribar un blanco y encarar el siguiente limita el número de amenazas a la que este sistema puede hacer frente a la vez), deja en evidencia que, a día de hoy, estas armas pueden ayudar pero no sustituir a otras CIWS (Close-In Weapon System) en la defensa de punto.

de la División de Dahlgren, la primera unidad en montarlos fue el USS *Dewey* en noviembre del año pasado. Hasta el momento no se ha filtrado mucha información acerca del desempeño de este sistema, solamente que su objetivo radica en degradar temporalmente la capacidad de seguimiento de los UAS (más que su destrucción), aunque en ocasiones dicha degradación pueda implicar su derribo.

HELIOS

El HELIOS, también llamado SNLWS Increment 1, supone el asalto al primer nivel de mejora comentado anteriormente: capacidad de derribar misiles calentándolos por el costado. Lockheed Martin ha desarrollado unos LaWS de 60-150 kW, capaces de combinar defensa frente a UAS, pequeñas embarcaciones FIAC (*Fast Inshore Attack Crafts*), degradación de sensores enemigos ISR (*Intelligence, Surveillance and Reconnaissance*) y apoyo a los propios en tareas de identificación de contactos. Todo esto, además, integrado con el sistema de combate Aegis. Se espera poder instalarlo en un destructor clase *Arleigh Burke* a lo largo del año que viene.

Un anticipo de este sistema se va a incorporar en 2021 en el USS *Little Rock* (LCS-9). Esta será la primera instalación en un buque de combate litoral y con ello se pretenden adaptar a las particularidades del ambiente marítimo, movimientos del buque e integraciones con sistemas. Se espera completar el trabajo en el mes de julio.

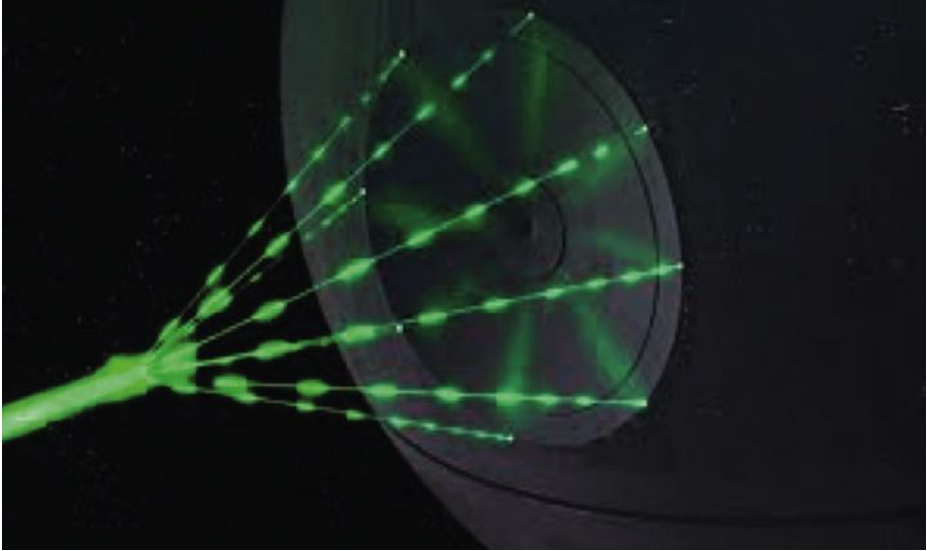
HELICAP

Este programa pretende reunir el conocimiento de los tres anteriores para dar un salto más y llegar a los 300 kW, con lo que se alcanzaría la capacidad C-ASCM (Contra-ASCM), cuyo objetivo sería en 2023.

Dado el estado tecnológico actual de los láseres, contrarrestar la amenaza de misiles balísticos no es viable a día de hoy. Sin embargo, se estima que en un futuro no muy lejano, cuando las potencias de estas armas alcancen el orden de un megavatio, se podrá hacer frente a estos misiles, así como a ASCM supersónicos a distancias de hasta 10 millas.

Por nuestra parte, en España se está empezando también a investigar en esta área. El Ministerio de Defensa comenzó en 2019 el programa de I + D SIGILAR (7), con la dirección técnica de la JAL, que fue adjudicado al Centro de Láseres Pulsados Ultracortos Ultraintensos (CLPU) con la colabo-

(7) Sistema Guiado de Láser Pulsado de Alta Potencia para Ambito Militar.



Láser de la Estrella de la Muerte. (Fuente: *deathstarpr.blogspot.com*).

ración de Escribano Mechanical & Engineering (EM&E) y el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) para desarrollar un sistema SSL capaz de emplearse en apoyo de nuestros sistemas IRS y enfrentar a pequeños UAV. Todavía está en fase de pruebas y su alcance y efectividad están por determinar. Se estimaron 15 kW de potencia como primera aproximación, pero será necesario escalar el láser para alcanzar dicho objetivo.

A la vista de los esfuerzos llevados a cabo por varias naciones, podemos ver que las armas láser ya son una realidad. Estamos todavía lejos de la fantástica imagen que tenemos de un rayo capaz de destruir cualquier amenaza (semejante al de la Estrella de la Muerte de la película *Star Wars*), pero sí se ha alcanzado un nivel más realista en defensa contra las amenazas típicas de la guerra asimétrica y se espera poder llegar al mismo punto frente a otras cada vez mayores. Estas armas forman parte, sin duda, del futuro de la defensa naval.

Rail Gun

El Electromagnetic Rail Gun (EMRG) es un proyecto que pretende revolucionar la ciencia de la artillería convencional. Los cañones navales actuales disparan mediante el empleo de cargas de proyección (pólvora) y proyectiles cargados de alto explosivo a distancias que rondan las 20 millas náuticas. El

127/64 LW Vulcano de Leonardo, escogido para la *F-110*, dispara munición convencional a distancias que sobrepasan holgadamente las 10 millas náuticas, pudiendo llegar a los 100 km con munición Vulcano de rango extendido. Existen otros cañones capaces de disparar diferentes tipos de munición de rango extendido (8), pero en todos los casos rondan los mismos valores, alrededor de los 100 kilómetros.

El EMRG pretende irrumpir en el mercado doblando esas distancias. Impulsados por campos magnéticos basados en tecnología de superconductores en lugar de utilizar pólvora, sus disparos alcanzarán velocidades en boca de entre Mach 5.9 y 7.4 (9), permitiéndoles llegar a las 100 millas náuticas. Los proyectiles serán los HVP (*Hypervelocity Projectile*), desarrollados por BAE Systems. Debido a las altas velocidades y a la cantidad de energía cinética que son capaces de transportar, no es necesario que porten cargas explosivas, ya que solamente el impacto producirá el daño deseado.

Las ventajas de montar este cañón sobre otro convencional son muchas: eliminación de las cargas propulsantes y del alto explosivo del proyectil, con la consiguiente reducción del riesgo en su manejo, transporte y almacenamiento; mayor alcance de los disparos; menor coste por disparo (10); la munición no se vuelve inestable con el tiempo, lo que ahorra en seguridad y en pruebas de vigilancia; menos gasto en misiles ASuW; invulnerabilidad ante contramedidas electrónicas; montaje menor y más ligero; menor volumen de los disparos, lo que implica mayor capacidad de estiba; dificultad de ser interceptado, y capacidad antiaérea y antisuperficie.

Como desventaja se puede mencionar que para conseguir cadencias de cinco a doce disparos por minuto habría que proporcionar al cañón de 20 a 40 MW, lo que supone un gran aporte energético. No obstante, las anteriores ventajas hacen que invertir en el desarrollo de estos cañones sea muy interesante y es por eso que desde hace años varios países están tratando de sacar un prototipo competitivo.

Al igual que en el caso de los HEL, en el proyecto EMRG vuelve a ser Estados Unidos la nación que está a la cabeza en el desarrollo de estos sistemas, y es que tanto BAE Systems como General Atomics (ambas junto con la ONR) han conseguido fabricar un prototipo diseñado para disparar proyectiles a 20-32 MJ en boca, permitiendo alcanzar rangos de 50-100 millas náuticas (11). La US

(8) Mk-45 Mod. 4, de 127 mm, con su munición Standard Guided Projectile y el montaje Advanced Gun System de 155 mm con su munición LRLAP (Long Range Land Attack Projectile), ambos de BAE Systems, o el proyectil Excalibur N5 de Raytheon, capaz de ser disparado por los Mk-45 de la US Navy.

(9) En comparación, un disparo del Mk-45 sale a unos 800 m/s (Mach 2.4).

(10) Cada HVP se estima en 25.000 dólares, frente a los 40.000 de la munición Vulcano.

(11) Rangos útiles para fuego naval de apoyo. Para derribar misiles o UAV podrían usarse alcances menores.



Prototipo de BAE Systems. (Fuente O'ROURKE, Ronald: *op. cit.* Congressional Research Service).

Navy empezó a evaluar ambos prototipos en 2012 (12). En 2015 se creía que empezarían a estar operativos entre 2020 y 2025, incluso se pensó en ellos para el montaje principal de la clase DDG-1000 *Zumwalt* (13), ya que con su capacidad energética podrían soportar hasta 12 dpm.

El programa sufrió, sin embargo, algunos retrasos. Muchas voces surgieron acusando a la US Navy de haber cancelado el proyecto y tirado los 500 millones de dólares invertidos en experimentos. No obstante, en marzo de 2018 el almirante John Richardson (jefe de Operaciones Navales) (14) aseguró que los ensayos continuaban y que se esperaba aumentar las cadencias de tiro alcanzando 10 dpm y poniendo el proyectil a 100 millas. Una vez conseguido, el objetivo fue incrementar la vida de la caña. En un principio, los cañones solo aguantaban un único disparo; sin embargo, implementando nuevos materiales capaces de soportar los esfuerzos (15) se elevó el número a unos pocos cien-

(12) Los prototipos, la tecnología se lleva desarrollando desde principios de los 80.

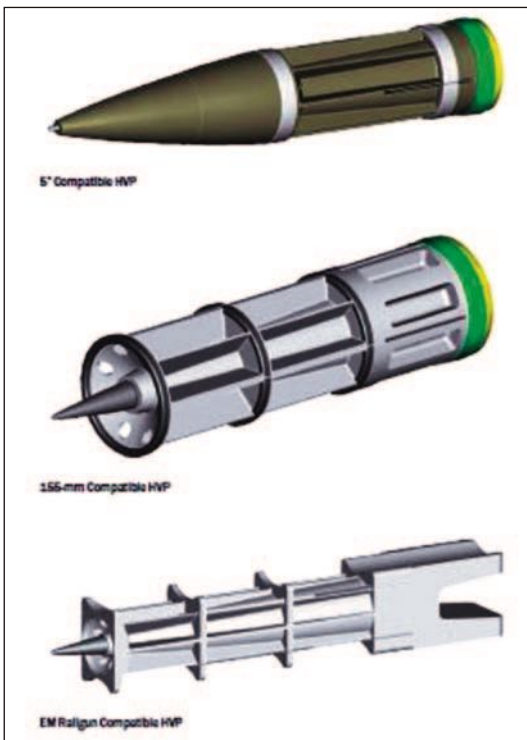
(13) En sustitución de los AGS de 155 mm, cuyos disparos están a precios desorbitados (800.000 dólares/disparo) dado el alto coste de la munición LRAP (50.000 dólares), reducción de unidades y problemas surgidos.

(14) Cabeza de la US Navy y segundo al mando en el Departamento de la Marina, siendo el primero un civil. Análogo al AJEMA en la Armada española.

(15) La misma fuerza que sufre el proyectil es sufrida en todos los componentes del circuito. Por eso los esfuerzos a los que es sometida la caña son muy elevados.



Prototipo de General Atomics.
(Fuente O'ROURKE, Ronald: *op. cit.* Congressional Research Service).



tos, lejos todavía del objetivo marcado en 1.000 disparos de vida útil. También se espera aumentar el rango a 110 millas.

Prueba de que el proyecto no ha sido abandonado es la petición de 9,5 millones de dólares en el año fiscal de 2021 para continuar el desarrollo del EMRG; no obstante, no parece estar presupuestado nada para el ciclo 2022-2025.

A este respecto hay que valorar también la inversión que se está haciendo en proyectiles guiados (GLGP-*Gun Launched Guided Projectile*) y el hecho de que los HVP se han adaptado para ser lanzados por los cañones con-

HVP adaptado a distintos cañones.
(Fuente O'ROURKE, Ronald: *op. cit.* Congressional Research Service).

vencionales. Ambos puntos pueden llevar a que Estados Unidos pierda interés en el EMRG. Los HVP lanzados por un cañón de cinco pulgadas están alcanzando velocidades en boca de Mach 3, lo que supone la mitad de lo que daría un EMRG, pero un incremento considerable respecto a las velocidades actuales. Estados Unidos deberá estudiar si le interesa continuar invirtiendo en ambos proyectos (EMRG y GLGP) o decantarse definitivamente por uno de ellos.



Supuesto Rail Gun de la Armada china.
(Fuente: <https://techcrunch.com/2018>).

A pesar de lo anterior, sería extraño que Estados Unidos abandonase la investigación de estos equipos estando tan cerca de alcanzar sus objetivos, más todavía teniendo en cuenta que China (que se postula como su gran rival en el futuro próximo) parece haberles arrebatado el liderazgo en este desarrollo. Según la *CNBC*, el Servicio de Inteligencia de Estados Unidos elaboró un informe en el que destacaba que China había montado en 2011 su primer Rail Gun en el buque de desembarco anfibio *Haiyang Shan* (numeral 936) y que llevaría desde entonces desarrollándolo. En dicho informe se estimaba que la Marina china podría instalar un EMRG en 2025 capaz de disparar a 124 millas y a un precio entre 25.000 y 50.000 dólares por disparo.

Otras naciones que parecen estar perfeccionando estos cañones, aunque bastante por detrás de China y Estados Unidos, son Rusia e Irán. No obstante, es difícil saber qué tienen en realidad estos países, pues suelen ser muy reservados en lo referente a sus innovaciones militares.

Por lo tanto, no es de extrañar que el interés de Estados Unidos en estos sistemas continúe. Prueba de ello es el resumen de los presupuestos propuestos para el año 2021 que se muestra en la página siguiente, donde se observa que hay mayor interés en armas láser que en Rail Gun o munición guiada, solicitándose más de 100 millones entre todos los programas para HEL frente a los 9,5 para el EMRG y 6,2 para los GLGP y HVP. Sin embargo, como se comentó anteriormente, el esfuerzo en estos últimos continuará, aunque no está claro que se vaya a extender a 2022.

| In millions of dollars, rounded to nearest tenth | | | | | | | | |
|--|------|---------------|------|-------|---------------|------|-------|--|
| Program Element (PE) number, PE name, budget line number | Req. | Authorization | | | Appropriation | | | |
| | | HASC | SASC | Conf. | HAC | SAC | Conf. | |
| SSL-TM | | | | | | | | |
| PE 0603801N, Innovative Naval Prototypes (INP) Advanced Technology Development (Line 27), Project 2480, SSL-TM | 8.0 | 8.0 | 8.0 | | 8.0 | 8.0 | | |
| PE 0603382N, Advanced Combat Systems Technology (Line 33), Project 2480, SSL-TM | 3.9 | 3.9 | 3.9 | | 3.9 | 3.9 | | |
| ODIN | | | | | | | | |
| PE 0603925N, Directed Energy and Electric Weapon System (Line 72), Project 9823, Lasers for Navy application, ODIN | 19.9 | 19.9 | 19.9 | | 19.9 | 19.9 | | |
| SNLWS | | | | | | | | |
| PE 0603925N, Directed Energy and Electric Weapon System (Line 72), Project 3402, Surface Navy Laser Weapon System (SNLWS) | 89.2 | 89.2 | 89.2 | | 89.2 | 89.2 | | |
| HELCAP | | | | | | | | |
| PE 0603925N, Directed Energy and Electric Weapon System (Line 72), Project 2731, High Energy Laser Counter ASCM Project (HELCAP) | 9.0 | 9.0 | 9.0 | | 6.8 | 9.0 | | |
| PE 0603801N, Innovative Naval Prototypes (INP) Advanced Technology Development (Line 27), Project 3400, Innovative Naval Prototypes (INP) Advanced Technology Development, Program Title: Directed Energy / Electric Weapons | 37.2 | 37.2 | 37.2 | | 37.2 | 37.2 | | |
| EMRG/GLGP | | | | | | | | |
| PE 0602792N, Innovative Naval Prototypes(INP) Applied Research (Line 15), Project 2481, EMRG | 7.6 | 7.6 | 7.6 | | 7.6 | 7.6 | | |
| PE 0603801N, Innovative Naval Prototypes (INP) Advanced Technology Development (Line 27), Project 2481, EMRG | 7.4 | 27.8 | 37.2 | | 7.4 | 7.4 | | |
| PE 0603795N, Land Attack Technology (Line 69), Project 3401, Guided Projectile | 4.6 | 4.6 | 4.6 | | 4.6 | 1.4 | | |
| Congressional add | | | | | | | | |
| PE 0603925N, Directed Energy and Electric Weapon System (Line 72), Program increase - high energy laser weapon system for counter-UAS area defense | 0 | 0 | 0 | | 10.0 | 0 | | |

Source: Table prepared by CRS based on Navy FY2020 budget submission, committee and conference reports, and explanatory statements on FY2020 National Defense Authorization Act and FY2020 DOD Appropriations Act.

Notes: HASC is House Armed Services Committee; SASC is Senate Armed Services Committee; HAC is House Appropriations Committee; SAC is Senate Appropriations Committee; Conf. is conference agreement. These PEs do not necessarily capture all Navy research and development work related to shipboard lasers, EMRG, and GLGP; additional funding for these efforts may occur in other PEs whose names and project titles do not explicitly indicate that they are for these efforts.

(Fuente O’ROURKE, Ronald: *op. cit.* Congressional Research Service).

Conclusiones

A la vista de estos y otros avances en el campo de la artillería, parece claro que habrá grandes cambios en los próximos años. Nuevos sistemas están llegando y, con sus desarrollos prácticamente listos, van a revolucionar la situación actual, aportando unas prestaciones más altas y, sobre todo, a costes mucho menores. Se puede afirmar, con poco margen de error, que la fragata *F-110* instalará armas láser antes de acabar su fase de servicio, para lo que incorporará una reserva de potencia en su balance eléctrico.

España deberá decidir si le interesa embarcarse en estos proyectos, aunque iniciativas como SIGILAR así parecen indicarlo. Si los desarrollos nacionales no llegasen a fructificar, habría que plantearse la adquisición de estos sistemas a marinas extranjeras, pues las altas capacidades que sumarían nuestros buques bien podrían justificar el desembolso. Teniendo en cuenta los escenarios y las misiones actuales de nuestras unidades, la opción del HEL para la

guerra asimétrica parece la más interesante, sin que esto signifique que perdamos de vista el *Rail Gun*. No podemos permitirnos prescindir de estos sistemas si queremos mantener a nuestra Armada en el lugar que históricamente le corresponde.

BIBLIOGRAFÍA

- RUIZ DOMÍNGUEZ, Fernando (2016): «Armas de energía dirigida: ¿El fin de las promesas inalcanzadas y el bajo rendimiento de los sistemas High Energy Laser (HEL)?». *Documento de Opinión. IEEE.es*. Ministerio de Defensa.
- ORTEGA GARCÍA, Julio (2011): «Armas de tecnología avanzada». Capítulo VI del *Cuaderno de Estrategia n.º 153* («Proliferación de ADM y de Tecnología Avanzada»). *IEEE.es*. Ministerio de Defensa.
- SAURA INIESTA, Pedro Ramón (2011): «La artillería naval del futuro: el cañón electromagnético». *REVISTA GENERAL DE MARINA*.
- GONZÁLEZ-ALLER CORNAGO, Juan; PAULA DIAGO, Carlos; MIGUEL LÓPEZ, Ángel de (2018): *El futuro de la munición naval: municiones inteligentes y de alcance extendido*. Trabajo fin de curso.
- PÉREZ Y PÉREZ, Miguel Ángel (2015): «Nuevos cañones navales: entre lo necesario y lo posible (I y II)». *REVISTA GENERAL DE MARINA*.
- FERNÁNDEZ, Juanjo (2019): «El desastre del (carísimo) superdestructor *Zumwalt* que trae de cabeza a Estados Unidos». *El Confidencial*.
- GUNZINGER, Mark, y DOUGHERTY, Chris (2012): «Changing the game: the promise of directed-energy weapons». *Center for Strategic and Budgetary Assessments*.
- REHBERG, Carl, y GUNZINGER, Mark (2018): *Air and missile defense at a crossroads*. Center for Strategic and Budgetary Assessments.
- O'ROURKE, Ronald (2020): *Navy Lasers, Railgun, and Gun-Launched Guided Projectile: Background and Issues for Congress*. Congressional Research Service.
- (2015): *Navy Shipboard Lasers for Surface, Air, and Missile Defense: Background and Issues for Congress*. Congressional Research Service.
- (2018): *China Naval Modernization: Implications for US Navy Capabilities: Background and Issues for Congress*. Congressional Research Service.
- GALDORISI, George V., y TRUVER, Scott C.: *The Zumwalt class destroyer. A Technology «Bridge» Shaping the Navy after Next*. Naval War College.
<https://www.lockheedmartin.com/>
<https://seapowermagazine.org/uss-dewey-receives-first-odin-laser-weapon-to-counter-enemy-uas/>
<https://www.defensedaily.com/150-kw-laws-follow-laser-going-portland-later-year/navy-usmc/>
<https://www.cpu.es/SIGILAR>
<https://www.lagacetadesalamanca.es/hemeroteca/centro-laseres-desarrollara-novedoso-sistema-CTGS257252>
<https://www.leonardocompany.com>
<https://www.baesystems.com>
<https://news.usni.org/2015/01/05/navy-wants-rail-guns-fight-ballistic-supersonic-missiles-says-rfi#more-10520>
<https://www.navy.mil>
<https://www.cnn.com/2019/01/30/china-naval-gun-ready-for-warfare-by-2025-us-intelligence.html>
<https://www.elradar.es/la-armada-de-ee-uu-prueba-el-excalibur-naval-de-raytheon/>
<https://www.raytheonmissilesanddefense.com/capabilities/products/excalibur-projectile>
<https://breakingdefense.com/2016/01/excalibur-goes-to-sea-raytheon-smart-artillery-shoots-back/>

El cazaminas *Tajo*, integrado en la Agrupación Permanente de Medidas Contra Minas 2 navegando con mar gruesa rumbo al Mediterráneo Oriental. (Foto: Armada).

