

TEC1000

2018

Estudios de Vigilancia
y Prospectiva Tecnológica
en el área de Defensa
y Seguridad



Centro de Estudios Grl Mosconi
Prospectiva Tecnológica Militar



TEC1000

2018



Centro de Estudios Grl Mosconi
Prospectiva Tecnológica Militar



CEPTM "GrI MOSCONI"

Estudios de Vigilancia
y Prospectiva Tecnológica
**en el área de Defensa
y Seguridad**

2018

Estudios de vigilancia y prospectiva tecnológica en el área de defensa y seguridad / Juan Carlos Pérez Arrieu... [et al.]. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Universidad de la Defensa Nacional. Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Gral. Enrique Mosconi, 2019.

232 p. ; 24 x 17 cm.

ISBN 978-987-46550-5-9

1. Defensa Nacional. 2. Ingeniería. I. Pérez Arrieu, Juan Carlos Miguel
CDD 355.007

DIRECTOR

Juan Carlos Pérez Arrieu

EDITOR Y PROPIETARIO

CEPTM de la Facultad de Ingeniería del Ejército – UNDEF

ISSN 2591-4162

Facultad de Ingeniería del Ejército “Grl Div Manuel N Savio”– UNDEF

Av. Cabildo 15 . Palermo . Ciudad Autónoma de Buenos Aires
C1426AAA Teléfono: 4779-3300

difusionceptm@fie.undef.edu.ar

<http://www.fie.undef.edu.ar>

ÍNDICE

PRÓLOGO . Decano de la Facultad de Ingeniería del Ejército – UNDEF	7
PRESENTACIÓN . Director CEPTM “GrI MOSCONI”	9
1. PROSPECTIVA, VIGILANCIA TECNOLÓGICA E INTELIGENCIA ESTRATÉGICA	
1.1 Armas de energía dirigida (DEWs)	11
1.2 Reactores nucleares de Generación IV	29
2. ARMAMENTO	
2.1 Tecnologías disruptivas en los fuegos de precisión de largo alcance (LRPF)	39
2.2 Estado del arte de sistemas de protección balística personal y vehicular	121
3. INFORMÁTICA	
3.1 Seguridad de la Información. Riesgos y desafíos crecientes	151
4. ELECTRÓNICA	
4.1 Una mirada desde las actividades de contramedidas de vigilancia técnica (Technical Surveillance Counter Measures)	167
5. QUÍMICA	
5.1 Guerra de nervios. Los agresivos neurotóxicos en el contexto del renacer de la guerra fría entre Rusia y el resto de Europa	173
6. GEOCIENCIAS	
6.1 GNSS y Aumentación. Pasado, presente y futuro	185
6.2 Evolución de los sistemas de información geográfica	197
7. EL CEPTM “GrI MOSCONI”	
Integrantes	207
Principales actividades y eventos del CEPTM durante el año académico 2018	209
Capacitación	210
Publicaciones	212
Newsletters del Observatorio Tecnológico Militar (OTM)	213
8. ANTENA TERRITORIAL DE DEFENSA Y SEGURIDAD	225
8.1 Observatorio Tecnológico Aeroespacial (OTA) de la Escuela Superior de Guerra Aérea	227
8.2 Observatorio Argentino del Ciberespacio (OAC) de la ESGC FFAA	229

PRÓLOGO

Habiendo transcurrido el período inicial que impulsó su creación, el Centro se consolidó en sus objetivos incorporando progresivamente más analistas, especializados en los campos de interés tecnológico de la defensa, ampliando su alcance con nuevos observatorios a la Antena de Vigilancia Tecnológica Territorial de Defensa y Seguridad en el marco del Programa Vintec, e incorporando nuevos vigías y observadores, motivados por el interés que despiertan las investigaciones que diariamente desarrollan sus integrantes.



Así durante el corriente año, la difusión de los estudios, la transmisión de sus capacidades de análisis y la difusión de sus informes, motivaron la expansión de las áreas de análisis y la creación de los nuevos observatorios de Emergencias y Catástrofes, Aeroespacial y del Ciberespacio, que se suman al original Observatorio Militar Mosconi y que integrados potencian la explotación de las fuentes de información específica para proveer de información novedosa a nuestras instituciones y colaborar desde allí al conocimiento de las tendencias de evolución tecnológica para la defensa, orientando desde esa perspectiva la formación superior universitaria ya no solo de ingenieros y técnicos sino también de oficiales y suboficiales de las tres fuerzas armadas de distintas especialidades en los institutos específicos y conjuntos de formación superior.

En la complementación e integración de la **vigilancia**, que detecta información relevante, tendencias, novedades de tecnologías emergentes, nuevas invenciones e innovaciones con la **Inteligencia Estratégica**, que analiza, depura y evalúa esa información para apoyar el proceso de toma de decisiones estratégicas, el CEPTM se constituye en un componente fundamental que articula formación académica y comunidad de organizaciones para la defensa

“La guerra es el campo de la incertidumbre, tres cuartas partes de las cosas a partir de las cuales es necesario calcular que acción debe ser emprendida en una guerra se encuentran más o menos ocultas en la nebulosa de una gran incertidumbre.” (Carl Von Clausewitz)

La difusión del potencial del Centro a la Escuela Superior de Guerra Conjunta, a las Escuelas Superiores de Guerra específicas de las FFAA, el Instituto de Inteligencia de las Fuerzas Armadas y a los institutos de formación de las Fuerzas Armadas, posibilitó que quienes allí ejercen la docencia o se forman, encontraran en los aportes de los analistas y en las herramientas de vigilancia tecnológica una fuente de información acerca del estado del arte así como de las tendencias de desarrollos tecnológicos para contribuir a la formación de sus cursantes.

Esta nueva edición de Tec 1000 que tengo el grato honor de prologar una vez más, es un sintético compendio de tan sólo algunas de las actividades que el Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar “Grl Mosconi” desarrolló durante el año, al servicio de la comunidad en general y en particular para la comunidad académica y militar asociada a la Facultad de Ingeniería del Ejército.

Es menester felicitar y agradecer el compromiso desinteresado y la profesional dedicación del Director del Centro, Coronel Juan Carlos Pérez Arrieu y de sus integrantes.

Deseo augurarles el mayor de los éxitos a ellos y a quienes se han incorporado más recientemente a este desafío de mirar al futuro y gestionar el presente para enfrentar al primero lo con la mejor preparación.

CABA, diciembre de 2018

Marcos Horacio Mansilla

Coronel - Decano de la Facultad de Ingeniería del Ejército - UNDEF

PRESENTACIÓN

Como es sabido, la información es poder; es un factor de dominio y una herramienta para adaptarse a las condiciones cambiantes del entorno. La obtención, análisis y difusión de la información adecuada sobre las oportunidades y amenazas derivadas de los cambios son imprescindibles tanto en el ámbito de la defensa como el de la seguridad nacional e internacional.

Una Unidad, Centro u Observatorio Tecnológico en el ámbito de la seguridad y defensa permite aportar criterios técnicos y doctrinales a los órganos de asesoramiento y a los decisores, para la planificación estratégica a corto, mediano y largo plazo y, en especial, aporta al desarrollo de las actividades de investigación y desarrollo de interés en estas áreas.

No podemos conocer con certeza cómo será el futuro de los conflictos armados, pero debemos estar preparados para enfrentarlos. Pensar el carácter futuro de la guerra es una tarea central en la profesión militar.

La acción en la coyuntura tiene poco sentido si no es en función de un proyecto futuro; la Antena Territorial de Vigilancia Tecnológica: CEPTM Mosconi en Defensa y Seguridad, creada con mucho esfuerzo en convenio con el MINCYT a fines de 2017, tiene algunos objetivos aún solo esbozados, como los de ayudar a conformar e integrar otros Observatorios Tecnológicos en el área de Defensa y Seguridad (por ejemplo, emergencias y catástrofes, ciberseguridad / ciberdefensa, sistemas aeroespaciales, etc.). No es sencillo concretar esas metas en tiempos de escasos recursos en que lo urgente es resolver el día a día y conducir el difícil presente.

Durante el año 2018, a raíz de iniciativas de proyectos de vigilancia tecnológica en la Escuela Superior de Guerra Aérea (ESGA) y la Escuela Superior de Guerra Conjunta (ESGC), el CEPTM colaboró con la conformación de dos observatorios tecnológicos: el “Observatorio Tecnológico Aeroespacial” (OTA) de la ESGA y el “Observatorio Argentino del Ciberespacio” (OAC) de la ESGCFFAA.

Queda aún concretar los convenios académicos interinstitucionales para integrar verdaderamente los observatorios, es intención materializar dicho objetivo durante el 2019 y sumados al “Observatorio Tecnológico Militar” (OTM) Mosconi y un proyecto de “Observatorio en Emergencias y Catástrofes” poder brindar a la comunidad académica de la UNDEF, las Fuerzas Armadas y Fuerzas de Seguridad, productos de VT e IE de forma conjunta.

Sabemos que la previsión y anticipación son cualidades distintivas de las estructuras militares. Desde el CEPTM “GRL MOSCONI” tratamos con convicción de ejercitarlas, enseñarlas, inculcarlas y fomentarlas.

“TEC 1000” es un producto de la Vigilancia Tecnológica y la Prospectiva, presenta algunos de los trabajos y estudios realizados por sus analistas y observadores durante el año académico de la Facultad de Ingeniería del Ejército; en ellos se reflejan las megatendencias, las nuevas amenazas y posibles soluciones en el área de la Defensa y Seguridad desde una perspectiva tecnológica.

Aspiramos a que al exponer los últimos avances y tendencias, contribuyamos con quienes se preparan para combatir en la guerra del futuro y, a su vez, sea de utilidad para la comunidad científica académica de la Facultad del Ejército.

CABA, diciembre de 2018

Juan Carlos Miguel Pérez Arrieu
Coronel (R) Ing. Mil. - Dir CEPTM Mosconi

1. PROSPECTIVA, VIGILANCIA TECNOLÓGICA E INTELIGENCIA ESTRATÉGICA

1.1

Armas de energía dirigida (DEWs)

Por el Cnl A (R) DIM Juan Carlos M. Perez Arrieu*

1. Resumen
2. Introducción, Qué son y a qué se llaman armas de energía dirigida, árbol tecnológico, Antecedentes en el campo militar.
3. Armas de pulso electromagnético (EMP), Qué es un EMP, Armas EMP de origen nuclear - Bomba Arco Iris - Pulso EMP de gran altitud (HEMP), armas EMP no nucleares (NNEMP) - Proyecto CHAMP, estudios de defensa contra EMP.
4. Armas láser, introducción, qué es un láser - usos más comunes, principales proyectos en desarrollo, empresas y fabricantes.
5. A modo de conclusión.
6. Glosario
7. Bibliografía -fuentes.

La tecnología modifica la doctrina

1. RESUMEN

Después de décadas de investigación y desarrollo, las armas de energía dirigida todavía se encuentran en la etapa experimental y aún sus metas están pendientes. ¿Cuándo se utilizarán como armas prácticas y de alto rendimiento? Eso depende de las amenazas y de la percepción de su utilidad en el campo de combate. Recordemos que los sistemas de armas se diseñan a partir de las capacidades del blanco.

El objetivo de un arma de pulso electromagnético (EMP) es destruir las capacidades de C3¹, las redes de energía, los equipos electrónicos, generando caos en el caso de un ataque masivo. No causa bajas directamente, actualmente son una realidad y están disponibles.

1 C3: comando control y comunicaciones.

Las armas láser tienen otros objetivos, su desarrollo está motivado principalmente por el uso generalizado de drones, las inquietantes armas hipersónicas y la ampliación del campo de combate al segmento espacial.

Estados Unidos, Rusia, China, India, Alemania y el Reino Unido se encuentran invirtiendo y desarrollando sistemas de armas de energía dirigida. Para la década del 2020, podrían ser una solución a los problemas que la tecnología militar de punta y disruptiva plantean, su desarrollo anticipa la forma del campo de combate futuro.

Este trabajo pretende mostrar un panorama general sobre las tecnologías y proyectos de las armas de energía dirigida disponibles y en desarrollo y su posible uso en el campo de la defensa y seguridad.

Resulta trascendental que los organismos de defensa y seguridad se anticipen a las nuevas amenazas, se capaciten y equiven para garantizar la supervivencia y la continuidad de las operaciones.

Las armas láser (LaWS) ya son una meta de la Ingeniería Militar; los proyectos en desarrollo en Estados Unidos, Rusia, China, el Reino Unido y Alemania anticipan una solución para proteger a las tropas de misiles ICBM e hipersónicos, sistemas aéreos no tripulados (UAS), cohetes, artillería y morteros...

PALABRAS CLAVE

Armas de energía dirigida; *Directed energy and electrical weapon systems*; pulso electromagnético; *Advanced Technology Weapons, Directed Energy Weapons, DEW, Laser Weapons, High Power Microwaves, HPM, Particle Beam Weapons, Electromagnetic Pulse, EMP.*

2. INTRODUCCIÓN

QUÉ SON Y A QUÉ SE LLAMA ARMAS DE ENERGÍA DIRIGIDA

La mayoría de las armas convencionales dependen de la energía química (explosivos) ya sea como bombas – granadas, o para crear energía cinética (lanzar un proyectil), las DEWs son diferentes: utilizan energía electromagnética para cumplir con su finalidad, envían energía en vez de materia.

Un arma de energía dirigida es un artefacto o un sistema de armas (SA) diseñado para neutralizar o destruir un objetivo mediante la emisión de energía radiante altamente enfocada o a través de pulsos electromagnéticos.

Se utilizan en su diseño diversos tipos de tecnologías como son la nuclear, el láser, las microondas, los haces de partículas y los generadores de pulsos electromagnéticos.

Su empleo se previó como sistemas de armas antipersonal, de defensa antimisiles o de morteros para neutralizar vehículos con armadura ligera o para anular la infraestructura energética y electrónica de un área empleando armas de pulso electromagnético, por ejemplo, el generado por una bomba nuclear que detona a gran altura (HEMP)².

² *High Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP)* - Mendieta R., Eduardo - El pulso electromagnético (PEM): La energía más destructiva Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología, núm. 3, 2008, pp. 57-61 Universidad Politécnica Salesiana Cuenca, Ecuador.

Se pueden incluir en las DEWs hasta las pequeñas pistolas eléctricas (Taser o Stun Gun) que producen una descarga eléctrica para inmovilizar a un agresor, hoy de uso común en algunas Fuerzas de Seguridad (o para defensa personal).

Una clasificación más general las denomina como **armas eléctricas**, así se incluye a los lanzadores electromagnéticos (EM), como los recientes desarrollos de cañones Rail Gun (de Estados Unidos y China) que pueden lanzar proyectiles a velocidades hipersónicas (mayores a mach 5).

ÁRBOL TECNOLÓGICO

Los árboles tecnológicos son una estructura de los subsectores a vigilar en un formato de árbol que permiten relacionar la actividad de C&T+i con las posibles próximas líneas de productos y su tendencia³.

En la Figura 1 se puede apreciar un árbol tecnológico elemental, en el cual a la izquierda observamos las distintas denominaciones con que se pueden referir las DEWs, y a la derecha los principales campos de interés.

FIGURA 1: ÁRBOL TECNOLÓGICO ELEMENTAL SOBRE ARMAS DE ENERGÍA DIRIGIDA



Fuente: Elaboración propia

3 Marc Giget, Les bonzais de l'industrie japonaise, 1984

ANTECEDENTES DE SU EMPLEO COMO ARMAS EN EL CAMPO MILITAR

LAS IDEAS FORMAN EL CONOCIMIENTO

Las ideas , las creencias y el conocimiento forman nuestro modo de pensar y actuar, particularmente los rayos, el fuego, los objetos brillantes, han estado siempre presentes en la cultura y las civilizaciones que nos precedieron han sido y son, símbolos de poder y de capacidad de destrucción.

El rayo fue, es y seguirá siendo uno de los fenómenos más extraordinarios de la naturaleza, fue interpretado en la antigüedad en forma de fuego en las culturas mesopotámicas y del antiguo Egipto, en la cultura caldea se encuentra un sello “que muestra a una diosa parada sobre los hombros de un guardián alado, tras de ella sobre un carro de cuatro ruedas, está el dios del tiempo lanzando rayos”⁴.

En la mitología china, el rayo está representado por la colorida diosa Tien Mu, que sostiene firmemente dos espejos para dirigir los destellos.

En la mitología griega se representa a Zeus con un manojo de rayos, que cuando deseaba castigar a los mortales lanzaba un rayo para destruirlos.

El más famoso de los antiguos dioses normandos, Thor, producía rayos a medida que su martillo golpeaba un yunque. También en las culturas precolombinas, como en las del lejano oriente, siempre era el rayo el símbolo de un poder que sólo podía ser ostentado por los dioses.

Las armas de energía dirigida han sido un elemento básico de la literatura de ciencia ficción y de los escenarios de guerras futuras desde que HG Wells publicó “La guerra de los mundos” en 1898, con sus “rayos de calor” marcianos.

Con el avance de la ciencia, la idea se transformó en acciones, el conocimiento, hoy más que antes sinónimo de poder, fue legado a los hombres, en plena Gran Guerra. En 1916, Albert Einstein publicó en una revista de Zurich un artículo que llevaba por título “Teoría cuántica de la radiación”, así se inicia el camino hacia el Maser y el Láser. En 1945, el proyecto Manhattan culminaba con la primera detonación nuclear que conlleva un pulso electromagnético derivado de la explosión; el 16 de mayo de 1960, el ingeniero y físico aeronáutico de Hughes, Theodore Harold Maimain, genera la primera luz coherente del mundo de su láser de rubí rosado de estado sólido... Empiezan a delinear las DEW.

Las ideas forman el conocimiento,
los nuevos conocimientos generan nuevas ideas.

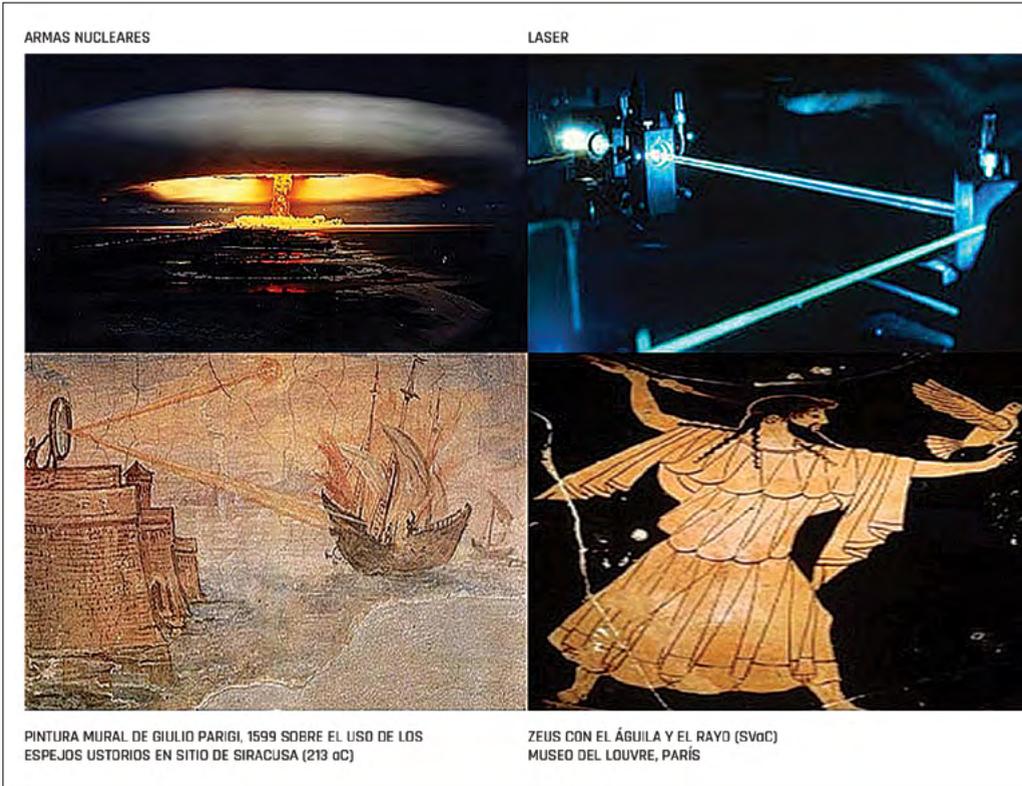
“RAYOS” EN EL CAMPO MILITAR

> Siracusa 213 AC: los Romanos sitian la ciudad griega , Arquímedes utiliza espejos ustorios para hacer arder la flota invasora⁵... En la figura 2 se aprecia una pintura del siglo XVI que hace referencia a la batalla.

⁴ Horacio Torres Sánchez, 1991, UN; **Los rayos: una visión mitológica, científica y tecnológica**”; <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4902903.pdf>

⁵ Luciano de Samosata (125- 180dC) de <https://irreductible.naukas.com/2009/11/27/el-rayo-de-arquimedes-de-siracusa-a-los-cazamos/> - consultado el 30setiembre 2018

FIGURA 2: IDEAS, CREENCIAS Y CONOCIMIENTO



- > Estados Unidos (Primera Guerra Mundial): el ingeniero e inventor Nikola Tesla trabaja en su “rayo de la muerte”, declara a la revista Madrid Científico, que podía “emitir, a través del aire, una onda eléctrica que haga estallar a gran distancia los explosivos del enemigo”... “Puede afirmarse casi con seguridad, que esta es la última guerra en que la pólvora y los explosivos decidirán la lucha. La guerra futura se hará por medio de la electricidad. El cañón resultará impotente para el arma del porvenir. Se ha llegado al límite”⁶...
- > Estados Unidos, Océano Pacífico, Isla de Johnston 1962: durante la prueba nuclear Starfish Prime, llevada a cabo por la Defense Atomic Support Agency (DASA) y la Atomic Energy Commission (Comisión de energía atómica, o AEC, por sus siglas en inglés), se detecta por primera vez de manera accidental, un pulso electromagnético (EMP) producto de la explosión. La bomba (1.4 megatones), fabricada en Los Alamos Scientific Laboratory (Laboratorio Científico de Los Álamos), detona a 400 kilómetros de altura generando un EMP con amplitudes en decenas de kilovoltios por metro, con un radio de efectos de cientos a miles de kilómetros. Este efecto EMP a gran altitud (también conocido como HEMP) puede desactivar los sistemas eléctricos y electrónicos en general, plantea los mayores riesgos para las líneas de alta tensión y las comunica-

⁶ <https://www.abc.es/20110518/archivo/abci-nikola-tesla-rayo-muerte-201105171653.html> - consultado el 30 de setiembre de 2018

ciones de larga distancia. Desde entonces, todas las potencias nucleares de primer orden han incorporado a su arsenal armas capaces de producirlo⁷...

- > Unión Soviética (1966): el gobierno emite un decreto sobre el inicio del trabajo en el programa Terra 3, es el comienzo del programa de láser soviético. Un grupo de científicos eminentes - NG. Basov, Yu.B. Khariton, G.V. Kisunko y E.N. Tsarevsky, envían una nota al Comité Central del PCUS sobre la posibilidad de utilizar un generador cuántico óptico (el nombre del láser, utilizado en la ciencia soviética en ese momento) en defensa de un ataque con misiles. La nota específica es que, con el desarrollo apropiado del láser y algunas otras tecnologías, es posible crear una instalación de combate que golpeará los misiles balísticos enemigos con un haz dirigido⁸...
- > 1978: se da comienzo al proyecto de Estados Unidos ESCALIBUR de investigación de armas nucleares para desarrollar un láser de rayos-X como un arma de energía dirigida a la defensa en contra de misiles balísticos. El proyecto se desactiva en 1988.
- > Estados Unidos (1983): Ronald Reagan lanza la Iniciativa de Defensa Estratégica (Strategic Defense Initiative, SDI, por sus siglas en inglés) conocida popularmente como Guerra de las Galaxias. Proponía un escudo defensivo ante un ataque soviético con armas balísticas estratégicas; entre otras armas, se proponían láseres para su uso en el segmento espacial...
- > Marina de los Estados Unidos, Golfo Pérsico, USS PONCE (2014), a bordo del buque de transporte anfibio USS Ponce, se instaló un arma láser destinada principalmente a desactivar o destruir drones y pequeñas embarcaciones. El teniente Cale Hughes, oficial del sistema de armas láser, comenta a la CNN :”No nos preocupamos por el viento, no nos preocupamos por el alcance, no nos preocupamos por nada más, somos capaces de alcanzar los objetivos a la velocidad de la luz”⁹...

3. ARMAS DE PULSO ELECTROMAGNÉTICO



La energía provoca un aumento repentino de voltaje en los equipos electrónicos, haciéndolos inútiles antes de que los protectores de sobrecarga tengan la oportunidad de reaccionar.

¿QUÉ ES UN EMP?

La energía generada por el pulso electromagnético (EMP)¹⁰ provoca un aumento repentino de voltaje en los equipos electrónicos, haciéndolos inútiles antes de que los protectores de sobrecarga tengan la oportunidad de reaccionar.

⁷ https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2017-01-01/bomba-atomica-guerra-fria-trump-pulso-electromagnetico_1310770/
<https://www.anfrix.com/2016/10/la-prueba-nuclear-espacial-que-destruyo-tres-satelites-y-dano-otros-tres-por-error/>, consultado el 30 de septiembre de 2018.

⁸ <https://www.globalsecurity.org/space/world/russia/terra-3.htm> - Proyecto Terra 3.

⁹ <http://www.ceptm.iue.edu.ar/index.php/2017/07/20/armas-de-energia-dirigida-la-us-navy-despliega-la-primera-arma-laser-operativa-en-el-golfo-persico/>
<https://edition.cnn.com/2017/07/17/politics/us-navy-drone-laser-weapon/index.html>

¹⁰ <http://www.ieee.es/contenido/noticias/2018/04/DIEEEA16-2018.html>

Puede ser provocado por causas naturales: por una tormenta solar, o por rayos, o generarse al encender un vehículo (de allí las normas que aíslan los fenómenos EM) o ser diseñados para ese fin artificialmente: por medio de una detonación nuclear o como armas EMP no nucleares. Ya antes de la primera detonación, el físico Enrico Fermi había previsto la ionización de la estratosfera por los rayos gama generados en la explosión.

El objetivo del EMP es anular las capacidades de comando y control, así como la infraestructura eléctrica (según su potencia y área de acción). Su detonación, en principio, no daña las personas ni provoca destrucción de las obras civiles, pero un apagón eléctrico en sí genera caos, se afectan, dejan de funcionar o enloquecen los sistemas electrónicos - informáticos, las redes energéticas, los sistemas de emergencia y el transporte, entre otros.

Los eventos de EMP menores son muy conocidos, causan niveles bajos de ruido eléctrico o interferencias que pueden afectar el funcionamiento de los dispositivos electrónicos. Por ejemplo, un problema común a mediados del siglo XX fue la interferencia emitida por los sistemas de encendido de los motores de combustión interna, lo que provocó interferencias en los aparatos de radio y los televisores. Es por ello que se introdujeron normas de compatibilidad electromagnética para la industria. A un nivel de alto voltaje, un EMP puede provocar una chispa.

Un potente EMP puede inducir altas corrientes y voltajes en la unidad víctima, lo que interrumpe temporalmente su función o incluso la daña permanentemente; también puede afectar directamente a los materiales magnéticos y corromper los datos almacenados en medios como cintas magnéticas y discos duros de computadoras. Es por ello que los discos duros suelen estar protegidos por carcasas de metal. Algunos proveedores de servicios y recicladores de computadoras utilizan un EMP controlado para eliminar dichos medios magnéticos.

Los efectos dañinos de EMP de alta energía han llevado a la introducción de armas EMP, desde misiles tácticos con un pequeño radio de efecto hasta bombas nucleares adaptadas para un efecto EMP máximo en un área amplia.



PULSO ELECTROMAGNÉTICO DE ORIGEN NUCLEAR (NEMP)

PULSO ELECTROMAGNÉTICO DE GRAN ALTITUD (HEMP)

BOMBA ARCO IRIS

El HEMP, o ataque de pulso electromagnético de gran altitud, conocido como Bomba Arco Iris por las auroras que crea en el cielo, consiste en detonar una bomba termonuclear de una potencia aproximada de un megatón, a una altitud entre 300 y 500 kilómetros sobre el objetivo. Este tipo de ataques llega a crear un campo electromagnético de unos 50.000 voltios por metro.

Cuando una bomba atómica explota en el aire sobre un lugar genera tres pulsos electromagnéticos comúnmente denominados: E1, E2, y E3.

E1 comienza con un pulso de rayos gamma que colisionan con la atmósfera a 32.000 metros ionizando los átomos; se produce entonces una lluvia de electrones (corriente Compton) que son repelidos por el campo magnético, la interacción de esos electrones con el campo magnético provoca un pulso de radiación electromagnética que según la definición de IEC, dura 1000 nanosegundos. El proceso de ionización en la estratosfera media hace que esta región se convierta en un conductor eléctrico, se bloquea la producción de más señales electromagnéticas y hace que la intensidad de campo se sature a aproximadamente a 50,000 voltios por metro. La intensidad

del pulso E1 depende de la latitud (en función del campo magnético), el número y la intensidad de los rayos gamma y en cierta medida de la altitud de la explosión.

E2 es un pulso de “tiempo intermedio” que, según la definición de IEC, dura entre un microsegundo y un segundo después de la explosión, tiene muchas similitudes con un rayo, aunque el E2 inducido por el rayo puede ser considerablemente más grande que un E2 nuclear. Debido a las similitudes y al uso generalizado de la tecnología de protección contra rayos, generalmente se considera que E2 es el más fácil de aislar.

El componente E3 es diferente de E1 y E2; es un pulso mucho más lento, que dura entre diez y cientos de segundos. Es causado por la distorsión temporal del campo magnético de la Tierra. El componente E3 tiene similitudes con una tormenta geomagnética causada por una llamarada solar o tormenta geomagnética. E3 puede producir corrientes inducidas geomagnéticamente en conductores eléctricos largos, lo que daña componentes como los transformadores de líneas eléctricas. Debido a la similitud entre las tormentas geomagnéticas inducidas por el sol y el E3 nuclear, se ha vuelto común referirse a las tormentas geomagnéticas inducidas por el sol como “Solar EMP”.

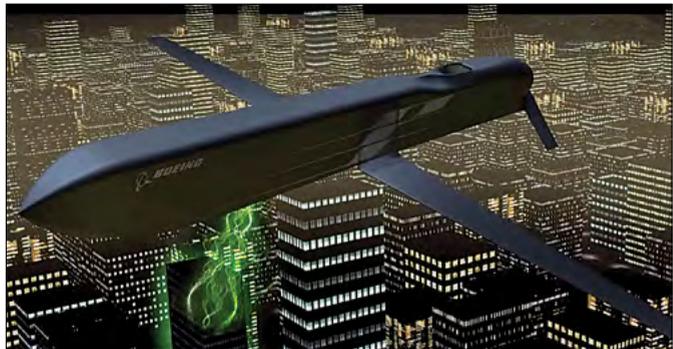
El objetivo del EPM consiste es destruir o anular las capacidades C3, las redes de energía eléctrica, los equipos electrónicos...

ARMAS DE PULSO ELECTROMAGNÉTICO NO NUCEAR (NNEMP)

PROYECTO CHAMP

Existen desarrollos de sistemas que producen un pulso electromagnético de distinta potencia: los hay desde portátiles en vehículos terrestres o aéreos, a modo de ejemplo citaremos el proyecto de Boeing, un arma no nuclear de EMP que desarrolla junto al Laboratorio de Investigación de la Fuerza Aérea Estadounidense y a Raytheon Ktech, el proyecto CHAMP¹¹ (acrónimo de Counter-Electronics High-Powered Advanced Missile Project); es un dispositivo aéreo que actúa sobrevolando sus objetivos emitiendo pulsos de micro-onadas de alta potencia. La figura 3 muestra un dibujo artístico de Boeing del proyecto CHAMP.

FIGURA 3: THE BOEING CHAMP (COUNTER-ELECTRONICS HIGH-POWERED MICROWAVE ADVANCED MISSILE PROJECT)¹²



ESTUDIOS DE DEFENSA Y SEGURIDAD CONTRA ATAQUES EMP

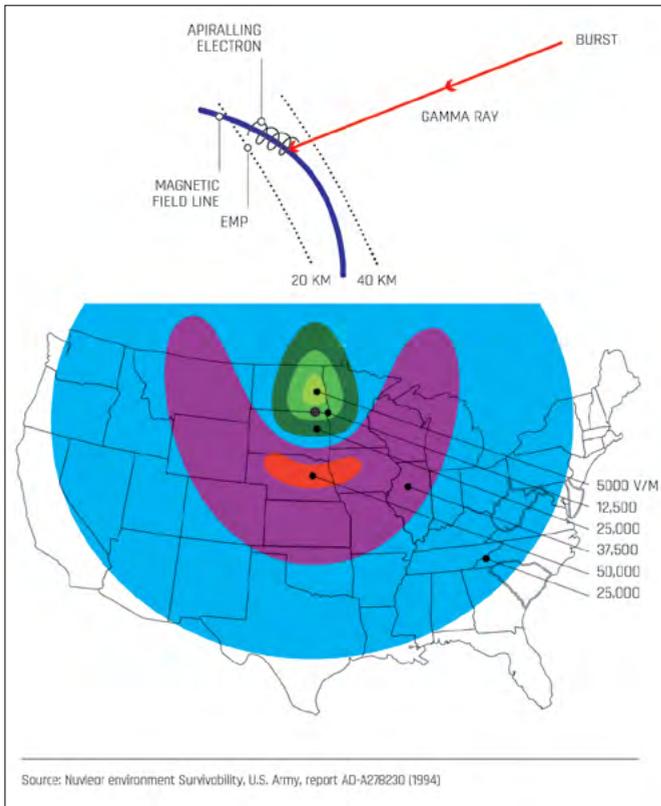
Especialmente en los Estados Unidos, se han realizado estudios preparados por distintos organismos gubernamentales, para la protección de EMP, ya sea causados por un fenómeno natural o

¹¹ <https://www.boeing.com/features/2012/10/bds-champ-10-22-12.page>
<https://www.zona-militar.com/2016/03/30/raytheon-se-adjudica-la-electronica-del-proyecto-champ/>

¹² <http://www.boeingimages.com/archive/Boeing%20CHAMP%20Attacks%20Target-2F3XC5PL3K7.html>

por causa de un ataque. A continuación, se enumeran algunos de esos informes que se encuentran disponibles en internet:

- > De 1994, el documento “*Nuclear environment survivability report*” proporciona una descripción general de los procedimientos de prueba y análisis requeridos para determinar los efectos del ambiente nuclear específico en el material del Ejército.
- > En 2008, redactado por una comisión de expertos al Congreso: “Evaluación de amenazas Pulso electromagnético de gran altitud (HEMP) y Dispositivos de microondas de alta potencia (HPM)”¹³.
- > En 2016, elaborado por el US Department of Homeland Security: “*Electromagnetic Pulse (EMP) Protection and Restorations Guidelines for Equipment and Facilities*”¹⁴, este documento proporciona recomendaciones para proteger y restaurar equipos electrónicos críticos, instalaciones y centros de comunicaciones y de datos.



El sitio web de Michael Mabee, autor de “Civil Defence Book” proporciona un listado de documentos gubernamentales de Estados Unidos sobre EMP y Grid Security <https://michaelmabee.info/government-documents-emp-and-grid-security/>

¹³ Reporte del comité de expertos al Congreso de EEUU https://www.wired.com/images_blogs/dangerroom/files/Ebomb.pdf

¹⁴ <https://publicintelligence.net/dhs-facilities-guidelines-emp/>

También se han desarrollado infraestructura para testear equipos como se ve en la figura 4.

FIGURA 4: PUESTO DE COMANDO AÉREO USAF SOMETIDO A UNA PRUEBA CON UN SIMULADOR EMP



4. ARMAS LÁSER



INTRODUCCIÓN

La palabra láser designa a los dispositivos que generan un haz de luz coherente como consecuencia de una emisión inducida o estimulada. Su nombre se debe a un acrónimo del inglés LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation - "Amplificación de Luz por Emisión Estimulada de Radiación").

El descubrimiento del fenómeno lo realizó el físico teórico Albert Einstein en 1916, aunque el primer láser fue desarrollado por Maiman en 1960 utilizando como medio activo un cristal cilíndrico de rubí.

Existen numerosos tipos de láseres que se pueden clasificar de muy diversas formas; la más común es la que se refiere a su medio activo o conjunto de átomos o moléculas que pueden excitarse obteniéndose radiación electromagnética mediante emisión estimulada (p.ej. de estado sólido, de colorantes, de CO₂, de diodos semiconductores, Rx, etc...). Este medio puede encontrarse en cualquier estado de la materia: sólido, líquido, gas o plasma.

La luz láser, al igual que la luz visible, cumple todos los principios básicos de la óptica: transmisión, reflexión, refracción y absorción.

En general, un láser está formado por tres partes fundamentales: el material a utilizarse (que puede presentarse como sólido gaseoso o líquido, la excitación o energía que se suministra al material que también puede ser de origen químico, eléctrico, lumínico, térmico o nuclear y la cavidad resonante).

La figura 5 muestra un esquema elemental de un láser.

La tecnología láser se utiliza usualmente en la industria de la publicidad, automotriz, joyería, fabricación de moldes, carpintería, trabajos de arquitectura, imprenta, etc. Los equipos láser también pueden cortar y grabar materiales no metálicos como planchas de madera, papel, cartón, cuero, cuerina, telas, acrílico, plástico, corcho, goma, vidrio y muchas más. También se pueden grabar imágenes y caracteres en objetos cilíndricos como tazas y copas.

A fin de dar una idea sobre la capacidad de los equipos en la industria con láseres de hasta 4KW, se pueden llegar a cortar chapas de acero inoxidable o aluminio de 4 milímetros y de 10 milímetros en aceros al carbono¹⁶.

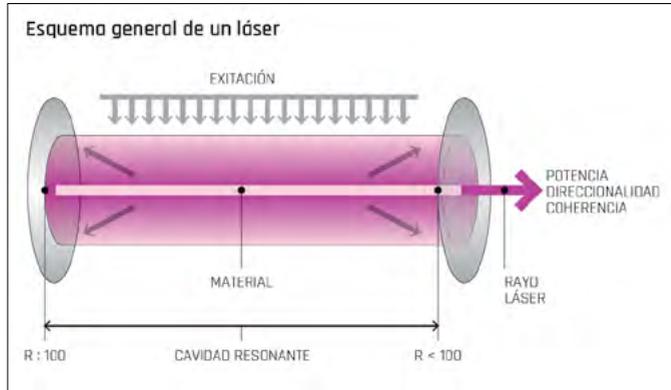
El empleo de medios láser en las Fuerzas Armadas es habitual, principalmente para el cálculo de distancias y señalamiento de objetivos, pero estos dispositivos no son considerados armas ya que su finalidad no es dañar personal o destruir material.

Para resumir, los usos más comunes de la tecnología láser se manifiestan en:

- > Medicina: en procedimientos quirúrgicos de distinto tipo, ya sea como bisturí o para sutura.
- > Industria, Impresoras 3D, sinterizado, soldadura (LBW)¹⁷, corte de metal (puede ser fácilmente enfocado, no se ejerce presión mecánica sobre la pieza, ofrece el beneficio de dejar bordes limpios y lo suficientemente suaves y, a menudo, están listas para su uso).
- > Subsistemas optoelectrónicas de distintos tipos, medición de distancias, telemetría, giróscopos, transmisión de datos, logística (escaneo de barras), seguridad, fotografía, escáneres 3D....
- > Defensa: telemetría, control y guiado (por ejemplo: guiado por haz director) comunicaciones, marcadores – designación de objetivos, cegamiento láser¹⁸, armas DEW.

Llegó el tiempo de las armas de energía dirigida DEW¹⁹

FIGURA 5: ESQUEMA ELEMENTAL DE UN LÁSER¹⁵



¹⁵ Eduardo J. Quel, "Láser: Física y Tecnología para aplicaciones médicas", CITEFA – CONICET, noviembre de 1988.

¹⁶ https://www.ekroboter.com/es/corte-y-plegado-cnc/?gclid=EAlalQobChMlusDC3ZHF3gIVEQ6RChOraA5gEAAAYiAAEgl_QvD_BwE

¹⁷ LBW: Laser Beam Welding - soldadura por haz láser.

¹⁸ Argentina es parte de la "Convención sobre ciertas armas convencionales" (CCA o CCAC) y el protocolo IV prohíbe el uso de armas láser cegadoras. <http://www.un.org/es/disarmament/conventionalarms/index.shtml>

¹⁹ DEWs: directed energy weapons <https://www.boozallen.com/d/insight/blog/the-time-has-come-for-directed-energy.html>

PRINCIPALES PROYECTOS EN DESARROLLO DE ARMAS LÁSER

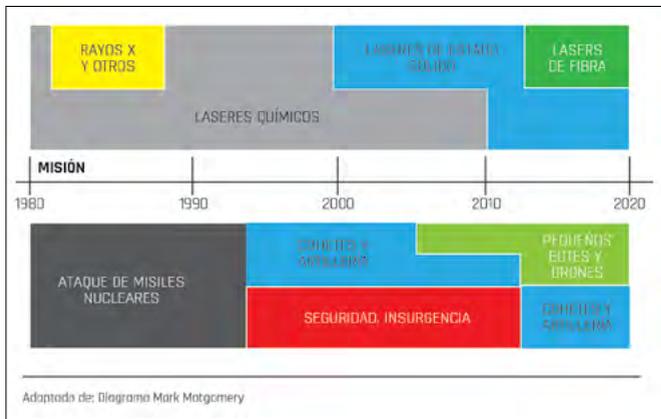
Como complemento de las armas cinéticas, las armas láser pueden proporcionar mejor capacidad y eficacia para la defensa de misiles balísticos, amenazas hipersónicas, sistemas no tripulados, el combate terrestre, defensa aérea y amenazas asimétricas para barcos, aviones, vehículos y personas.

Otras razones de por qué los hacen atractivos:

- > costo por disparo (frente a los millones de un misil interceptor),
- > ahorran espacio,
- > abastecimiento: no se quedan sin munición (siempre que tengan energía suficiente),
- > el efecto en el blanco es muy selectivo: no causa daños colaterales...

A través de los años, la tecnología militar láser evoluciono desde los rayos láser químicos hasta los de fibra²⁰ como vemos en la figura 6.

FIGURA 6: DESARROLLO DE LÁSERES SEGÚN TIPO DE MISIÓN /AMENAZA



Los láseres de alta energía (HEL) tienen el potencial de servir a una variedad de misiones militares, particularmente como armas o como dispositivos de comunicaciones de gran ancho de banda. Sin embargo, los requisitos masivos de tamaño, peso y potencia (SWaP)²¹ de los sistemas láser limitan su uso en muchas plataformas.

A las limitaciones SWaP, se suma la turbulencia de la atmósfera que se manifiesta a medida que aumentan las fluctuaciones de densidad del aire,

así como el tamaño del rayo láser en el objetivo con la distancia, lo que limita la efectividad en distancias largas y se disminuye la irradiancia²².

Recientemente, el programa Excalibur de DARPA desarrolló y empleó con éxito una matriz óptica de 21 elementos, cada uno de ellos impulsado por amplificadores de fibra láser (OPA). Esta matriz de baja potencia se usó para golpear con precisión un objetivo a 7 kilómetros. "El éxito de esta prueba del mundo real proporciona evidencia de hasta qué punto los láseres OPA podrían superar a los láseres heredados con la óptica convencional. También refuerza los argumentos para la escalabilidad de esta tecnología y su idoneidad para las pruebas de alta potencia", dijo Joseph Mangano, gerente del programa DARPA. DARPA está planificando pruebas en los próximos tres años para demostrar capacidades a niveles crecientes de potencia; en última instancia, hasta 100 kilovatios.

²⁰ <https://spectrum.ieee.org/aerospace/military/fiber-lasers-mean-ray-guns-are-coming>

²¹ SWaP : Size , Weight and Power

²² Irradiancia : potencia incidente por unidad de superficie

La reciente demostración de Excalibur utilizó un algoritmo de optimización ultrarrápido para corregir activamente la distorsión atmosférica severa resultante en submilisegundos para maximizar la irradiación del láser entregada al objetivo.

La exitosa demostración ayuda a promover el objetivo de Excalibur de un sistema láser de 100 kilovatios en una configuración de OPA SWaP escalable y ultra-baja compatible con las plataformas de sistemas de armas existentes.

“Con una eficiencia de energía de más del 35 por ciento y la calidad de haz casi perfecta de los arreglos de láser de fibra, estos sistemas pueden lograr el SWaP ultra bajo requerido para el despliegue en un amplio espectro de plataformas”, dijo Mangano. “Más allá de las armas láser, esta tecnología también puede beneficiar a aplicaciones de baja potencia como las comunicaciones láser y la búsqueda e identificación de objetivos”.

En las figuras 7 y 8 podemos ver un resumen de los principales proyectos por país, nótase la supremacía de proyectos (inversión) de los Estados Unidos²³.

FIGURA 7: PROYECTOS ARMAS LASER DE ESTADOS UNIDOS.

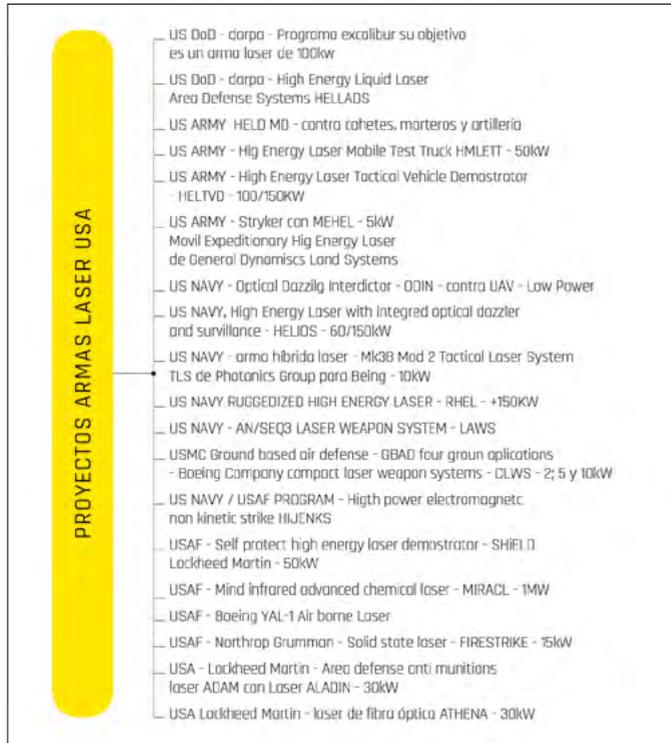


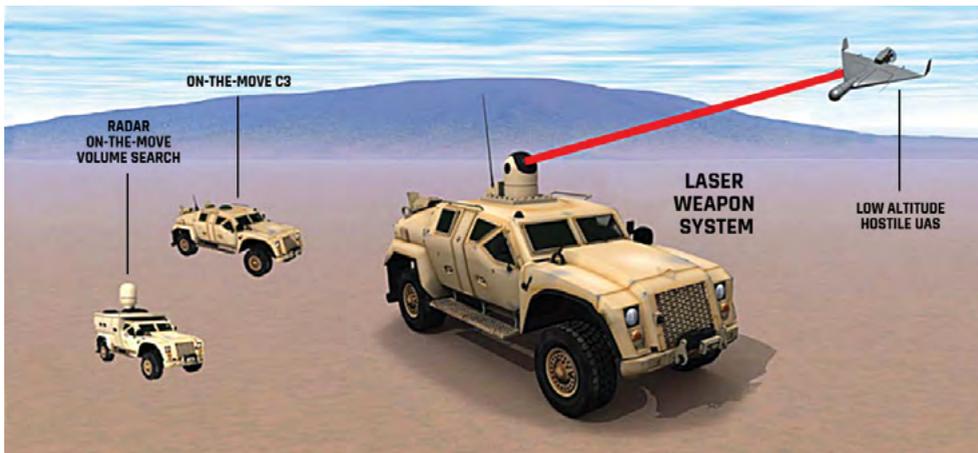
FIGURA 8: PROYECTOS ARMAS LÁSER NO GENERADOS EN ESTADOS UNIDOS



Fuente: Elaboración propia

A modo de ejemplo, a continuación presentamos algunos “concept” de uso y proyectos en desarrollo especialmente para empleo terrestre:

23 <https://newatlas.com/laser-weapons-future-warfare/52801/>



Concept del US Naval Institute
<https://news.usni.org/2016/06/23/walsh-directed-energy>



MEHEL, banco de pruebas láser en un chasis de vehículo Stryker y sirve como plataforma para investigación y desarrollo.

MEHEL 2.0 cuenta con un láser actualizado de 2kW a 5kW y otras capacidades adicionales de C-UAS.
https://www.army.mil/article/184353/army_demonstrates_integration_of_laser_weapon_on_combat_vehicle
<https://i-hls.com/archives/81705>



EXCALIBUR de DARPA emplea con éxito una matriz óptica de 21 elementos. Impulsado por amplificadores de fibra láser, alcanzó con precisión un objetivo a 7 kilómetros.

El proyecto apunta láseres de fibra de 100kW
<https://www.darpa.mil/news-events/2014-03-06>
<https://spectrum.ieee.org/aerospace/military/fiber-lasers-mean-ray-guns-are-coming>



LAWs instalado en el USS Dewey - US NAVY - o el USS PONCE (30kW)
<https://news.usni.org/2014/02/28/document-report-navy-shipboard-lasers>



HEL MD (10kW) realizó una serie de pruebas en White Sands Missile Range, NM, probando el HEL MD, que interceptó exitosamente en más de 85 rondas de mortero, 69 fueron destruidas en vuelo.

El proyecto de HEL MD, incluye: el láser, la plataforma, el comando y el control, la gestión térmica y la potencia desde el láser actual de 10kW a un 50kW, y finalmente un láser de 100kW para el programa.

https://www.army.mil/article/121949/directed_energy_symposium_focuses_on_solutions_to_threats



El desarrollo Chino de Poly Technologies - LOW ALTITUDE GUARD II de 30kW y alcance de 4km.

En la feria internacional de armas KADEX en Kazajstan en mayo de 2018, China presentó un sistema de armas láser anti-UAV que se presentó como una herramienta contraterrorismo (policía) o de defensa aérea (Fuerzas Armadas).

Es transportado por un sistema de camión 6x6 o desplegado en una posición fija. La potencia del láser puede reducirse a 5kW, 10kW y 20kW, si es necesario. El sistema láser puede perforar cinco placas de acero de 2 milímetros de espesor a 800 metros o una placa de acero de 5 milímetros a 1.000 metros. El Silent Hunter es capaz de interceptar un UAV con una envergadura inferior a 2 metros volando a una velocidad inferior a 60 metros por segundo (+200 kph) en rangos entre 200 metros y 4.000 metros. El sistema de defensa aérea láser Silent Hunter se implementó por primera vez durante la reunión del G20 en China en septiembre de 2016.

<http://www.airdefence.in/weapons/low-altitude-guard-ii/>

http://www.deagel.com/Artillery-Systems/Silent-Hunter_a003409001.aspx



El Cuerpo de Marines de los Estados Unidos requirió en 2018 a la Boeing, cinco sistemas de armas láser compactos. Los marines están buscando una protección confiable y rentable contra la creciente amenaza de los vehículos aéreos no tripulados. Se emplearán para aplicaciones terrestres ya sea sobre tripodes, estáticos o sobre vehículos.

Boeing ofrece configuraciones de 2kW; 5kW y 10kW.

<https://www.afcea.org/content/marines-consider-compact-laser-weapon>

Estas armas del futuro tienen una cualidad mágica e inquietante sobre ellas. Su precisión es como nada antes y su naturaleza ajustable significa que pueden configurarse para destruir un objetivo y dejar intacto el que está al lado.

PRINCIPALES EMPRESAS Y FABRICANTES²⁴

La tecnología DEWs ha madurado y los responsables de la Defensa a nivel global la perciben creíble y aprecian que se puede utilizar operativamente; la industria está diseñando y presentando prototipos operativos. El segmento de armas letales ha observado la mayor tasa de crecimiento. Están especialmente enfocados en hacer dispositivos que sean compactos y eficientes.

En busca de eficiencia y los requisitos de tamaño, peso y potencia (SWaP) en los sistemas láser de alta energía, el segmento de fibra láser lidera el mercado a nivel mundial.

Por comparación, los láseres de fibra industrial pueden ser muy potentes dado que suelen dar piezas metálicas de hasta 30 centímetros de espesor. Pero ese alto nivel de potencia se produce al sacrificar la capacidad de enfocar el haz a una distancia. Las herramientas de corte y soldadura necesitan operar a solo centímetros de sus objetivos.

La potencia actual más alta de los láseres de fibra única (10kW) es lo suficientemente

²⁴ Military Laser Systems Market by Technology (Fiber Laser, Solid-State, Chemical Laser, CO2 Laser, Semiconductor Laser), Application (Defense, Homeland Security), Product Type - Forecast and Analysis to 2020 – <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/military-laser-systems-market-154285551.html>

Directed Energy Weapons (DEW) Market Size, Share, Report, Analysis, Trends & Forecast to 2023

<https://www.reuters.com/brandfeatures/venture-capital/article?id=12915>

BBC research Directed-energy and Military Lasers: Global Markets

<https://www.bccresearch.com/market-research/photonics/directed-energy-military-lasers-markets-report-pho015b.html>

buena para enfocar objetos a distancias de cientos de metros .

Aun así, es suficiente para los objetivos estacionarios, como las municiones sin explotar que quedan en el terreno, se puede mantener el láser fijo en el explosivo el tiempo suficiente como para hacerlo detonar.²⁵

Algunos de los jugadores clave en el mercado de Armas de Energía Dirigida Global (DEW) son:

Raytheon Company (U.S.)	Coherent Inc. (U.S.)
Newport Corporation (U.S.)	Lockheed Martin Corporation (U.S.)
Thales SA (Francia)	Northrop Grumman Corporation (US)
American Laser Enterprises, LLC (US)	Frankfurt Laser Company (Alemania)
BAE Systems PLC (US)	Boeing Company
Quantel (Francia)	Moog Inc
L-3 Communications Holdings	Rheinmetall AG
Quinetiq Group PLC	Azimuth Corporation
Textron Inc	Kratos Defense & Security Solutions
General Dynamics Corporation	MBDA
Rafael Advanced Defense Systems Ltd	

Hay urgencia: las armas hipersónicas nos dejan indefensos...

5. A MODO DE CONCLUSIÓN EL FUTURO DE LAS ARMAS DE ENERGÍA DIRIGIDA

Los láseres están lejos de convertirse en un tipo de arma de combate estándar, pero están en ese camino. La cantidad de proyectos y las inversiones nos dan señales y anticipan el campo de batalla futuro.

A medida que las amenazas continúan evolucionando como por ejemplo: por un ataque de enjambre de pequeños UAV (de drones o de lanchas rápidas), o por el aumento de la velocidad de los proyectiles (armas hipersónicas) surge la urgente necesidad de contrarrestarlas.

Por el momento, derriban UAVs y son capaces de neutralizar botes pequeños. A medida que se aumente su potencia y alcance proporcionarán capacidades ofensivas y defensivas que harán que muchas tecnologías militares queden obsoletas.

¿Será un tipo diferente de guerra?

A las armas de pulso electromagnético (EMP) ya disponibles, (pequeñas o las masivas de origen nuclear), a los drones, mulas robots, impresoras 3D replicando armas y robots, ahora se suman los láseres letales de precisión quirúrgica. Hay urgencia para instalarlas, sobre todo por las armas hipersónicas nos dejan indefensos...

La tecnología modifica la doctrina

“Las Aplicaciones de Energía Dirigida son consideradas tecnologías de ‘cambio de juego’ por parte del Ejército”, dijo Richard De Fatta, director de la Dirección de Tecnología Emergente dentro del Centro Técnico del Comando Estratégico del Ejército de Estados Unidos. “Cuando estén en

²⁵ <https://spectrum.ieee.org/aerospace/military/fiber-lasers-mean-ray-guns-are-coming>

campo, ofrecerán alternativas rentables y operativas a misiles convencionales, pistolas y sistemas similares. Una ‘bala’ de energía dirigida se genera casi completamente por energía eléctrica y no requiere reabastecimiento, excepto combustible para generar electricidad”.

De Fatta es el director principal del programa y asesor científico para futuros programas de investigación tecnológica en áreas tales como láseres de alta energía, microondas de alta potencia e interceptores en SMDC²⁶.

6. GLOSARIO DE ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

EMP: Electromagnetic Pulse	HPM : High Power Microwave	LASER: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation	LBW: Laser Beam Welding
CHAMP: acrónimo de Counter-Electronics High-Powered Advanced Missile Project	IEMI : Interferencia electromagnética intencional	HEL: High Energy Laser	CLWS : Compact Laser Weapons System
DEW: directed energy weapon	NEMP: Nuclear electromagnetic pulse	THEL: Tactical High Energy Laser	PBW: Particle Beam Weapons
EM: electromagnético	NNEMP: Non-nuclear electromagnetic pulse	LASS: Low Altitude Laser Defending System	SWaP: requisitos de tamaño, peso y potencia
HEMP: high-altitude electromagnetic pulse		LIPC: Laser Induced Plasma Channel	

7. BIBLIOGRAFÍA - FUENTES

- > *Report to Congress on Army Directed Energy Weapons*: <https://news.usni.org/2018/02/21/report-congress-army-directed-energy-weapons>
- > Comisión para evaluar la amenaza a los Estados Unidos a partir de un ataque del pulso electromagnético(EMP), julio de 2017 <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/1051492.pdf>
- > Alex Roso, Nelson; da Costa Moreira, Romero; Barbosa Oliveira, José Edimar: *High Power Laser Weapons and Operational Implications Journal of Aerospace Technology and Management*, volumen 6, número 3, julio-septiembre, 2014, pp. 231- 236 Instituto de Aeronáutica e Espaço São Paulo, Brasil
- > Fernando Ruiz Domínguez; Instituto Español de Estudios Estratégicos (ieee.es); Boletín electrónico; “Armas de energía dirigida: ¿El fin de las promesas inalcanzadas y el bajo rendimiento de los sistemas *High Energy Laser (HEL)*?”; febrero de 2016.
- > Military Aerospace , Laser Weapon , julio de 2018 <https://www.militaryaerospace.com/articles/print/volume-29/issue-7/special-report/laser-weapons-show-their-stuff-in-real-world-conditions.html>
- > IEEE SPECTRUN - Láseres de fibra , marzo de 2018 <https://spectrum.ieee.org/aerospace/military/fiber-lasers-mean-ray-guns-are-coming>
- > *China’s Progress with Directed Energy Weapons*, by Richard D. Fisher, Jr. Senior Fellow, International Assessment and Strategy Center Testimony before the U.S.-China Economic and Security Review Commission hearing, “China’s Advanced Weapons,” Washington, D.C, 23 de febrero de 2017 https://www.uscc.gov/sites/default/files/Fisher_Combined.pdf
- > Booz Hallen Hamilton; *The time has come for directed energy*; <https://www.boozallen.com/d/insight/blog/the-time-has-come-for-directed-energy.html>

²⁶ <https://spectrum.ieee.org/aerospace/military/fiber-lasers-mean-ray-guns-are-coming>

(*) **Juan Carlos Perez Arrieu:** Coronel de Artillería del Ejército argentino, egresado del Colegio Militar de la Nación; ingeniero militar de la especialidad Sistemas Armas Electrónicas (IUE/EST), Magister en Dirección de Empresas (MBA- UP), Diplomado en Management Estratégico (UP); Especialista en Higiene y Seguridad (UMdP), Maestría en Conducción y Administración (IUE).

Actualmente es Director del Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Grl Mosconi de la Facultad de Ingeniería del Ejército, profesor titular de la cátedra de Organización Industrial (EST), profesor adjunto de la UTNFRGP - Departamento de Ingeniería Mecánica y SC&T, miembro del Área de Prospectiva de Energía Eléctrica - APEE - UTN SC&T.

1.2

REACTORES NUCLEARES DE GENERACIÓN IV

Por el Cnl A (R) OIM Dr. Osvaldo Azpitarte*

RESUMEN

La energía nuclear comenzó a utilizarse para producir electricidad en reactores nucleares a partir de la década del '50. Desde entonces, esta energía ha probado ser una fuente segura, económica y limpia de energía eléctrica.

Los avances tecnológicos en distintas áreas han dado lugar a sucesivas generaciones de reactores nucleares, desde los primeros reactores prototipo (Generación I), pasando por los reactores actualmente en operación (Generación II), los reactores avanzados evolutivos de Generación III, actualmente en construcción, hasta los reactores innovativos de Generación IV, en etapa de investigación y desarrollo. Las características propias de estos últimos les permite, aparte de sobresalir en seguridad y confiabilidad, la reproducción de material fisible (*breeding*) y la transmutación y quemado de Actínidos Menores (principales responsables de la carga radiotóxica y térmica de los residuos nucleares), asegurando de esta forma la sustentabilidad de la energía nuclear.

Palabras clave: energía nuclear, reactores nucleares, Generación IV

ABSTRACT

Nuclear energy began to be used to produce electricity in nuclear reactors in the '50s. Since then, this energy has proved to be a safe, economic and clean source of electricity.

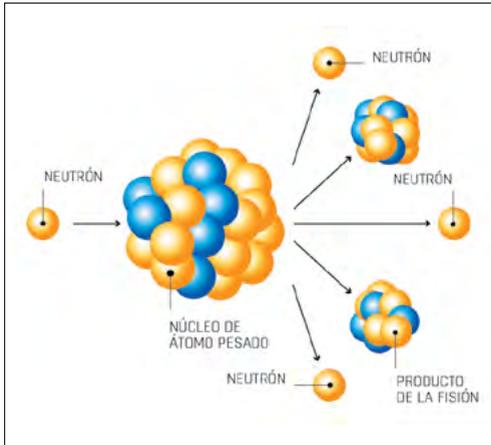
Technological advance in different areas allowed for the deployment of successive generations of nuclear reactors, from the early prototype reactors (Generation I), through the current operating reactors (Generation II), the advanced evolutive Generation III reactors, currently under construction, to the innovative Generation IV reactors, under research and development phase. The features of these Generation IV reactors, allow them, apart from excelling in safety and reliability, to reproduce fissile material (*breeding*) and to transmute and burnup Minor Actinides (which is the main responsible for the radiotoxicity and thermal burden of the nuclear wastes), thus assuring sustainability of the nuclear energy.

Key words: nuclear energy, nuclear reactors, Generation IV

INTRODUCCIÓN

Se da el nombre genérico de “energía nuclear” a la energía que se libera en las reacciones nucleares de fusión o fisión. En la reacción de fisión (Figura 1), un átomo pesado (normalmente U_{92}^{235}) absorbe un neutrón y se escinde dando como resultado dos productos de fisión, 2 o 3 neutrones libres, y energía. Esta energía, aproximadamente 200 MEV por fisión, se manifiesta en energía cinética de los productos de la fisión. El origen de esa energía reside en que la masa inicial en la reacción es mayor que la sumatoria de la masa de los productos de la reacción y esa diferencia de masa se transforma en energía según la bien conocida ecuación de Einstein, $E=mc^2$, donde E es energía, m es masa y c es la velocidad de la luz.

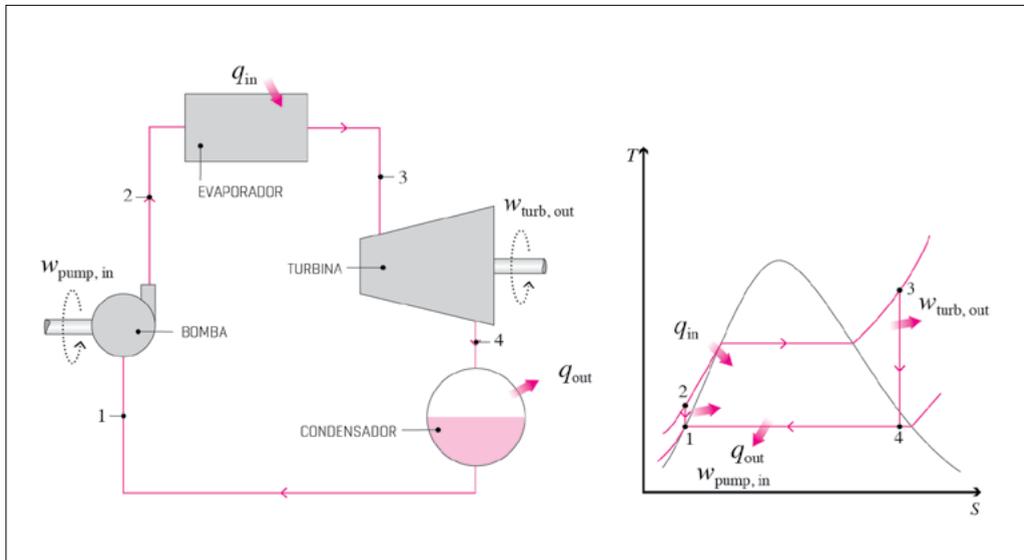
FIGURA 1: REACCIÓN DE FISIÓN



La mayoría de los reactores nucleares emplean el calor liberado en las reacciones de fisión para hacer evaporar agua y utilizar el vapor resultante para hacer girar una turbina asociada a un generador eléctrico, en un ciclo termodinámico denominado ciclo Rankine. En la Figura 2, el reactor nuclear proporciona el calor necesario al evaporador, q_{in} .

Un reactor nuclear se compone de tres ciclos, uno primario, otro secundario, y uno terciario, como se muestra en la Figura 3. El ciclo primario, dentro del edificio de contención, incluye el reactor propiamente dicho, que contiene las barras de combustible nuclear y las barras de control, una bomba centrífuga que hace circular el refrigerante que extrae el calor generado en el núcleo del reactor, y un generador de va-

FIGURA 2: CICLO RANKINE



por que recibe ese calor y lo utiliza para evaporar el agua del circuito secundario. El circuito secundario es un ciclo Rankine compuesto por una turbina, un condensador y una bomba centrífuga, como el mostrado en la Figura 2. El terciario es un ciclo abierto que toma agua de un sumidero de calor (río, lago o mar) y la utiliza para condensar el vapor del ciclo secundario en el condensador.

Es importante destacar que la producción de energía eléctrica es una de las principales responsables del fenómeno de calentamiento global causado por la emisión de gases de efecto invernadero. Sin embargo, las emisiones provenientes de la energía nuclear pueden considerarse ínfimas, y comparables con las de las energías hidráulicas o eólicas, como se muestra en la Figura 4. Por consiguiente, puede considerarse a la energía nuclear como una energía limpia.

Situación actual de la energía nuclear en el mundo

En la actualidad, los 448 reactores nucleares que operan en el mundo representan una capacidad instalada de más de 390000 megavatios eléctricos (MWe), lo que significa un 13,46 por ciento de participación porcentual global en la generación eléctrica (Figura 5). Además de estos, hay actualmente 59 reactores en construcción. La Tabla 1 muestra la cantidad actual de reactores por país.

La gran mayoría de los reactores que operan en la actualidad fueron construidos entre las décadas de los '60 y los '80, principalmente en Estados Unidos, Francia y Japón. A partir del año 1986, se produjo una paralización en la construcción de reactores nucleares como consecuencia del accidente nuclear de Chernobyl, en Ucrania. No obstante, a partir del año 2000, y a partir del reconocimiento final de la energía nuclear como una opción segura, limpia y económica para producir energía eléctrica, se produjo lo que se dio en llamar el “renacimiento nuclear”, que se manifiesta por la cantidad de reactores actualmente en construcción, principalmente en China, India y Rusia.

FIGURA 3: ESQUEMA DE UN REACTOR NUCLEAR

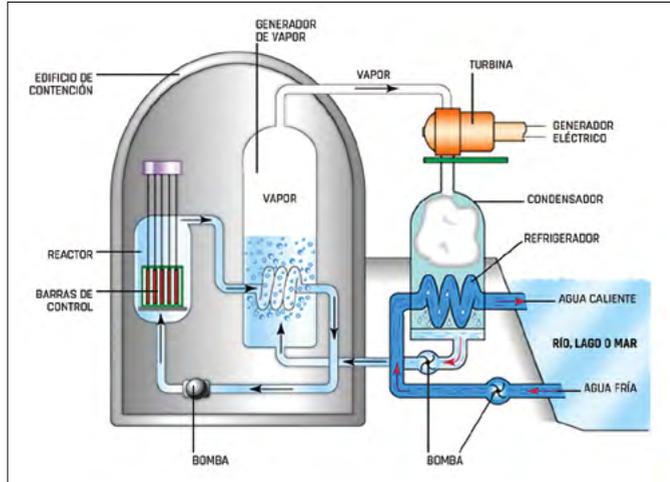


FIGURA 4: EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO POR FUENTE DE ENERGÍA

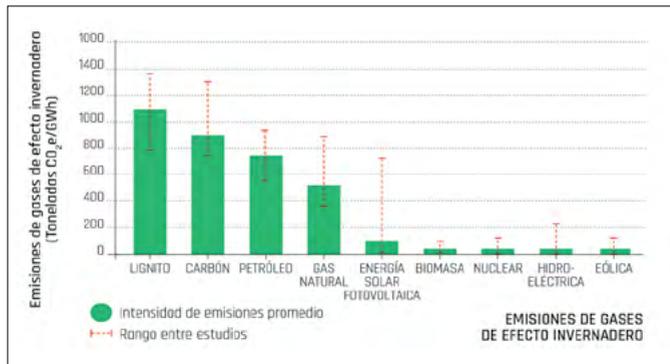
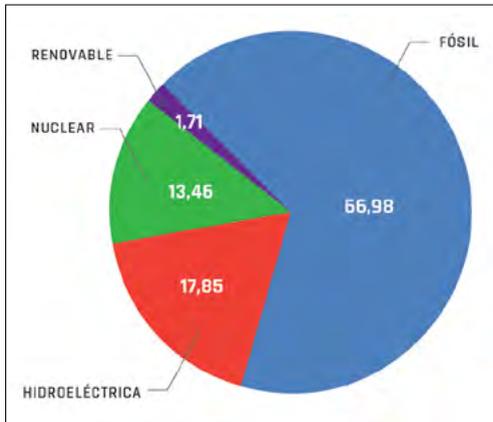


FIGURA 5: PARTICIPACIÓN PORCENTUAL GLOBAL EN LA GENERACIÓN ELÉCTRICA (RDS, 2011)



Perspectiva actual de la energía nuclear

Las perspectivas sobre comportamiento de la demanda global de energía primaria para el siglo XXI muestran un crecimiento exponencial, impulsado principalmente por el crecimiento demográfico y una mejora en el promedio de la calidad de vida (OCDE/NEA, 2013). Como se muestra en la Figura 6, se pronostica que la demanda de energía se multiplicará por un factor de 3 para el año 2050 y por un factor de 7 para el año 2100.

Dentro de este marco de crecimiento, las estimaciones indican que la participación porcentual global de la energía nuclear mantendrá, como mínimo, el 14 por ciento actual. La Figura 7 muestra las proyecciones realizadas por el Organismo Internacional de Energía

Atómica (OIEA) (IAEA, 2010). En los estudios realizados se postularon tres escenarios de crecimiento hasta el año 2100: el Escenario Bajo (Low) donde se alcanzan los 2500 GWe, que representan el 14 por ciento de la demanda total; el Escenario Moderado (*Moderate*) que alcanza 5000 GWe, y considera que la energía nuclear incrementará su participación porcentual a expensas de las energías fósiles; y finalmente el Escenario Alto (*High*) que alcanza los 10000 GWe, lo que representará alrededor del 50 por ciento de la demanda total.

Generaciones de reactores nucleares

El Generation IV International Forum (GIF) es un foro internacional establecido en el año 2000 a instancias del Departamento de Energía de Estados Unidos (DoE, por sus siglas en inglés), con el fin de promover el desarrollo de reactores nucleares innovativos. El foro está actualmente integrado por catorce naciones y organismos internacionales: Argentina, Australia, Brasil, Canadá,

TABLA 1: REACTORES NUCLEARES EN EL MUNDO (IAEA, 2018)

PAÍS	REACTORES OPERANDO	REACTORES EN CONSTRUCCIÓN
Argentina	3	1
Armenia	1	
Bangladesh		1
Bielorrusia		2
Bélgica	7	
Brasil	2	1
Bulgaria	2	
Canadá	19	
China	39	18
República Checa	6	
Finlandia	4	1
Francia	58	1
Alemania	7	
Hungría	4	
India	22	7
República Islámica de Irán	1	
Japón	42	2
República de Corea	24	4
México	2	
Países Bajos	1	
Pakistan	5	2
Rumania	2	
Rusia	35	7
Eslovaquia	4	2
Eslovenia	1	
Sudáfrica	2	
España	7	
Suecia	8	
Suiza	5	
Emiratos Árabes Unidos		4
Reino Unido	15	
Ucrania	15	2
Estados Unidos	99	2
Total	448	59

El avance de la tecnología, sobre todo de la ciencia de materiales, permitió la aparición de una nueva generación de reactores avanzados evolutivos, la Generación III/III+. La totalidad de los reactores que se construyen en la actualidad pertenecen a esta generación.

Las principales diferencias entre la Generación II y la Generación III/III+ son las siguientes:

- > Generación III: combinación de sistemas de seguridad activos y pasivos. Generación II: activos
- > Generación III: diseño más simple y robusto.
- > Generación III: diseño modular que reduce el tiempo de construcción (3 a 5 años). Generación II: 5 a 7 años.
- > Generación III: vida útil típica de 60 años. Generación II: 40 años.
- > Generación III: reducida probabilidad de accidentes con daño al núcleo: CFD (Core Frequency Damage)-10-6 /año. Generación II: CFD-10-5 /año
- > Generación III: mitigación de las consecuencias en el caso extremo de fusión del combustible nuclear, mediante el uso de los llamados "core catchers", que retienen el combustible fundido y evitan que dañe o atraviese el edificio de contención.
- > Generación III: edificio de contención de doble pared. Generación II: edificio de contención de pared simple.
- > Generación III: mayor quemado promedio de extracción (Q-60000 MWd/ton). Generación II: Q ~30000 MWd/ton.

El quemado de extracción (Q) mide la cantidad de energía extraída (en unidades de megawatt. día - MWd) por unidad de masa de combustible quemado (en toneladas de uranio), dando una idea del rendimiento y de la eficiencia en el uso del combustible nuclear.

- > Generación III: posibilidad de operar haciendo que la potencia entregada a la red haga seguimiento de la demanda eléctrica
- > Generación III: mayor período de gracia. Se entiende por tal al período en que la central nuclear puede permanecer segura sin recibir suministros externos (agua, combustible, electricidad) luego de ocurrido un evento accidental que demande una parada de emergencia.

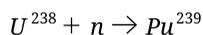
Reactores nucleares de Generación IV

El proyecto GIF dio origen a los denominados reactores de Generación IV, siendo que su objetivo principal es el de coordinar el desarrollo de reactores nucleares innovativos que, aparte de reunir las características propias de los reactores de Generación III, satisfagan, también, requerimientos de excelencia vinculados a sustentabilidad, seguridad nuclear, economía y resistencia a la proliferación. A partir de ese objetivo, se definieron las metas tecnológicas que deberían satisfacer estos reactores en cada una de las siguientes áreas: sustentabilidad, seguridad y confiabilidad, economía y resistencia a la proliferación y seguridad física.

Sustentabilidad:

- > Generar energía en forma sustentable, facilitando la disponibilidad de combustible nuclear a largo plazo.

Los reactores rápidos de Generación IV generan más combustible del que consumen. Esto es posible porque el ritmo de creación de material fisil (Pu^{239}) por captura neutrónica en material fértil (U^{238}) en el núcleo del reactor, como se muestra en la ecuación de abajo, es mayor que el ritmo de destrucción de material fisil por fisión. De esta forma, se extiende la disponibilidad de combustible nuclear a largo plazo.



- > Minimizar los residuos nucleares y disminuir la carga de su almacenamiento.

Para la mayoría de los reactores de Generación IV se utiliza el reprocesamiento del combustible quemado luego de su paso por el núcleo del reactor y antes de su disposición final. Éste es un proceso químico en el que se recupera el Uranio y el Plutonio no fisionado, para su reutilización como combustible fresco en otro nuevo ciclo. De esta forma se envía una menor cantidad de masa para su repositorio final.

Por otro lado, en los reactores nucleares de Generación IV de espectro neutrónico rápido ($E_n > 1 \text{ MeV}$) se produce lo que se denomina ‘quemado y transmutación de Actínidos Menores’. Éstos son isótopos de Americio y Curio, elementos químicos posteriores al Uranio y al Plutonio, que se producen en el proceso de quemado del combustible nuclear, y que son responsables, en gran medida, de la carga radiotóxica y térmica de los residuos nucleares.

Seguridad y Confiabilidad:

- > Destacarse en seguridad y confiabilidad.
- > Presentar una probabilidad muy baja de daño al núcleo.
- > Eliminar la necesidad de evacuación externa fuera del sitio de la planta.

Economía:

- > Tener un costo de ciclo de combustible menor que el de otras fuentes de energía.
- > Tener un riesgo financiero asociado comparable al de otras fuentes de energía.

Resistencia a la Proliferación y Seguridad Física:

- > Presentar una ruta muy poco atractiva para el robo o la desviación de material utilizable para armas nucleares.

Luego de un minucioso proceso de selección que significó evaluar a más de cien diseños de reactores innovativos de distinto origen, el proyecto GIF escogió finalmente seis conceptos para volcar en ellos los esfuerzos coordinados de investigación y desarrollo de los países miembro del proyecto. Los reactores seleccionados fueron el SFR (Sodium Fast Reactor), el GFR (Gas Fast Reactor), el LFR (Lead Fast Reactor), el SCWR – (Super Critical Water Reactor), el VHTR (Very High Temperature Reactor) y el MSR (Molten Salt Reactor). Estos reactores nucleares de Generación IV se encuentran actualmente en etapa de investigación y desa-

TABLA 2: PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS REACTORES DE GENERACIÓN IV (GIF, 2014)

	VHTR	GFR	SFR	SCWR	LFR	MSR
Espectro neutrónico	Térmico $E_n < 1 \text{ eV}$	Rápido $E_n > 1 \text{ MeV}$	Rápido	Térmico o rápido	Rápido	Rápido
Refrigerante	Helio	Helio	Na líquido	H_2O supercrít.	Pb líquido	Sal fundida LiF
Temperatura primaria ($^{\circ}\text{C}$)		850	550	510-625	480-800	700 -800
Presión primaria (atm)	70	70	1	250	1	5
Material combustible	UO_2	MOX $\text{UO}_2 + \text{PuO}_2$	MOX	UO_2	MOX	Sal fundida $\text{UF}_4 - \text{PuF}_3$
Quemado (MWd/t)	150000 / 200000	140000	150000	45000	100000 / 150000	
Eficiencia térmica (%)	50	50	42	44	42 / 44	50

rrrollo. Se prevé su entrada en operación a partir de la década de 2030. En la Tabla II se muestran las principales características de estos reactores.

Actividades de la CNEA relacionadas con los reactores nucleares de Generación IV

El Plan Estratégico 2010-2019 de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA, 2010), estableció los siguientes objetivos estratégicos en el área de reactores nucleares de Generación IV:

Objetivo Estratégico 3:

Implementar un programa de seguimiento de nuevas tecnologías de reactores nucleares de Generación IV y sus ciclos de combustible para evaluar y generar líneas de investigación y desarrollo asociadas.

- > Objetivo específico 3.1: Realizar estudios y evaluaciones con el objetivo de definir la o las líneas de Generación IV de mayor interés para el país.
- > Objetivo específico 3.2: Promover la participación en proyectos internacionales a través de la colaboración en proyectos específicos.
- > Objetivo específico 3.3: Desarrollar facilidades experimentales.

Con la finalidad de cumplir con el Objetivo específico 3.1, la CNEA llevó a cabo, durante los años 2010 y 2011, el estudio denominado "Evaluación comparativa de los seis diseños seleccionados en el marco del proyecto Generation IV International Forum" (CNEA, 2011). El estudio fue implementado por un grupo de expertos en distintas áreas, que evaluaron los reactores utilizando indicadores de rendimiento en distintas áreas: Viabilidad del Concepto, Seguridad Nuclear y Diseño, Economía, Sustentabilidad, Resistencia a la Proliferación, Combustible Nuclear, Materiales, Reprocesamiento y Balance de Planta. Se calificó a los reactores con un valor numérico entre 0 y 1, correspondiendo 1 al rendimiento ideal. La Tabla III muestra el resultado numérico final de la evaluación comparativa. Según este resultado, el SFR resultó el reactor mejor calificado, por lo que la CNEA seleccionó a este reactor y a la tecnología del sodio como la más adecuada para la aplicación futura de cursos humanos y económicos.

A fin de cumplir con el Objetivo específico 3.2, la CNEA participó en el proyecto del OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica) denominado "Sodium Properties and Safe Operation of Experimental Facilities in Support of the Development and Deployment of Sodium-cooled Fast

.....
TABLA 3: RESULTADOS FINALES DE LA EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LOS REACTORES DE GENERACIÓN IV (CNEA, 2011)

Áreas	Coef	SFR	GFR	LFR	SCWR		VHTR	MSR
					R	T		
Viabilidad del Concepto	2	0.88	0.46	0.33	0.25	0.29	0.83	0.25
Seguridad Nuclear y Diseño	3	0.69	0.66	0.71	0.68	0.67	0.78	0.63
Economía	2	0.67	0.79	0.67	0.69	0.55	0.74	0.69
Sustentabilidad	2	0.92	0.92	0.92	0.92	0.17	0.17	1.00
Resistencia a la Proliferación	2	0.42	0.42	0.42	0.33	0.92	0.75	0.75
Combustible	3	0.72	0.61	0.61	0.67	0.67	0.81	0.64
Materiales	2	0.66	0.61	0.52	0.52	0.61	0.64	0.42
Reprocesamiento	2	0.83	0.33	0.83	1.00	1.00	0.33	0.50
Balance de Planta	1	0.54	0.75	0.50	0.63	0.67	0.83	0.46
SUMA PESADA		13.52	11.61	11.84	12.09	11.77	12.52	11.49
SUMA NORMALIZADA		0.71	0.61	0.62	0.64	0.62	0.66	0.60

Reactors”, proyecto que se llevó a cabo entre los años 2013 y 2017. CNEA contribuyó al proyecto analizando las propiedades termodinámicas del sodio y su ecuación de estado.

También enmarcado en el Objetivo específico 3.2, la CNEA participa actualmente de un proyecto bilateral con Estados Unidos, para el cálculo neutrónico y termohidráulico de un reactor SFR experimental norteamericano, el EBR II, utilizando herramientas avanzadas de cálculo numérico.

Para cumplir con el Objetivo específico 3.3, la CNEA se encuentra actualmente abocada a la construcción de un laboratorio experimental de sodio, que incluye una caja de guantes hermética para la manipulación de sodio líquido en atmósfera inerte (argón o nitrógeno). La manipulación del sodio líquido requiere de mucha precaución y medidas de seguridad, ya que es inflamable en presencia de aire y reacciona explosivamente en contacto con agua.

Finalmente, en lo referente a actividades académicas relacionadas con los reactores de Generación IV, en los institutos de la CNEA (Instituto Balseiro e Instituto Dan Beninson) se dictan cursos regulares de grado y de posgrado relacionados con éstos. También se han llevado a cabo varios seminarios conjuntos CNEA/OIEA, con la presencia de público y expertos internacionales: CNEA/IAEA Education and Training Seminar/Workshop on Sodium Cooled Fast Reactor Science and Technology, Bariloche, Argentina, 2011 y 2012.

Conclusiones

Las perspectivas mundiales de demanda de energía eléctrica muestran un crecimiento exponencial, impulsado principalmente por el crecimiento demográfico y la mejora en el promedio de calidad de vida. Este hecho plantea desafíos para la producción de energía eléctrica. Uno de ellos, tal vez el más importante, es la emisión de gases de efecto invernadero causantes del fenómeno de calentamiento global. En este sentido, la energía nuclear representa una opción limpia y libre de tales emisiones.

Dentro de este panorama de crecimiento de demanda de energía, las perspectivas indican un aumento de la capacidad instalada de energía nuclear desde los 400 GWe actuales hasta, aproximadamente, 4000 GWe para el año 2100.

En este contexto, cobra cada vez más importancia el concepto de sustentabilidad, que incluye el uso racional de los recursos naturales y la preservación del medio ambiente. En el marco de la energía nuclear, los reactores rápidos de Generación IV, dadas sus características únicas, pueden hacer una contribución importante en ese sentido. En efecto, pueden generar más material fisible que el que consumen, y por las características de su ciclo de combustible, pueden reducir la masa, radiotoxicidad y carga térmica de los residuos nucleares.

Las potencias nucleares mundiales, reunidas en el proyecto GIF, están haciendo grandes esfuerzos para que los reactores de Generación IV estén disponibles a corto o mediano plazo, para luego aumentar su participación en forma constante.

La Comisión Nacional de Energía Atómica, atenta al interés internacional creciente en temas relacionados con los reactores de Generación IV, ha incluido a éstos en su Plan Estratégico, y ha creado un grupo de trabajo dedicado exclusivamente a su estudio.

Referencias

- > Plan Estratégico 2010-2019, CNEA, 2010.
- > Evaluación comparativa de los seis diseños seleccionados en el marco del proyecto Generation IV International Forum, CNEA, 2011.
- > Technology Roadmap Update for Generation IV Nuclear Energy Systems, GIF, 2014.

- > Nuclear Energy Development in the 21st Century: Global Scenarios and Regional Trends – IAEA Nuclear Energy Series N° NP-T-1.8, 2010.
- > Nuclear Power Reactors in the World, Reference Data Series No 2, IAEA, 2018.
- > Transitions Towards a Sustainable Nuclear Fuel Cycle, OECD/NEA, 2013.
- > Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050, Reference Data Series N° 1, IAEA, RDS, 2011.
- > Greenhouse gas emissions avoided through use of nuclear energy, World Nuclear Association,
- > <http://www.world-nuclear.org/nuclear-basics/greenhouse-gas-emissions-avoided.aspx>, WNA, 2018

(*) **Cnl (R) A DIM Dr Osvaldo Azpitarte:** Coronel retirado de Artillería, promoción 107 del Colegio Militar de la Nación. Egresado de la Escuela Superior Técnica como Ingeniero Químico, en 1993. Egresado del Instituto Balseiro (CNEA), como Ingeniero Nuclear, en 1993. Doctor en Ingeniería Nuclear, por el Instituto Balseiro, en el año 2003.

2. ARMAMENTO

2.1

Tecnologías disruptivas en los fuegos de precisión de largo alcance (LRPF)

Por el Coronel (R) OIM "VGM" Juan Carlos Villanueva*

1. Abstract
2. Objetivo y alcance
3. Contenido del trabajo
4. Introducción
5. Conceptos de interés relacionados con tecnologías disruptivas
6. Tecnologías disruptivas observadas en los fuegos de precisión de largo alcance (LRPF)
 - a. Cañón electromagnético
 - b. proyectiles de hipervelocidad (HVP)
 - c. Misiles hipersónicos
7. Mercado
8. Consideraciones finales

1. ABSTRACT

El poder transformador que en la sociedad han tenido y tienen los desarrollos tecnológicos es indiscutible. Quien posee el conocimiento para dominarlos obtiene ventajas comparativas en el ámbito en el cual se desenvuelve. El desarrollo de *"Tecnologías Disruptivas"* en el ámbito de la Defensa y su capacidad de empleo potencial obran como una fuerte herramienta de disuasión que incluso cambia las relaciones de poder entre los actores principales. En el presente trabajo describimos y analizamos el efecto de algunas tecnologías que consideramos *"Potencialmente Disruptivas"*, particularmente las relacionadas con los denominados *"Fuegos de Precisión de Largo Alcance"*. Su desarrollo en los últimos años, obliga a los órganos de la Defensa y Seguridad de los países, a repensar la organización, el equipamiento y la doctrina de empleo de sus instrumentos militares, para que sus propios sistemas de armas no queden obsoletos y resulten ineficaces frente a estas nuevas amenazas.

2. OBJETIVO Y ALCANCE DEL TRABAJO

El objetivo del trabajo es presentar algunas “*Tecnologías Disruptivas*” y el desarrollo de sistemas de armas verdaderamente revolucionarias que llevan adelante los países que tienen el liderazgo en proyectos relacionados con la defensa, particularmente dentro de los llamados *Long Range Precision Fires*¹.

Si bien en muchos casos, las grandes potencias y coaliciones se encuentran empeñadas en conflictos del tipo “*no convencional*”, de “*contraterrorismo y contrainsurgencia*”, así como las llamadas “*guerras asimétricas*”, lo cierto es que el desarrollo de los grandes sistemas de armas que los planificadores priorizan, está orientado a las herramientas para hacer frente a una “*confrontación en gran escala*” de las denominadas “*entre pares*” (*Peer to peer*)².

Los temas desarrollados en el presente trabajo abarcan una variedad de sistemas de armas, que como “*producto final*” aportan inicialmente DISUASIÓN y, llegado el caso de su empleo, LETALIDAD, tanto en el campo táctico como en el nivel estratégico.

El objeto de estudio principal del área de armamentos del **Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar “Grl Mosconi”**, son los sistemas de armas, en especial los de uso de las Fuerzas Terrestres.

Sin embargo, la tendencia observada en los desarrollos actuales, impone como requisito deseable y en ciertos casos mandatorio, la modularidad y el empleo dual de muchos sistemas, por lo que resulta difícil encuadrarlos como “*apto*” para su empleo en una sola Fuerza. Porque además, los nuevos desarrollos prevén que estos deben poseer la capacidad de operar en “*múltiples dominios*”, ya sea tierra – mar – aire.

Por el grado de complejidad de cada uno de los desarrollos, los mismos son expuestos de manera descriptiva y conceptual, de forma tal que el lector, incluso el no especialista en cuestiones técnicas, comprenda los aspectos básicos fundamentales de cada uno de ellos.

3. CONTENIDO DEL TRABAJO; Aspectos conceptuales de interés – Tecnologías emergentes en los Fuegos de precisión de largo alcance – Cañón Electromagnético – proyectiles de Hipervelocidad – Misiles Hipersónicos – Mercado – Consideraciones finales.

4. INTRODUCCIÓN

“No detectar a tiempo una Tecnología Disruptiva, supone ignorar un factor de superioridad e incrementar el “gap” tecnológico respecto a los que sí las han asumido”⁴

1 *Long Range Precision Fires (LRPF)*: Fuegos de precisión de largo alcance. Constituye 1 de las 6 prioridades de modernización de medios fijadas por las autoridades del Ejército de Estados Unidos para los próximos años.

2 *Guerras asimétricas*: Se suele denominar así al enfrentamiento que se produce entre fuerzas regulares de un determinado país o coalición, con grupos irregulares de distinto origen, organizados “ad-hoc”, conducidos por líderes naturales, que pueden o no emplear armamento equivalente al de las fuerzas regulares, pero que se caracterizan fundamentalmente por emplear las técnicas y tácticas típicas de las guerrillas, haciendo un empleo intensivo del sabotaje, la emboscada, el golpe de mano, aprovechando además su mimetismo entre la población local. Fuente: “*The Yale Review of international studies*”.

3 “*Peer to peer*”: Se denomina así al tipo de confrontación que tiene lugar entre contendientes con un grado de paridad equivalente, ya sea en sistemas tecnológicos, poder de fuego, recursos humanos y materiales, etc.

4 C: Ing José M. Riola Rodríguez. “La dimensión tecnológica de la innovación disruptiva en el ámbito de la defensa”. Instituto Español de Estudios Estratégicos. Documento de trabajo 12/2015

Obtener y mantener la superioridad en el campo tecnológico de los Sistemas de Defensa es vital para conseguir ventajas y vencer de manera contundente en el campo militar, siempre y cuando se apliquen con las tácticas correctas y la doctrina y procedimientos de empleo adecuados. Y ello desvela a los planificadores de los organismos de defensa de los países.

La “Operación Desert Storm” (1991) fue una muestra cabal de ello. El Ejército iraquí, que en ese momento constituía la cuarta fuerza blindada a nivel mundial, fue devastado en sólo 21 horas de combate. Los protagonistas fueron los sistemas de armas guiadas en sus distintos tipos, lanzadas desde variadas plataformas, aéreas y terrestres, todo ello asistido por un moderno y eficiente sistema de C3I gestionando los fuegos. Los blindados de la Coalición, también jugaron un papel decisivo con sus proyectiles de energía cinética de alta velocidad y alcances muy superiores a los de sus oponentes.

Esa lección fue aprendida por todos. En especial por RUSIA Y CHINA que “tomaron nota” de lo ocurrido, particularmente de que la Superioridad Tecnológica no es un concepto estático. Requiere vigilar las tendencias en cada una de las áreas y, en especial, la manera en que los diferentes actores las van adoptando, así como la experiencia que adquieren con las mismas, con foco en su empleo en combate real. Y en base a ello, realizan la revisión y adecuación de las organizaciones, la doctrina y los procedimientos operativos para emplearlas.

El incontenible avance de los desarrollos tecnológicos desde comienzos del presente siglo, fundamentalmente en lo relacionado con electrónica, sistemas informáticos, inteligencia artificial, nuevos materiales y revolucionarios sistemas de fabricación entre otros, presenta a los planificadores del ámbito de la Defensa de los diferentes países los siguientes interrogantes:

- > **¿Cuáles son las capacidades que deberá disponer el Instrumento Militar de un Sistema de Defensa Nacional, para hacer frente a las amenazas del futuro?**
- > Particularmente en el ámbito del Armamento: **¿Qué características deberán tener los Sistemas de Armas con que se equipe a las FFAA, para que estén en condiciones de responder eficientemente en el cumplimiento de sus misiones específicas en la Defensa Nacional?**

Para responder a ello, la mayoría de los países, aún con Fuerzas Armadas de diferente magnitud, organiza equipos de trabajo destinados a reflexionar acerca de estos interrogantes, analizando con Visión Prospectiva, escenarios de conflicto de mediano y largo plazo, con rango de fechas entre 2025 y 2050.

Podríamos afirmar que una conclusión bastante generalizada es que los “Grandes sistemas de armas”⁵ en servicio actualmente, tienen un grado de obsolescencia propia de su desarrollo hace 20 años o más, lo cual los haría vulnerables frente a sistemas que operarán con las tecnologías que se presentan hoy como emergentes.

En relación con ello, algunas de las conclusiones presentadas por el Simposio “**Disruptive Technology for Defense Transformation**” (Londres 24/25 Oct17), fueron: “*El futuro será ganado por aquellos que sean capaces de innovar al ritmo adecuado como para concebir, diseñar, construir y operar tecnologías disruptivas que aporten a los sistemas militares capacidades que permitan mantener la ventaja competitiva en defensa y seguridad”⁶.*

⁵ Por “grandes sistemas de armas” nos referiremos en este trabajo, a las grandes plataformas terrestres, navales y aéreas. En el caso de las terrestres: medios blindados, artillería de tubo, cohetes y misiles de gran alcance, sistemas integrados de defensa aérea y misilística, Grandes sistemas de vigilancia y guerra electrónica, etc.

⁶ “Disrupting Technology for defense transformation” (Londres, 24 de octubre de 2017). Referencia: <https://www.asdevents.com/event.asp?id=17206>

Y se concluyó también: “Avances tecnológicos en áreas como Inteligencia artificial (AI), robótica, Internet de las cosas (IoT), vehículos autónomos; fabricación aditiva (Additive manufacturing), nanotecnología, biotecnología, ciencia de los materiales, almacenamiento de energía, están transformando el ámbito civil, pero tendrán asimismo un profundo impacto en la seguridad nacional e internacional, afectando la naturaleza y probabilidad de conflictos futuros”.

En el mismo Simposio, convocado para el 2018 bajo el lema “**Exploiting Technological Innovation to retain Military Advantage**” (Londres 24/25Set18) se expresó: “La velocidad con que evolucionan los desarrollos tecnológicos, está cambiando profundamente la naturaleza de la guerra tal como la conocemos hasta ahora. Para obtener una ventaja, los militares deben adoptar los modelos de innovación civil/comercial, integrando inteligencia artificial, fabricación aditiva y análisis predictivo para incrementar su capacidad”⁷.

La falta de conflictos de gran magnitud en los últimos 70 años, sumada a la amenaza de la “destrucción total” de la humanidad misma que planteaba la opción Nuclear a gran escala de la Guerra fría motivó que los conflictos en el mundo se desarrollaran en el marco de enfrentamientos de escala menor. En la mayoría de los casos, el nivel de los contendientes resultaba de una asimetría tal que no permitía evaluar adecuadamente las capacidades reales de los grandes sistemas de armas que se desarrollaban. (Guerra de Corea (1950), Vietnam (1965/73), etc.).

Un caso que podemos destacar por ser parte de nuestra propia experiencia de guerra fue el “Conflicto Armado de las Islas Malvinas e islas del Atlántico Sur”. En el mismo, Fuerzas Armadas como las argentinas, equipadas y adiestradas para un eventual conflicto “entre pares” en el marco regional sudamericano, se enfrentaron con el Reino Unido de Gran Bretaña, una de las Fuerzas Armadas más poderosas de la OTAN, equipadas con los sistemas de armas navales, aéreos y terrestres más modernos de ese momento. Y adiestradas, además, para pelear ese tipo de guerra convencional, empleando algunas modernas tecnologías aún no probadas en combate, como los misiles Exocet, Sidewinder o los aviones de combate Harrier.

Y la conclusión sintética es que en Malvinas, también la tecnología hizo la diferencia. Los Exocet que debutaron exitosamente en combate en ese conflicto pusieron en evidencia la vulnerabilidad de los sistemas de defensa aérea de modernos buques como los de la Marina Real. También fueron decisivos los AIM-9L “Sidewinder”, que no daban ninguna posibilidad de supervivencia en combate aéreo a las aeronaves argentinas, los sistemas de visión nocturna y hasta los misiles antitanque MILAN empleados como Arma de Asalto Multipropósito⁸, para neutralizar las posiciones de las ametralladoras argentinas.

Guerras como la de Iraq y Afganistán, si bien han implicado un enorme despliegue de medios, no dejan de ser de baja intensidad, ya que las Fuerzas de la Coalición empeñadas siempre se encuentran en abrumadora superioridad de medios de apoyo aéreo y reconocimiento. Pero algo muy distinto sería si la confrontación ocurre “entre pares”, como podría ser un conflicto de alta intensidad entre potencias equivalentes, tales como Estados Unidos, Rusia o China.

Y sobre la base de este tipo de escenarios es que los países líderes trabajan en el planeamiento de las capacidades que resulta necesario disponer. Y ese planeamiento indica que, considerando siempre un escenario de confrontación “No nuclear”, el combate se dará en un entorno de batalla altamente tecnificado, donde quien domine adecuadamente las herramientas de Guerra Electrónica

⁷ “Exploiting Technological innovation to gain military advantage” (Londres, 24 y 25 de septiembre de 2018): Referencia: <https://disruptivetechdefence.iqpc.co.uk/>

⁸ El concepto de arma antitanque portátil de infantería ha migrado hacia un arma de asalto multipropósito, con una más amplia posibilidad de empleos, además de los blindados.

nica (A2 /AD)⁹ y sea capaz de generar “Zonas No-Go”¹⁰ para el oponente, combinado con superioridad en todos los ámbitos y con sistemas de armas con letalidad devastadora de los fuegos de largo alcance y municiones inteligentes, tendrá la llave de la victoria.

FIGURA 1: VENCER EN UN ENTORNO COMPLEJO



Desde hace unos años, la carrera por el desarrollo de componentes electrónicos cada vez más miniaturizados, eficientes y que garantizan tiempos de respuesta impensados han permitido revitalizar su aplicación en todos los sistemas. La búsqueda de una *“letalidad” más eficiente*, a menores costos y reduciendo el daño colateral es un objetivo que desvela a los investigadores,

⁹ A2/AD: *Anti Access / Area Denial*: Medidas de Guerra electrónica que se emplean para negar al oponente la posibilidad de utilizar sus sistemas más sofisticados: de comando y control, sistemas de vigilancia, de comunicaciones, satélites, sistemas misilísticos, etc.

¹⁰ “No Go – Zones”: Desde el punto de vista militar, se trata de zonas donde el oponente ha tomado medidas de guerra electrónica y otras, destinadas a que resulte dificultoso operar los sistemas electrónicos o sistemas de armas dependientes de la electrónica para su eficaz funcionamiento.

siempre condicionados por la carrera “*Arma Vs Sistema Defensivo*”. Y es importante destacar que en cada una de las grandes potencias, las **empresas líderes** encabezan el esfuerzo de investigación y destinan enorme cantidad de recursos a ello, en pos de estar en la “cumbre tecnológica” de cada área.

Como expresamos en trabajos anteriores publicados en TEC1000, “más allá de los gastos propios del sostenimiento operacional de los ejércitos, empezamos a familiarizarnos con términos tales como: *Kinetic Energy Weapons* (KEW), *Direct Energy Weapons* (DEW), *Hipervelocity Projectile* (HVP), Cañón Electromagnético (Railgun), Armas de Pulso Electromagnético (EPW), etc.

A su vez, también resulta cierto que, mientras las principales potencias invierten enormes presupuestos en investigación y desarrollo, les resulta muy difícil mantener siempre la superioridad tecnológica. Y ello ocurre porque, una vez desarrolladas las tecnologías, por algún otro camino, legal o no, pronto están disponibles también para los demás. El caso de los UAS¹¹ letales es un ejemplo muy conocido de ello.

Las grandes potencias saben los costos y riesgos que asumen, estando “*penalizadas por ir adelante*” y los que vienen detrás adquieren experiencia de los éxitos y errores del que ha invertido tiempo y presupuesto para los desarrollos¹².

No resulta difícil concluir entonces que la *brecha tecnológica* que se abre entre los países que disponen de estos sistemas y los que no, coloca a estos últimos en una situación de enorme desventaja y vulnerabilidad, al carecer de capacidades específicas para la Defensa relativamente equivalentes, para cumplir eficientemente su misión en caso de un conflicto.

5. CONCEPTOS DE INTERÉS RELACIONADOS CON TECNOLOGÍAS DISRUPTIVAS

a. Las características del conflicto futuro para las FFTT

La proliferación de las armas inteligentes de gran precisión, sumada a la existencia de multiplicidad de sistemas sensores y de vigilancia terrestre y aérea, hacen prever que los conflictos del futuro que deberán enfrentar las FFTT, demandarán fracciones cada vez más pequeñas, más dispersas y menos detectables por el enemigo.

Pero ese aislamiento y ocultamiento obligan a su vez a que estos elementos dispersos dispongan de medios que les proporcionen gran movilidad, comunicaciones seguras, así como el auxilio de sistemas de vigilancia terrestres y aéreos, para adquirir y batir blancos de oportunidad, con una letalidad no habitual para las pequeñas fracciones, así como requerir el apoyo de elementos de Fuego de elementos adyacentes o superiores en esa red interconectada.

Movilidad, independencia, interconexión horizontal y vertical en todos los niveles de comando, capacidad letal, son algunos de los aspectos que regirán las guerras del futuro. Esto motiva a que los órganos de planeamiento y organización de algunos países realicen estudios para definir las “*Prioridades de modernización*” en cada caso.

Los conflictos de Irak, Afganistán, Ucrania, Siria e incluso el estado de tensión permanente por la amenaza de guerra entre Corea del Norte y del Sur sirven a las grandes potencias como ámbito de *ensayo operativo*, para verificar la funcionalidad de sus desarrollos. Sistemas de misiles tácticos y estratégicos, sistemas de protección activa para blindados, armas antitanque, muni-

¹¹ UAS: Unmanned Aerial System.

¹² “Disruptive technologies in war”(Jun 2017). <https://www.globsec.org/news/disruptive-technologies-war/>

ciones guiadas de artillería y morteros, bombas guiadas, y hasta los sistemas básicos del soldado de infantería como la protección balística o el grado de letalidad del fusil básico del soldado, son permanentemente evaluados y cuestionados. Basta mencionar el severo reclamo que el Grl Mark Milley – Chief of Staff US Army, ha realizado hace poco respecto de la imperiosa necesidad de dar una pronta solución al tema del “*la letalidad del cartucho de fusil del Combatiente*” o la “*ametralladora de apoyo del grupo de tiradores*”, sistemas de armas que hoy resultan vitales en los escenarios de combate moderno.

Desde el ICBM¹³ al Fusil de Asalto, en los extremos opuestos de la *letalidad de los sistemas de armas*, todo es motivo de preocupación, estudio, asignación de recursos y desarrollos de proyectos específicos.

Es que así como el ICBM cumple la función de “disuasión” para una confrontación nuclear a gran escala entre potencias, lo cierto es que los enfrentamientos de hoy tienen también como grandes protagonistas a las armas “más modestas” como el fusil, la ametralladora, el arma antitanque¹⁴, el mortero y el cañón, que son las que normalmente enfrentan la carga del combate diario.

Teniendo en cuenta que desarrollaremos algunas ideas y conceptos acerca de “*Tecnologías disruptivas*”, es conveniente aclarar que la información analizada y expuesta, es la de carácter público de varios países y en cierta medida verificable. En general, esa información es meramente descriptiva y proveniente de fuentes de diversa credibilidad. Por esta razón, tomamos como referencia aquellos proyectos en los que se dispone de información actualizada, que además puede ser verificada y contrastada con fuentes confiables.

Para darle un marco adecuado al tema, a fin de analizar algunos de los sistemas de armas que serán empleados en el futuro, nos pareció provechoso tomar como caso de interés, el de las “*PRIORIDADES DE MODERNIZACION*” establecidas por el US ARMY.

b. Las prioridades de modernización del Ejército de Estados Unidos

*“El ejército está ahora incrementando sus inversiones para modernizar la Fuerza. Nuestra **Estrategia de Modernización**, está enfocada en un solo **OBJETIVO**: hacer que los Soldados y las Unidades sean **más LETALES y EFECTIVOS** que cualquiera de nuestros adversarios”.*¹⁵

*Mark T. ESPER
Secretario del Ejército de Estados Unidos.*

El 30 de octubre de 2017, el nuevo *Jefe de Estado Mayor del Ejército de Estados Unidos, General Mark Milley* publicó un documento en el cual presenta el diagnóstico que su Estado Mayor hace acerca de la vulnerabilidad observada en las Capacidades de esa Fuerza, exponiendo su **VISIÓN** sobre la posición de liderazgo mundial como Fuerza Armada, que **debe recuperar** el Ejército de Estados Unidos.

¹³ ICBM: Intercontinental Ballistic Missile.

¹⁴ Arma Antitanque: concepto de arma de apoyo portátil que está siendo revisado y que progresivamente ha ido evolucionando hacia la denominación de “Arma de Asalto multipropósito”

¹⁵ <https://www.army.mil/standto/2018-03-28>.

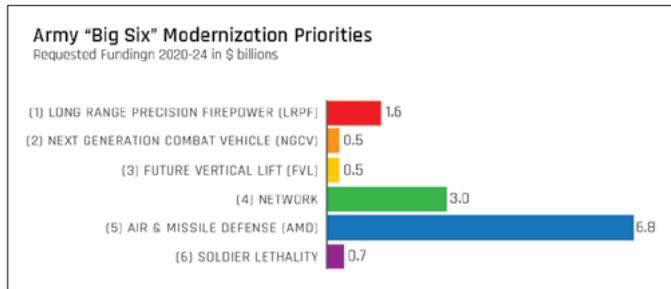
Las acciones necesarias para revertir esa situación, asignando adecuadamente los recursos disponibles dentro de las posibilidades presupuestarias, se plasman bajo el Título de *"MODERNIZATION PRIORITIES OF THE US ARMY"*¹⁶.

Estas prioridades son:

- > **Long Range Precision Fires** (Fuegos de precisión de largo alcance).
- > **Next Generation Combat Vehicle** (Nueva generación de vehículos de combate).
- > **Vertical Lift Platforms** (Plataformas de despegue vertical).
- > **Army Network**.¹⁷
- > **Air and Missile Defense Capabilities** (Capacidades de Defensa Aérea y Misilística)
- > **Soldier Lethality** (Letalidad del combatiente).

Se puede observar claramente que estas están orientadas básicamente a proporcionar a los elementos de esa Fuerza: **LETALIDAD – MOVILIDAD – COMANDO Y CONTROL**.

FIGURA 2: PRIORIDADES DE MODERNIZACIÓN DEL EJÉRCITO DE ESTADOS UNIDOS. (PRESUPUESTOS ASIGNADOS PARA EL PERÍODO 2020/24).



c. Cómo optimizar y dinamizar el desarrollo de los Programas de Modernización: Incremento de la relación Empresas / Estado - El caso de los *Cross Functional Teams* (CFT).

Es interesante analizar el mecanismo que se ha implementado para hacer un aprovechamiento más eficiente de los recursos asignados al desarrollo de los grandes programas citados. La velocidad con la que aparecen nuevas tecnologías, que convierten en obsoletas e ineficientes a las vigentes, motivaron un replanteo conceptual acerca de la manera como se llevan adelante los proyectos y la asignación de los presupuestos.

En relación con ello, un artículo de *Breaking Defense* (mayo de 2018)¹⁸ cita el caso del US SOCOM (Special Ops Command) donde se afirma que: *"aún el equipamiento más moderno con que se provee a las tropas, envejece vertiginosamente, debido a la velocidad con que avanza la tecnología"*, especialmente en microelectrónica y comunicaciones de uso comercial, superando en la mayoría de los casos a las Tecnologías de Uso Militar.

¹⁶ "Modernization Priorities of the US Army": <https://admin.govexec.com/media/untitled.pdf>, 3 de octubre de 2017.

¹⁷ Si bien no hay una traducción literal al castellano y además no se dispone de información "pública" específica acerca de los alcances del ítem, podríamos decir que incluye la integración total de los sistemas que operan los diferentes niveles de comando, control y sus medios físicos y recursos humanos. Incluye además todo lo relacionado con ciberdefensa, en las cuestiones en las cuales tiene injerencia el Ejército de Estados Unidos.

¹⁸ https://breakingdefense.com/2018/05/socom-looks-to-field-new-drones-upgrade-comms-fast/?utm_campaign=Raytheon%20space%20Symposium%20&utm_source=hs_email&utm_medium=email&utm_content=63145933&_hsenc=p2ANqtz-9hdBPmyr2xlgBN4-75Ytpxs5Vp2YUUh-8A-LNQ9wwTW7D5ZMUovl9y2jP_lqkHkQeuKllgW7EkFLGavfgWbw6iCpCig&_hsmi=63145933.

De allí que se observa entonces desde hace algunos años, la tendencia a convocar empresas, grandes y pequeñas, para “*ver*” lo que el mercado tiene para ofrecer e implementar mecanismos que agilicen el proceso de adquisición e incorporación. Esto podría cambiar el “*modelo tradicional*” de los proyectos, que duraban décadas y generaban millonarias erogaciones y en los que finalmente, el “*producto entregable*” resultaba obsoleto al llegar a la etapa de su industrialización y provisión.

Resulta interesante también el caso de SOFWERX¹⁹. Se trata de una *Célula de Innovación* implementada entre el SOCOM²⁰ y el DOOLITTLE Institute, que tiene por objetivo aportar soluciones tecnológicas de rápida aplicación a necesidades técnico-operacionales.

Algunos expertos en Defensa consideran que este nuevo sistema es el camino correcto para “romper” con la forma lenta y burocrática actual de *relacionar empresas/ estado* en el ámbito de la defensa, que resulta insostenible e ineficiente para la velocidad con que los cambios tecnológicos se presentan. “*Es imperativo cambiar la forma de pensar, ya que la velocidad del cambio se está moviendo más rápido que los ciclos de incorporación de equipamiento*”²¹.

El otro aspecto totalmente innovador es que, independientemente del método de obtención que se aplique, durante todo el proceso de desarrollo e incorporación de un sistema y antes de su provisión a las tropas, intervienen una serie de estructuras dependientes del recientemente creado “*FUTURES COMMAND*”, que se denominan *CROSS FUNCTIONAL TEAMS (CFT)*^{22, 23}

Cada uno de esos CFT tiene funciones específicas en una de las “*6 prioridades de modernización*”. Su responsabilidad es que los sistemas desarrollados/ adquiridos cumplan con las especificaciones y condiciones requeridas en los diferentes Programas y sus respectivos Proyectos.

Cada uno de los CFT está organizado con personal militar y civil, combatientes y especialistas en las diferentes áreas, que interactúan matricialmente con los responsables de los requerimientos, adquisición, contrataciones, seguimiento y evaluación de los proyectos. Disponen además de la asistencia del TRADOC²⁴, para la evaluación operacional de los diferentes prototipos. Esto tiende a agilizar los tradicionales e *interminables procesos* de “desarrollo – ensayo – evaluación – revisión”.

Se trata de una innovadora manera de *pasar rápidamente del desarrollo a la incorporación*, satisfaciendo de manera más eficiente la necesidad.

6. TECNOLOGÍAS DISRUPTIVAS OBSERVADAS EN LOS FUEGOS DE PRECISIÓN DE LARGO ALCANCE (LRPF)

Comenzaremos definiendo “*TECNOLOGIA DISRUPTIVA*” (*TD*). Según el autor C.F Ing J. M Riola Rodríguez²⁵, en su trabajo “La dimensión tecnológica de la innovación disruptiva en el ámbito de

¹⁹ <https://www.sofwerx.org/>.

²⁰ SOCOM: US Special Operations Command.

²¹ Brigadier General Chris Burns, Commander of Special Operations Command-North: <https://breakingdefense.com/2018/05/socom-looks-to-field-new-drones-upgrade-comms>.

²² Implementados a partir de la Directiva del Ejército - Army Directive 2017-24.

²³ Directiva del Ministerio de Defensa referente a los CFT: <https://admin.govexec.com/media/osd001246-17.pdf>

²⁴ TRADOC: Training and Doctrine Command.

²⁵ C.F Ing J. M Riola Rodríguez. “La dimensión Tecnológica de la Innovación Disruptiva en el ámbito de Defensa”. Fuente: http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_trabajo/2015/DIEEET12-2015_Tecnologias_Disruptivas_EfectosSeguridad.pdf, CENTRO DE ESTUDIOS DE LA DEFENSA NACIONAL, 2015.

Defensa" expresa *"...el concepto de disrupción puede identificarse de manera global con un cambio brusco con lo preestablecido, de forma tal que con algo nuevo, se obtiene una enorme ventaja respecto de algo. Podemos considerar que una tecnología tiene un potencial disruptivo si tiene la capacidad de dejar a otra parcialmente obsoleta o inútil, obligando a cambiar la forma de operar de los usuarios y la industria"*.

En un trabajo presentado en el **"Center for a New American Security (CNAS)"**, se define como una *Tecnología Disruptiva en el Sector Defensa* a *"una tecnología o conjunto de tecnologías aplicadas a un problema relevante, de manera tal que alteran radicalmente las relaciones de poder militar entre los competidores, convirtiendo en obsoletas las políticas, doctrina y organización de todos los actores"*²⁶.

Podemos decir entonces que las tecnologías disruptivas tienen la capacidad potencial de cambiar las "reglas del juego"²⁷, que en el ámbito de Defensa, se refiere al balance del poder militar entre los contendientes.

Obviamente todos los países desean equipar a sus Fuerzas Armadas con las tecnologías más avanzadas. Y para ello monitorean y analizan las tecnologías incorporadas por la contraparte. Cualquier percepción de que se está quedando retrasado en la cuestión tecnológica obliga a pensar en nuevas tecnologías disruptivas, o también en la posibilidad del empleo disruptivo de alguna de las existentes²⁸. La experiencia demuestra que cuando una **tecnología disruptiva** pasa la etapa de aceptación inicial, su evolución no es progresiva ni lineal. Normalmente es explosiva y en un lapso de pocos años ha desplazado y convertido en obsoletas a tecnologías anteriores²⁹. Lo ocurrido con los Smartphones, la Fabricación Aditiva (AM o 3D printing) o los UAV's son claros ejemplos de ello.

No obstante ello, reiteramos que la *tecnología es solo una de las partes* y nunca puede ser considerada como el aspecto más importante del Poder Militar.

Vamos a introducir el tema de las **tecnologías disruptivas** tomando el caso de las *"Six Modernization Priorities"* del Ejército de Estados Unidos mencionadas antes, específicamente una de las relacionadas con nuestro ámbito de interés, o sea los **LRPF (Long Range Precision Fires)**.

En particular, para el caso de los LRPF, es interesante citar lo expresado durante el **"Global Force Symposium 2018"**, por el General del Ejército de Estados Unidos R. Brown, Comandante de las Fuerzas en el Pacífico:

*"Nosotros debemos lograr el **máximo alcance** para todos nuestros sistemas en desarrollo, tanto para **fuego cercano, de largo alcance táctico y estratégico**. Necesitamos **cañones con el alcance de cohetes**. Necesitamos **cohetes que superen en alcance a los misiles actuales**. Y necesitamos **misiles tácticos con alcances de 500 km**"*³⁰.

Esta expresión simplemente reafirma algo tan antiguo como el hombre mismo, desde el momento en que descubrió las ventajas que le otorgaba sobre su oponente, lanzar piedras o flechas a mayor distancia. Porque a su manera y en ese tiempo, el arco y la flecha también fueron tecnologías disruptivas. A partir de allí, la carrera por disponer de "mayores alcances" continúa, por lo que la *vigencia de los sistemas de apoyo de fuego de armas pesadas* es ciertamente indiscutible.

²⁶ Center for a New American Security (CNAS). B. FitzGerald; S. Brimley. <https://www.cnas.org/publications/reports/creative-disruption-technology-strategy-and-the-future-of-the-global-defense-industry>

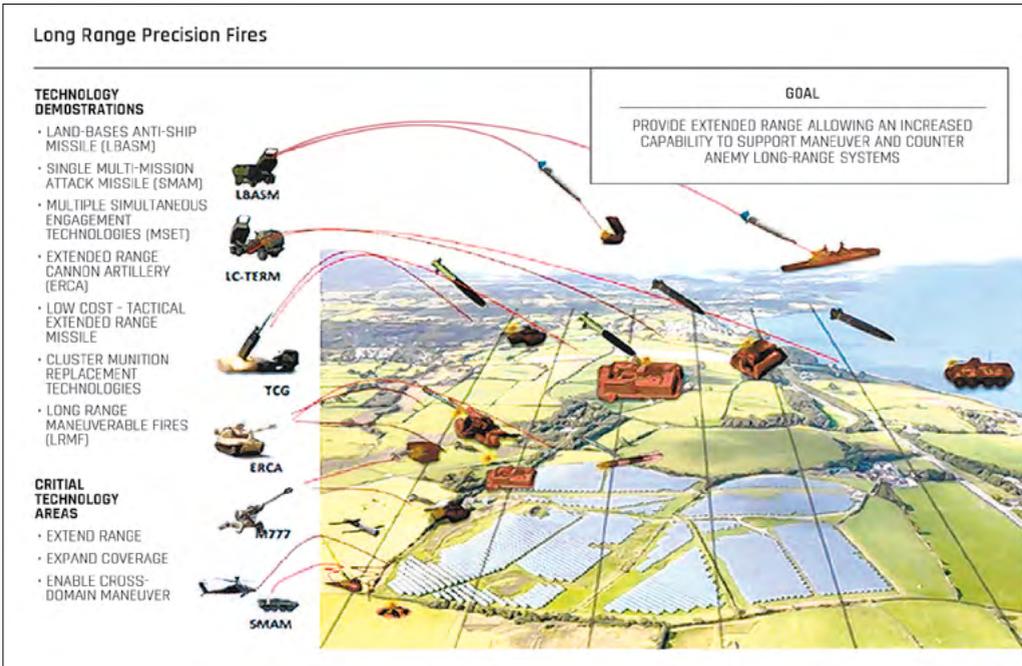
²⁷ "Game changer": "A newly introduced element or factor that changes an existing situation or activity in a significant way": <https://www.merriam-webster.com/dictionary/game%20changer>.

²⁸ PATRICIA LÓPEZ VICENTE (2009): "Tecnologías Disruptivas. Mirando el futuro Tecnológico". Boletín de Observación Tecnológica Defensa N° 25.

²⁹ Ídem.

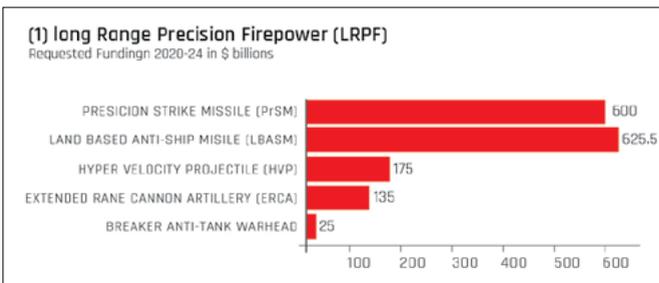
³⁰ <https://www.ausa.org/events/global-force-symposium-exposition-2018/sessions/improving-long-range-precision-fires-joint>

FIGURA 3: LONG RANGE PRECISION FIRES. (LRPF)



Del 26 al 28 de septiembre de 2018 se realizó en Estados Unidos el Simposio “**FUTURE INDIRECT FIRES USA – 2018**”³¹, que tuvo por objetivo destacar la importancia que ese país da a la capacidad de “*Long Range Precision Fires*” y a la aplicación de nuevas tecnologías para alcanzar ese objetivo. Se disertó acerca de los avances alcanzados por el “*LRPF-CFT*”³² específico, con el objetivo de obtener la superioridad en combate sobre los “*peer-competitors*”³³. Asimismo, se destacó

FIGURA 4: RECURSOS PRESUPUESTARIOS ASIGNADOS PARA “LONG RANGE PRECISION FIRES” (LRPF).



el incremento en la asignación de recursos presupuestarios plurianuales en esta área para el año 2019 y sucesivos.

En el **Ejército de Estados Unidos**, la necesidad de LRPF es planificada y llevada adelante a través de dos líneas de trabajo principales:

> Mayor alcance y precisión para las **Armas de Tubo**, actuales y futuras, mediante:

31 <https://futureindirectfires.iqpc.com/>

32 “Long Range Precision Fires – Cross Functional Team”.

33 “Peer competitors”: También empleada la expresión “peer to peer”. Hace referencia a la comparación “entre pares”, o sea entre contendientes que disponen de similares capacidades.

- > Modernización de armas actuales.
- > Desarrollo de nuevas armas.
- > Desarrollo de nuevas municiones.
- > Mayor precisión y letalidad en **Sistemas de Misiles** orgánicos. (*Precision Strike Missile Program*).

En el presente trabajo, nos enfocaremos en las características, estado del arte y evolución de algunas **tecnologías disruptivas** que serían de interés para los LRPF. Particularmente, lo relacionado al aprovechamiento de las tecnologías de **velocidades hipersónicas**.

Si bien las mismas están en desarrollo y podemos considerarlas por ahora *tecnologías emergentes*, se convertirán en *disruptivas* cuando alcancen su madurez, teniendo a partir de ese momento un enorme impacto en las capacidades militares y las relaciones de poder entre las Fuerzas Armadas de los países.

A. El cañón electromagnético: Railgun

1. Antecedentes

De acuerdo al informe realizado por el **US Congressional Research Service** (2016) "*Navy Lasers, Railgun and Hypervelocity Projectile: Background and issues for Congress*"³⁴, la Marina de Estados Unidos comenzó hacia el 2005 la búsqueda de un sistema de armas que permitiera incrementar el alcance y la precisión de sus fuegos de artillería de los buques, en apoyo de operaciones de desembarco de la Infantería de Marina. Y los desarrollos asociados a ese programa se orientaban al concepto del tipo "Cañón Electromagnético" o "Railgun".

Hacia el año 2011, se amplió el alcance de los citados programas a la búsqueda de Sistemas de Armas de Energía Directa (DEW), que proporcionaran además defensa aérea eficaz para las unidades de su flota, cada vez más vulnerables a la amenaza de nuevos misiles de crucero, los sofisticados UAS con capacidad letal y el surgimiento incipiente de los misiles hipersónicos.

Para ello se redefinieron dos áreas de investigación y desarrollo principales: Una de ellas enfocada en el desarrollo del Railgun y su Hypervelocity Projectile (HVP), para operar independientemente o en conjunto con el otro área de interés, el de los Sistemas de Armas de Energía Directa (DEW), particularmente Láser de Alta Potencia (HEL) del tipo Solid State (SSL's).

El aspecto más importante a destacar es que ambos tipos de armas (*Laser* y *Railgun*) debían emplear como fuente de energía y reservorio para el funcionamiento integral de ambos sistemas, la obtenida de las fuentes de poder propias de los buques. Por esta razón, ambos programas estaban condicionados por la capacidad de esas naves de disponer de energía remanente que pudiera ser destinada al disparo de las nuevas armas. En virtud de ello, se concluyó en ese momento, que sólo podrían ser emplazadas y funcionar eficientemente, en grandes plataformas como las navales de superficie.

En ambos casos, las principales ventajas de este tipo de armas son la "capacidad de disparo ilimitada" para el caso del **Laser**, y para el caso del **Railgun**, el incremento en la dotación de munición, así como los menores riesgos en el almacenamiento de las mismas, al disparar un proyectil completamente inerte y que no requiere el empleo de propulsantes. Todo ello brinda una excepcional condición de seguridad para los buques, que no contendrían en sus bodegas material explosivo almacenado, principal vulnerabilidad de estos al ser impactados.

³⁴ Ronald O' Rourke. US Congressional Research Service: "Navy Lasers, Railgun and Hypervelocity Projectile: Background and issues for Congress", 2016.

Tal cual expresa el citado documento, si el desarrollo de cualquiera de estas innovadoras tecnologías de armamento, permitiera finalizar en un sistema de armas completamente operativo, la aplicación de estas tecnologías disruptivas, convertirían a los sistemas en verdaderos “*Game Changer*”³⁵, por las enormes ventajas que otorgan a quienes las dispongan, frente a sus oponentes.

Las grandes potencias, como **Rusia** y **China**, observaron muy tempranamente la tendencia y se estima que prácticamente en forma paralela a los **Estados Unidos**, comenzaron sus propios desarrollos de HEL³⁶ y Cañones Electromagnéticos. Si bien los sistemas mencionados fueron concebidos inicialmente como “Armamento de uso naval”, la experiencia adquirida con el Hypervelocity Projectile (HPV), ha evolucionado como un programa de particular interés para otras fuerzas, analizándose el empleo del HVP incluso para la artillería de campaña del Ejército de Estados Unidos, como veremos más adelante.

Además de los países mencionados, **India** y **Turquía** llevan adelante sus proyectos e EMRG. En el caso de Turquía, en noviembre de 2018 se anunció el éxito en las evaluaciones de su prototipo de EMRG, denominado “Tubitak Sapan” con velocidades de hasta 7.5 MACH.³⁷

En el presente trabajo y por su carácter de “tecnologías disruptivas”, vamos a detenernos en el “Electromagnetic Railgun” (EMRG) y su revolucionario “Proyectil de Hipervelocidad”(HVP).

2. Concepto de “Electromagnetic Railgun” (EMRG)

Desde la invención de la pólvora hasta nuestros días, los sistemas de propulsión (para armas de tubo) están basados en la conversión de energía química almacenada en el propulsante, en energía cinética de gases que, a su vez, impulsan al proyectil, acelerándolo a través del tubo hasta alcanzar su máxima velocidad al abandonar la boca del cañón. El concepto del “cañón electromagnético” y su estado del arte actual son el resultado de las sucesivas iteraciones de una vieja idea. Hay antecedentes de patentes desde 1921 y una importante cantidad de prototipos de baja potencia, que han sido realizados en laboratorios y universidades, así como por aficionados de muchos países.³⁸

¿Qué es lo que hace verdaderamente revolucionario al EMRG? Que básicamente se trata de un dispositivo que, empleando fuerzas electromagnéticas, logra impulsar un proyectil a velocidades que hasta triplican los valores obtenidos para los sistemas convencionales de propulsión con pólvoras. En contraste con los sistemas en base a energía química, el EMRG emplea el concepto denominado “Fuerzas de Lorentz”³⁹. Convenientemente aplicado, permite que la sumatoria de las Fuerzas resultantes de la interacción entre un campo eléctrico y uno magnético, generado por el paso de una corriente eléctrica de gran intensidad, produzca la Fuerza necesaria para acelerar hasta alcanzar grandes velocidades, a un proyectil montado sobre una armadura de metal conductor.

Las velocidades alcanzadas a escala de laboratorio y el desarrollo sucesivo de prototipos de empleo militar del EMRG han permitido obtener valores de entre MACH 6 y 7, medidos a nivel

35 “*Game changer*”: “A newly introduced element or factor that changes an existing situation or activity in a significant way”: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/game%20changer>

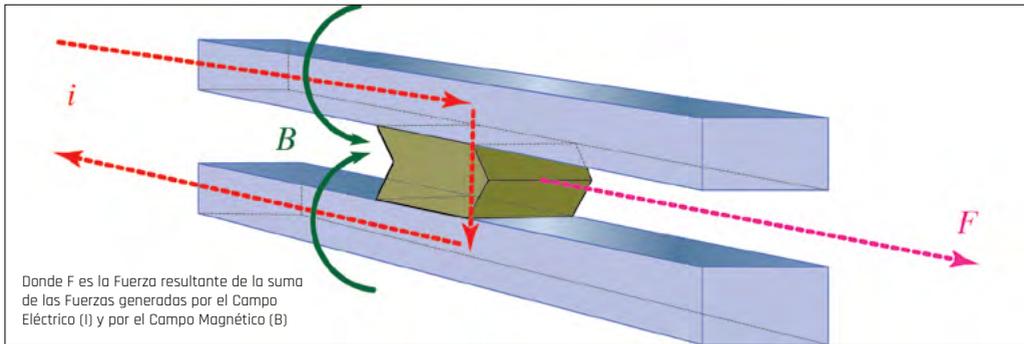
36 HEL: High Energy Laser.

37 https://www.globalsecurity.org/wmd/library/news/turkey/2018/turkey-181112-sputnik01.htm?_m=3n%252e002a%252e2423%252eqa0ao0coep%252e28av.

38 <https://www.raytheon.com/news/feature/railgun>.

39 La “Fuerza de Lorentz” es aquella obtenida por la acción de campos electromagnéticos, generados por el paso de una corriente eléctrica. Este concepto fue postulado por Hendrik Lorentz en 1892. Fuente: <http://folk.ntnu.no/mortest/lorentzforce.pdf>.

FIGURA 5: FUERZAS DE LORENTZ

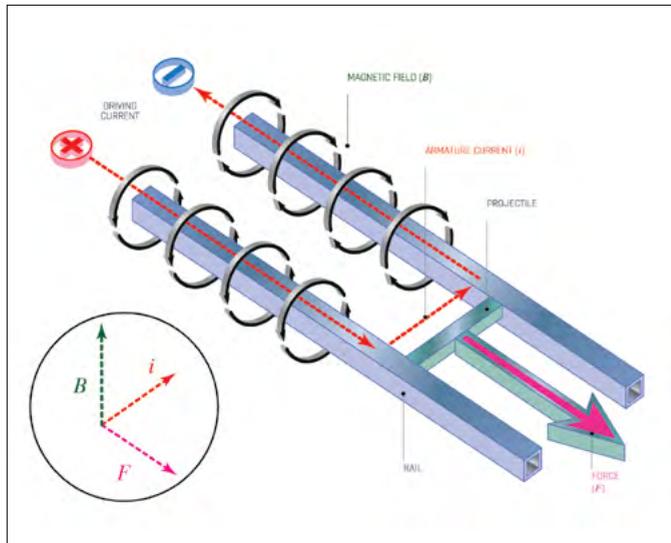


del mar⁴⁰. Grandes velocidades permiten a un proyectil de 10,5 kilos (23 libras es el diseño actual) obtener alcances de hasta 100Nmi⁴¹ (185,2 kilómetros).

Como dato de interés, se ha ensayado incluso el disparo de ráfagas de proyectiles de 140 gramos para ser empleado en sistemas de defensa antiaérea, con velocidades superiores a MACH 7.⁴²

Sin embargo, impulsar un proyectil que alcanza velocidades de entre MACH 6 y 7 requiere una cantidad de energía enorme, entregada en un tiempo de milisegundos. Como parámetro de diseño para el sistema, la Marina de Estados Unidos se ha puesto el objetivo de obtener valores de energía instantánea al momento del disparo de hasta 32 Megajoules⁴³.

FIGURA 6: ESQUEMA CONCEPTUAL DE RAILGUN (EMRG)



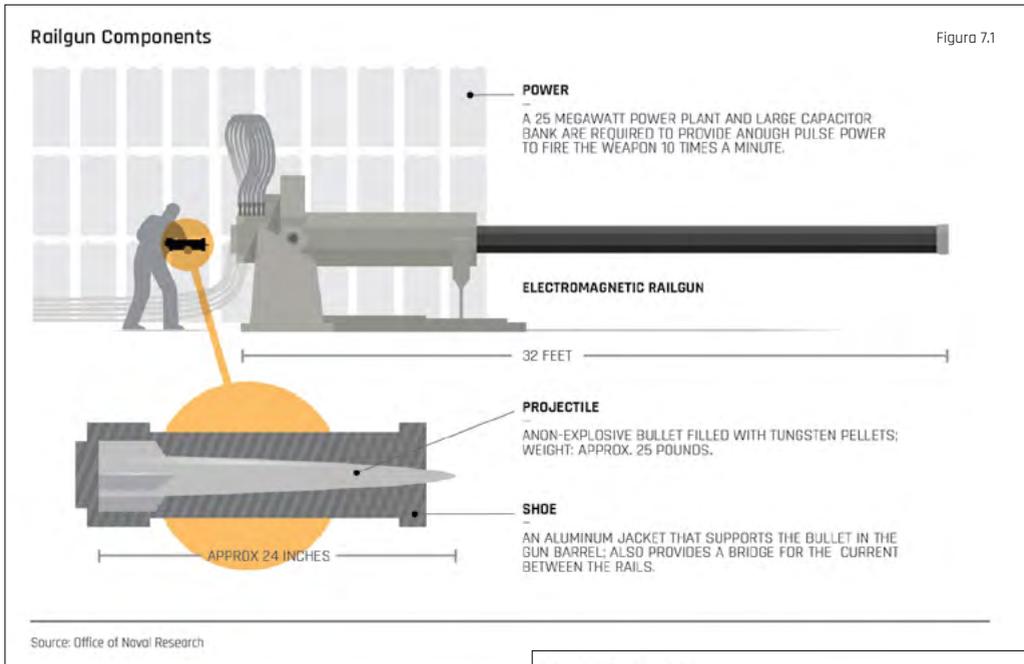
40 Número de MACH: Es una relación entre dos velocidades: la velocidad a la que se mueve un determinado objeto en el aire, respecto de la velocidad del sonido en ese mismo medio y en las mismas condiciones. Toma la velocidad del sonido como referencia. Por lo tanto, un móvil que se desplaza a MACH 1, lo hace a igual velocidad que las ondas de sonido en ese mismo medio. Por su parte, la velocidad del sonido es la dinámica de propagación de las ondas sonoras. En la atmósfera terrestre es de 343,2 m/s (a 20 °C de temperatura, con 50 % de humedad y a nivel del mar).

41 Milla náutica (Nmi). Es una unidad de longitud empleada en navegación marítima y aérea. En la actualidad, la definición internacional, adoptada en 1929, es el valor convencional de 1852 m, que es aproximadamente la longitud de un arco de 1' (un minuto de arco, la sesentava parte de un grado sexagesimal) de latitud terrestre. Fuente: Sea Charts Fundamentals. https://msi.nga.mil/MSISiteContent/StaticFiles/NAV_PUBS/APN/Chapt-03.pdf

42 IEEE - J. Gallant, T. Vancaeyzele, B. Lauwens, B. Wild, F. Alouhab, M. Schneider. "Design Considerations for an Electromagnetic Railgun Firing Intelligent Bursts to be Used Against Anti-Ship Missiles". Fuente: <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>, 2015.

43 Definición de Megajoule: "1 Megajoule es una medida de la energía asociada con una determinada masa viajando a cierta velocidad". En términos simples: Un vehículo de 1 Ton que se desplaza a 160 Km/h equivale a 1 MJ de energía" Fuente: Office of Naval Research Public Affairs, "Navy Sets New World Record with Electromagnetic Railgun Demonstration," Navy News Service, 10 de diciembre de 2010. http://www.navy.mil/submit/display.asp?story_id=57690.

FIGURA 7: ESQUEMA FUNCIONAL Y CAPACIDADES DEL RAILGUN



En su **esquema básico**, un EMRG debe estar integrado al menos por los siguientes **subsistemas**⁴⁴:

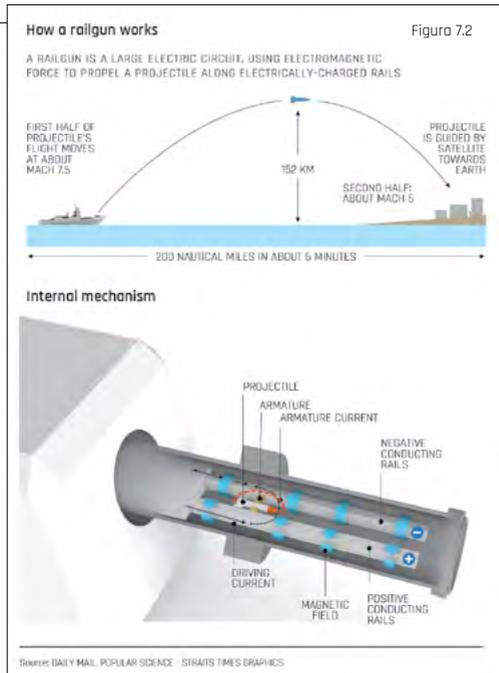
a. Subsistema Eléctrico

Requiere disponer de:

- > Capacidad de generación de suficiente energía eléctrica.
- > Capacidad de **almacenamiento** de energía mediante el empleo de capacitores.
- > Capacidad de **entregar esa energía** en un lapso de milisegundos, que permita acelerar el proyectil a grandes velocidades.
- > Capacidad de **repetir el ciclo completo** en muy pocos segundos. (Como para satisfacer el requerimiento de una cadencia de fuego de 6 a 10 disp/min.)

b. Subsistema Inyector

Requiere disponer de la capacidad de acelerar previamente al proyectil, antes



⁴⁴ American Institute of A&A. – Caltech Univ. "Design, fabrication and testing of an Electromagnetic Rail Gun". <http://digitalcommons.calpoly.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1059&context=aerosp>.

que este alcance los rieles conductores. Esa acción está a cargo del subsistema Inyector. Para el mismo se emplean diferentes tecnologías, entre las que se puede citar la inyección de gases a presión, de forma tal de “preacelerar” el conjunto hasta unos 300m/s⁴⁵. Esa aceleración previa resulta imprescindible, debido a que si el proyectil recibiera el enorme pulso de energía estando en reposo o aún a baja velocidad, directamente se fundiría en los rieles e inhabilitaría el arma. (*Recordemos la aceleración necesaria para que en pocos metros, el proyectil alcance velocidades entre MACH 6 y 7*). Cuanto mayor sea la velocidad inicial que el inyector pueda imprimir al proyectil, mayor será a su vez la energía que el sistema eléctrico puede ahorrar para la segunda y vital fase de aceleración.

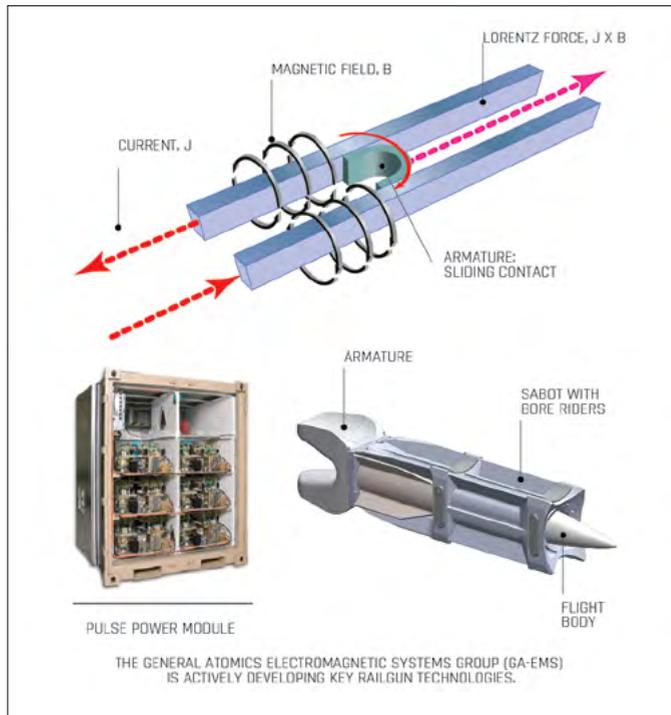
c. Rieles conductores

Es uno de los subsistemas de mayor importancia en un EMRG y componente responsable de convertir la energía eléctrica en energía cinética. La tasa de conversión de energía eléctrica en cinética, puede ser controlada mediante las dimensiones y la distancia entre rieles. Esta conversión crea una enorme cantidad de fuerza en el proyectil, pero también en los rieles conductores. Es todo un desafío para la ingeniería de diseño y desarrollo lograr que los rieles y la estructura toda soporten las enormes cargas mecánicas y térmicas que el disparo genera. Se trabaja desde hace años en la búsqueda de nuevos materiales que presenten mejores prestaciones para responder a los requerimientos termo-mecánicos extraordinarios, garantizando además una vida útil razonable al sistema.

d. Proyectil

El “conjunto proyectil” debe ser conductor. Para ello, la solución técnica se ha orientado a diseñar un tipo de proyectil que en la etapa de disparo y movimiento sobre los rieles se desplace contenido en un “conjunto guía” conductor (Del tipo sabot) y que garantice la conversión de esa energía eléctrica en fuerza, entregada al proyectil para su aceleración. Como mencionamos anteriormente, todo el conjunto debe estar realizado con materiales que tengan propiedades mecánicas y térmicas muy

FIGURA 8: COMPONENTES BÁSICOS DEL RAILGUN



⁴⁵ <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a187225.pdf>. Pág. 4.

especiales, en particular altos puntos de fusión. Ello permite mantener su forma y estructura intactas durante el disparo, sin producir además daños al sistema de rieles conductores.

Ventajas del sistema:

- a. Armas de menores dimensiones y peso. Los proyectiles impulsados por pólvoras, tienen como condicionante las elevadas presiones generadas por el disparo, que demandan necesariamente armas de grandes dimensiones y peso, así como sofisticados vínculos elásticos y sistemas amortiguadores del retroceso y recuperación del arma en batería⁴⁶. Todo ello resulta innecesario para el EMRG.
- b. Proyectiles de menor calibre y más livianos. Al no emplear carga explosiva, no resulta necesario un gran volumen disponible para esta. Ello permite menores diámetros (Y calibres) y un mejor perfil aerodinámico. Además, la gran velocidad alcanzada por el proyectil en el extremo del arma, compensa la necesidad de una gran masa para mantener una velocidad remanente adecuada al momento del impacto (efecto de balística terminal).
- c. Mayores alcances. Producto de las mayores velocidades iniciales que se pueden obtener y el mantenimiento de la velocidad remanente. Permiten además trayectorias más tendidas.
- d. Proyectil sin carga explosiva (sólo energía cinética). Como mencionamos antes, la velocidad alcanzada por los proyectiles permite basar su efecto terminal en energía cinética, o que reduce la cantidad de material explosivo que deben cargar los buques en sus bodegas y, por ende, un menor riesgo de explosión en la plataforma (*Uno de los aspectos que hace más vulnerables a las plataformas navales es la gran cantidad de material explosivo que almacenan en sus bodegas para el combate*)⁴⁷.
- e. Simplifica el mecanismo de disparo: Permite la realización de disparos con mayor cadencia de fuego. Se simplifica el proceso de carga de la munición (*en la de tipo convencional requiere del proyectil y su propulsante, con o sin vaina*). En el caso del EMRG, sólo se requiere la recarga del proyectil y no resulta necesario un mecanismo de extracción de la vaina.
- f. Menor tiempo para batir o alcanzar el blanco: Un proyectil que se desplaza a velocidad dos o tres veces superior a la de un proyectil convencional redundará en menor tiempo de reacción y dificultad de aplicar contramedidas por parte del oponente.
- g. Disparo silencioso: al no existir el estampido propio de la salida violenta de los gases por el tubo cañón, típico de las armas de fuego, el disparo es extremadamente silencioso para un arma de ese porte y calibre. Según mediciones realizadas en los test, el sonido producido es similar en decibeles a los de un fusil de calibre 7.62mm y los gases producidos en la boca del cañón, son resultado de partículas contenidas en el aire, que junto con el proyectil abandonan la boca del arma a muy altas velocidades.

Desventajas del sistema:

- a. La plataforma debe disponer de una enorme capacidad de generación y almacenamiento de energía para cada disparo. Además, para lograr una alta cadencia de disparo, la capacidad de recuperación de esa energía almacenada debe ser muy alta. Este aspecto

⁴⁶ A modo de referencia, un moderno tanque de batalla como el M1 Abrams dispara un proyectil APFSDS de 120mm (M829A3) a 1550 m/s (Mach 4.5) y requiere una plataforma de 60Tn. Obviamente, gran parte de ese peso total, tiene que ver además con las necesidades de blindaje adecuadas para esa plataforma.

⁴⁷ Hace años se trabaja además en el desarrollo de las denominadas "Insensitive munition (IM)";

constituye aún uno de los *desafíos tecnológicos no debidamente resueltos*, como para hacer operativo el sistema.

- b. El manejo adecuado de la enorme "carga térmica" que implica el almacenamiento en escasos segundos de una importante cantidad de energía, y su descarga en un tiempo inferior a 1 milisegundo, resulta otro desafío tecnológico aún por resolver.
- c. El gran efecto erosivo del proyectil sobre el sistema de rieles guía del arma se debe a las altas velocidades y al disparo en rápida secuencia. En los ensayos iniciales, los prototipos no resisten más que unos pocos disparos, por lo que la solución de este aspecto es también un serio condicionante para el desarrollo.

3. Por qué es necesario un RAILGUN

Como mencionamos anteriormente, desde 2005 la **Marina de Estados Unidos** ha estado en la búsqueda de EMRG, inicialmente como arma de apoyo de fuego de artillería naval. La amenaza potencial de las fuerzas de defensa costeras hizo necesario cada vez mayores alcances para el armamento de los buques, y las características especiales del EMRG aseguraban alcances de hasta 185.2 kilómetros (100Nmi) con absoluta precisión, al emplear proyectiles guiados.

Avanzado el programa y dada la extrema precisión de sus proyectiles, en diciembre de 2014 se amplió el objetivo impuesto para el proyecto EMRG, siendo requerido también su empleo como complemento de la defensa aérea contra misiles balísticos (ICBM), misiles de crucero antibuque (ASCM) y Armas Hipersónicas⁴⁸.

Lo expresado en el párrafo anterior se fundamenta en que los sistemas de defensa aérea y misilística, incluso de las flotas más modernas, están basados en conceptos de doctrina de empleo de la década de los 80. Los mismos están organizados y operan con sofisticados sistemas de radar que se han ido modernizando paulatinamente y misiles de generación avanzada. Sin embargo, se estima que podrían resultar ineficaces frente a la amenaza de las nuevas armas de hipervelocidad, e incluso frente a un ataque masivo de posibles "enjambres" de sistemas letales.

Por otra parte, aunque se dispusiera del más moderno de los sistemas de misiles, como puede ser el caso del Standard Missile (SM-3), operando junto al sofisticado sistema de C² AEGIS, dispondría de una capacidad limitada de misiles en los lanzadores. Ante el caso de un ataque masivo de proyectiles (HVP) y una vez consumidos los misiles del sistema defensivo, esto obligaría al buque a una operación de reabastecimiento que solo podría realizarse sustrayéndolo de las operaciones. Además, el costo promedio de cada Misil SM-3 es US\$ 11 M, frente al bajo costo relativo de los HVP (Estimado US\$ 80.000) y la capacidad de hacer fuego de forma prácticamente ilimitada del EMRG.

Otro aspecto que amplía la gama de empleos posibles del RAILGUN + HVP y ha impulsado su desarrollo es la cancelación en el 2015 del proyecto LRLAP (Long Range Land Attack Projectile)⁴⁹. Este proyectil se desarrollaba para ser disparado en el sistema AGS (Advanced Gun System), equipado con cañones de artillería naval calibre 155mm/L62, especialmente diseñados como sistema de armas de los destructores DDG "Zumwalt-Class", para los fuegos de artillería en apoyo a las operaciones de desembarco. Lo cierto es que ya hay tres buques de esa clase en condiciones de servicio, sus baterías 155/L62 están instaladas y aún no se dispone de munición para sus armas. Y allí es donde el HVP ha surgido como una *interesante solución alternativa*.

⁴⁸ USNI News: Sam LaGrone "Navy Wants Rail Guns to Fight Ballistic and Supersonic Missiles", 2015.

⁴⁹ <http://www.ceptm.iue.edu.ar/index.php/2016/12/15/el-proyectil-guiado-de-artilleria-excalibur-que-reemplazaria-a-los-lrlap-long-range-land-attack-projectile-en-los-navios-clase-zumwalt-de-la-us-navy/>

Por lo expresado, el sistema RAILGUN + HPV se posiciona como una promisoriosa opción para diferentes alternativas de empleo, contra amenazas aéreas o para fuegos de apoyo terrestre, con un tipo de munición guiada de bajo costo relativo, con una gran capacidad de almacenamiento (Alta disponibilidad), con un alcance muy superior a los actuales y además una alta cadencia de fuego⁵⁰.

4. Estado del Arte: Principales Proyectos

Como mencionamos anteriormente, lo que presentamos a continuación es la información de carácter público que los organismos gubernamentales y/o empresas ponen a disposición acerca de estos proyectos de carácter estratégico.

Además, si bien se tiene conocimiento de que tanto **Rusia** como **China** llevan adelante importantes desarrollos en esta área, así como **India** y **Turquía** en menor escala, resulta más difícil obtener información de esos países que pueda considerarse válida o de fuentes con suficiente credibilidad como para exponerlas.

a. Estados Unidos: Proyecto Electromagnetic Railgun (EMRG - Innovative Naval Prototype)

El proyecto EMRG de Estados Unidos consiste en un avanzado “demostrador tecnológico”, capaz de entregar una energía de entre 20 y 32MJ en el extremo del arma, lo que permitiría al proyectil obtener alcances entre 50 y 100 millas náuticas (Nmi). Como proyectos asociados y acompañando al desarrollo del EMRG, se avanzó en investigación y desarrollo tanto del Proyectil Hipersónico (HVP) como del conjunto Generación y Entrega de Energía requerido por el sistema⁵¹.

El proyecto se inició en el año 2005 con la **Fase I (Factibilidad -Validación del concepto)** y se enfocó durante varios años en el desarrollo del sistema lanzador, que debería ser capaz de alcanzar los 32MJ requeridos, así como el desarrollo del proyectil y del sistema de energía, en escala de laboratorio. Para ello, la Marina de Estados Unidos seleccionó y otorgó financiamiento plurianual a dos empresas, **BAE Systems** y **GENERAL ATOMICS (GA)** para desarrollar simultáneamente sus proyectos⁵².

Si bien el objetivo para ambas empresas era el desarrollo de EMRG de 32 MJ, GENERAL ATOMICS, con su sistema denominado “Blitzer”, desarrolló además una variante de 3 MJ.

En diciembre de 2010, se produjo un hecho histórico para la Marina de Estados Unidos, cuando en el “*Naval Surface Warfare Center*”, se disparó el prototipo de laboratorio de BAE Systems. Según lo expresado por la US ONR (*Office Naval Research*) en el informe de ese día, los ensayos de laboratorio permitieron verificar que el sistema es capaz de entregar la energía de 32MJ en menos de un milisegundo, y así lograr que el proyectil de 10.5 kilos de peso, obtenga velocidades en la boca del arma de hasta MACH 6 y el alcance requerido de 110Nmi (203 kilómetros). También en el año 2010, GA realizó ensayos exitosos con su prototipo “Blitzer” cuyo proyectil alcanzó una velocidad de Mach 5, según el reporte emitido por la empresa⁵³.

Consultando los sucesivos reportes disponibles en los sitios web de ambas empresas, se puede concluir que la **Fase I finalizó en el 2012** habiendo alcanzado los objetivos buscados.

⁵⁰ Sam LaGrone, “Navy Wants Rail Guns to Fight Ballistic and Supersonic Missiles,” *USNI News*, 5 de enero de 2015.

⁵¹ BAE SYSTEMS. <https://www.baesystems.com/en/product/electromagnetic--em---railgun>.

⁵² Fuente: <https://www.dsiac.org/resources/journals/dsiac/summer-2015-volume-2-number-3/hypervelocity-projectiles-technology>.

⁵³ Fuente: <http://www.ga.com/blitzer-successfully-completes-aerodynamic-projectiles-testing>.

La **Fase II** (*Transición a un programa de adquisición*) se inició en el año 2012, como la evolución de un Programa de Investigación hacia un *Programa de Desarrollo y Experimentación*.

Esta **Fase II** se enfocó principalmente en el desarrollo de componentes, tanto para el arma como para el sistema de energía, que debían ser capaces de soportar esfuerzos mecánicos y cargas térmicas causados por la ejecución de disparos en rápida cadencia, requerimiento vital para la operatividad del sistema. El manejo adecuado de la transición del *"disparo único"* en laboratorio al *"disparo en rápida cadencia"* es, sin lugar a dudas, el desafío tecnológico actual.

Al finalizar las evaluaciones de los respectivos prototipos en el 2012, ambas empresas continuaron con presupuestos asignados por la Marina de Estados Unidos. Particularmente, **BAE Systems** recibió en el año 2013 un presupuesto de 34,5 millones de dólares para continuar en esta etapa.

Como expresara el Gerente General of Weapons Systems de BAE: *"Nosotros estamos comprometidos en desarrollar esta tecnología verdaderamente innovadora y disruptiva, que producirá cambios revolucionarios en el combate naval"*⁵⁴.

FIGURA 9: BAE SYSTEMS - PROTOTIPO DE RAILGUN



En el año 2014 se resolvió la instalación en una plataforma naval (Un buque del tipo JHSV-*Joint High Speed Vessel*), para realizar ensayos, del prototipo de **BAE Systems**, para iniciar en el 2016 los ensayos en mar. A la fecha, no hay información acerca de que esto se haya concretado. No obstante lo cual, lo planificado es que los sistemas comiencen a estar operativos entre 2020 y 2025.

Como dato de interés, la empresa **General Atomics (GA)** desde un principio observó la potencialidad de esta tecnología y, en base a la enorme experiencia adquirida en la etapa inicial, se contac-

FIGURA 10: GENERAL ATOMICS (GA) - PROTOTIPO DE RAILGUN



⁵⁴ Fuente: BAE SYSTEMS: <https://www.baesystems.com/en/product/electromagnetic--em---railgun>.

tó con el **Ejército de Estados Unidos** para ofrecerle alternativas que resultaran de utilidad para los sistemas de artillería de esa Fuerza. **GA** apuesta a maximizar el beneficio de las capacidades y experiencia adquiridas en una tecnología verdaderamente revolucionaria y con gran futuro. Por esa razón y como veremos más adelante, **GA** ha sido la empresa seleccionada por el **Ejército de Estados Unidos** para el desarrollo de una familia de **EMRG de uso en la artillería terrestre** con un rango variable de energía disponible entre 3 a 64 MJ.

b. Proyecto de CHINA:

Durante las últimas décadas, China ha estado llevando adelante proyectos de carácter estratégico y bajo las más estrictas condiciones de confidencialidad. Las prioridades fijadas por sus líderes incluyen: *Armas de Energía Directa (DEW) – Armas Hipersónicas – Electromagnetic railgun - Maneuverable Reentry Vehicles (MRV) – Sistemas Autónomos letales*⁵⁵.

Existen varios programas relacionados con el aprovechamiento de la Energía para el desarrollo de Sistemas Letales, específicamente las armas electromagnéticas. Estos programas están bajo la órbita de responsabilidad del CASIC (*China Aerospace Science Industrial Corporation*), uno de los conglomerados estatales más importantes de la industria del armamento chino. En ese marco, al menos 22 institutos de ingeniería chinos, estuvieron abocados desde 2007 al estudio de los sistemas de Propulsión Electromagnética.

Según expertos en la materia, el liderazgo que durante años tuvo Estados Unidos en la “carrera” para el desarrollo de Armas de Energía Directa (DEW), podría haber sido superado por sus competidores, en especial por China. Es que mientras Estados Unidos tuvo sus altibajos en las asignaciones presupuestarias específicas para estos innovadores desarrollos en los últimos años, China ha mantenido una política definida y constante en esta área.

Las potencias reconocen que los programas de armamento más moderno, podrían tener un *efecto disruptivo* en el campo militar, generando situaciones de potencial desequilibrio de fuerzas, tanto para Estados Unidos como para sus aliados de la región Asia Pacífico⁵⁶. “*Medium and long-term plan for development of Science and technology (2006 – 2020)*”, “*Made in China 2025*”, son algunos de los Planes plurianuales implementados por China para cumplir el objetivo de achicar / anular la brecha tecnológica con Estados Unidos⁵⁷.

Para las autoridades chinas, el camino a recorrer para obtener ventajas tecnológicas sobre sus adversarios, requiere de: Objetivo claro – Tiempo – Presupuesto. Tres aspectos que por las características propias de su régimen de gobierno, gestionan con menores complicaciones y burocracia que en las democracias occidentales.

En la “*7th Chinese Electromagnetic Technology Conference*” realizada en octubre de 2015 por el “206th Institute” dependiente del CASIC, se expresó que las investigaciones en Sistemas Electromagnéticos de Lanzamiento, específicamente aplicados a misiles y EMRG, permitirán proporcionar nuevas capacidades para los sistemas de armas de combate cercano (CIWS)⁵⁸.

El desarrollo e implementación de *plataformas lanzadoras de aeronaves* desde portaaerones, denominadas EMALS (*Electromagnetic Launch Systems*), le permitió a China adqui-

55 US- China Security Commission: https://www.uscc.gov/sites/default/files/Annual_Report/Chapters/Chapter%204%2C%20Section%202%20-%20China%27s%20Pursuit%20of%20Advanced%20Weapons.pdf.

56 Idem.

57 Idem.

58 CIWS: Close-in Weapons System. Sistema de armas de combate cercano.

rir experiencia en el empleo de la energía almacenada, con la finalidad de propulsar grandes objetos. Lo que en un principio se desarrolló para el lanzamiento de aeronaves desde portaaviones, sirvió para comenzar a evaluar y experimentar desde 2005, con cañones electromagnéticos a escala de laboratorio⁵⁹.

Tanto es el interés en las posibilidades que ofrecen este tipo de armas, que en el 2016 el *Comandante Naval Alte (R) Zfao Dengping* expresó que los buques de la flota en el futuro estarán equipados con Armas Laser, Railguns y lanzadores de misiles asistidos electromagnéticamente, que permitirían incrementar incluso el alcance de esos vectores⁶⁰.

No obstante ello, por similitud a los desarrollos llevados a cabo por Estados Unidos, los principales problemas a resolver antes de pasar a la etapa operativa de estos sistemas, continúan siendo: *Escasa vida útil del lanzador* (por los enormes esfuerzos termo-mecánicos del disparo) – *Generación /Almacenamiento* de energía – *Gestión eficiente* de la generación y entrega de esa energía.

Si bien el proyecto se lleva adelante en el mayor de los secretos y resulta difícil acceder a información que contenga detalles técnicos de interés, en febrero de 2018 pudieron verse imágenes del EMRG que desarrolla el sector naval del PLA (*People Liberation Army*), instalado sobre uno de los buques de su flota. Dispararía un proyectil guiado con una velocidad de hasta MACH 7, capaz de batir blancos a 125Nmi⁶¹.

FIGURA 11: CHINA – PROTOTIPO DE CAÑÓN ELECTROMAGNETICO



La noticia tuvo gran difusión y llamó la atención a los especialistas en la materia, ya que desarrollos similares llevados adelante en Estados Unidos por **BAE Systems** y **GA** todavía no han pasado a la etapa de ensayos y evaluaciones operacionales en plataformas navales. Expertos en el tema no descartan que se trate de un prototipo funcional real, pero también especulan con que podría tratarse solamente de un “*Mock up*”⁶², cuya difusión estuviera relacionada con el incremento de la tensión en el *Mar del Sur de China*, con la finalidad de generar cierto grado de disuasión, al exponer capacidades aún no disponibles. En octubre de 2017, el Director de la PLA “*Naval University of Engineering*” reconoció, por primera vez, que el EMRG de ese país había pasado a la etapa de ensayos, al haber logrado integrar a buques de esa flota los sistemas de energía requeridos por estas armas.

⁵⁹ <https://www.popsci.com/china-electromagnetic-railgun-catapults#page-5>.

⁶⁰ Idem.

⁶¹ <http://www.ceptm.iue.edu.ar/index.php/2018/06/28/china-y-su-canon-electromagnetica-railgun/>

⁶² En el proceso de manufactura/diseño, “*mockup*” o maqueta es un modelo a escala o tamaño real de un diseño o un dispositivo, utilizado para la demostración, evaluación, promoción y otros fines.

Según un informe del **RUSI** (*Royal United Service Institute of Defense*) de febrero de 2018, es probable que China se encuentre por delante de Estados Unidos, en cuanto a la instalación de los sistemas en los buques. Y ello se debe a que las plataformas navales chinas en desarrollo tienen prevista la incorporación de sistemas de armas (DEW, EMRG, etc.) que requerirán enormes cantidades de energía eléctrica, por lo que resultaría más sencilla y rápida su adecuación.

Finalmente, lo cierto es que China ha mantenido la continuidad en los desarrollos de EMRG, cumpliendo las etapas de los programas previstos, por lo que podría resultar creíble que se trate de un prototipo, que ya está siendo testeado en condiciones operativas de navegación⁶³.

Decididamente, el Gobierno de China también considera que los sistemas de armas, tanto los DEW como los EMRG, serán vitales para el éxito de las operaciones de guerra en un futuro no muy lejano.

c. Proyecto de RUSIA

Hace varias décadas que Rusia participa también en la “carrera” por el desarrollo de armas de propulsión electromagnética. El esfuerzo es llevado adelante por el “*United Institute of High Temperatures of the Russian Academy of Sciences*”. Por similitud al caso de China, toda la información sobre el tema es de carácter secreto, por lo que resulta difícil obtener información específica de las características de estos proyectos y su estado de avance.

A diferencia de Estados Unidos y de China, el objetivo que se fijaron los desarrollistas de Rusia resulta bastante más ambicioso que el de sus competidores, al inclinarse por una tecnología diferente a la del EMRG. En opinión de los expertos rusos, las armas de tipo EMRG, con el tradicional proyectil de entre 10 y 20 kilos acelerado en sendos rieles conductores tienen un límite tecnológico, condicionado por los efectos del rozamiento entre la armadura conductora y los rieles que no permitiría alcanzar velocidades superiores a MACH 7, además de la corta vida útil del sistema lanzador. Como mencionamos anteriormente, las enormes exigencias termomecánicas que debe soportar el sistema en el proceso de disparo y en rápida cadencia, obligarían al desarrollo de materiales especiales, capaces de resistir ciclos de disparo con ese grado de exigencia, a fin de asegurar una vida útil del arma de valores admisibles. Y el desarrollo de nuevos materiales aptos para soportar esas exigencias demanda plazos y recursos no disponibles actualmente.

Por esta razón, tal cual expresara en enero de 2017 el *Vice Primer Ministro de Rusia para la Defensa e Industria Aeroespacial, Yuri Borisov*, ese país está invirtiendo fuertemente en sistemas de armas de energía Directa (DEW), así como en “*Armas de Propulsión Electromagnética basadas en Plasma*”⁶⁴.

Existe una gran variedad de trabajos relacionados con el tema, por haber sido esta tecnología estudiada y desarrollada tanto por Estados Unidos como por Rusia, para su aplicación en la actividad aeroespacial, nuclear y potencialmente en el ámbito de la Defensa⁶⁵.

⁶³ https://taskandpurpose.com/china-electromagnetic-railgun-deployment/?utm_source=Sailthru&utm_medium=email&utm_campaign=ebb%206/26/18&utm_term=Editorial%20-%20Early%20Bird%20Brief.

⁶⁴ The independent: <https://www.independent.co.uk/news/world/europe/russia-laser-electromagnetic-plasma-weapons-military-kremlin-a7540716.html>.

⁶⁵ Review of scientific instruments (2009), D. Whitherspoon; A. Case y otros. “A contoured Coaxial plasma Gun with injected plasma Armature”. http://hyperv.com/pubs/RSINAK808083506_1.pdf.

Particularmente Rusia, desde la década de los 50, trabaja en la investigación de las propiedades de *"Jets de plasma"* de alta densidad y extrema velocidad, que tendrían múltiples aplicaciones tanto en la Propulsión de Vehículos Espaciales, como en el desarrollo Nuclear. Pero también, la posibilidad de impulsar objetos de una determinada masa a velocidades extremas, presenta una opción muy interesante para su aplicación en sistemas de artillería de largo alcance. Por ello, **Rusia** ha decidido avanzar en esta opción tecnológica, que es la de los *"Aceleradores Coaxiales electromagnéticos de plasma"*⁶⁶.

Se trata de dispositivos electromagnéticos, que emplean las Fuerzas de Lorenz auto-inducidas, para producir *Jets de plasma axiales*, que permitirían alcanzar velocidades muy superiores a los EMRG. Expertos en la materia mencionan velocidades de 50Km/s y superiores⁶⁷. Obviamente, se trata de valores teóricos y que solo se han podido obtener a escala de laboratorio y para proyectiles muy pequeños, (*gramos o fracciones de gramos*). Sin embargo, si esta tecnología alcanzara un grado de maduración suficiente, abriría un camino promisorio y completamente *"Disruptivo"* para quien disponga del "Know-how" para desarrollarla con la finalidad de su aplicación en sistemas de armas.

En julio de 2016 las autoridades del citado *Instituto Ruso* expresaron haber logrado acelerar un objeto de *100 gramos a una velocidad de 3000m/s*, o sea *MACH 8.7*⁶⁸. El citado reporte destaca que en los últimos dos años de trabajo han evolucionado exitosamente con prototipos de *0.8 a 4.8 MJ* de energía pulsada, teniendo como objetivo continuar con mayores valores tanto de energía como en el tamaño y masa de proyectiles.

Evidentemente **Rusia** ha elegido el camino más largo y que, en apariencia, lo posiciona por detrás de sus competidores, que se encuentran ya iniciando la etapa de ensayos operativos con sus respectivos sistemas. Sin embargo, de resultar exitosa la opción elegida, **Rusia** obtendría enormes ventajas sobre los sistemas EMRG, que podrían resultar obsoletos/ inferiores en prestaciones, frente a los alcances de los sistemas *"de plasma"*.

Es interesante recordar, además, que muchos especialistas en la materia expresan que los cañones electromagnéticos, tienen todas las condiciones para convertirse en la **"Artillería del Futuro"**. Por ello, quien adopte la tecnología que presenta mayor potencialidad para futuros desarrollos, habrá obtenido grandes ventajas.

Relacionado con esto, en septiembre de 2018, el *Comandante del US Futures Command* realizó una presentación ante el Congreso de ese país, en la cual expresó: *"Estamos comenzando el desarrollo de las armas hipersónicas y también evaluando lo que llamamos el Cañón Estratégico de Largo Alcance, el que podría tener un alcance de hasta 1.000 millas*

FIGURA 12: RUSIA - PROTOTIPO DE CAÑÓN ELECTROMAGNÉTICO



66 <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6463/aabd94/meta>.

67 IOP Science: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6463/aabd94/meta>.

68 Navy recognition: <http://www.navyrecognition.com/index.php/news/defence-news/2018/january-2018-navy-naval-defense-news/5880-russia-continues-r-d-work-on-electromagnetic-railgun.html>.

náuticas”⁶⁹. Y para ello, tal como lo hace Rusia, resulta necesario explorar otras tecnologías además de la del EMRG, por los “límites tecnológicos” que presenta para obtener esos enormes alcances.

Asimismo **Rusia**, al optar por esta tecnología, ha considerado el “*uso dual*” de esta como una herramienta adecuada para “*colocar en órbita*” cargas o abastecimientos para sus estaciones espaciales en el futuro⁷⁰. Esta tarea actualmente se realiza mediante el empleo de sistemas de cohetes “*portadores*” aptos para la colocación de satélites en órbita.

Desde que la idea fue propuesta en 1974 por el profesor de *Princeton University* *Gerard O’Neill*, las posibilidades de empleo del cañón electromagnético rápidamente se fueron expandiendo hacia otros campos, además de los específicos de la artillería.

Esas posibilidades incluyen también el empleo de estas tecnologías para la exploración del espacio y no debe pensarse en ello como un tema de “ciencia ficción”. Porque la idea siempre tentadora de emplear la propulsión electromagnética con fines militares no anula su utilización con propósitos científicos. Si bien resulta impensable “lanzar astronautas” a velocidades extremas, esta tecnología permitiría lanzar objetos del espacio a la tierra y viceversa⁷¹. Aunque pueda parecer algo inalcanzable, si consideramos que la “velocidad de escape”⁷² requerida para salir de la atmósfera terrestre es de 11.2Km/s (Mach 32.6)⁷³, no podemos descartar que en unos años, con tecnologías más “maduras”, se alcancen valores adecuados para el uso dual requerido por los programas espaciales.

Y esto abre una enorme cantidad de alternativas de interés para el empleo de este futurista sistema. Por ello, este es el camino que Rusia seleccionó para avanzar en esta tecnología⁷⁴.

d. RAYTHEON: desarrollo del módulo de energía

La clave del desarrollo del sistema de armas es lograr que, en un lapso de pocos segundos (Entre 5 y 6 segundos), se pueda generar, almacenar y entregar, una cantidad de energía de hasta 32Mj para impulsar el proyectil. Eso es una enorme cantidad de energía instantánea. Uno de los ingenieros de RAYTHEON que trabaja en el desarrollo de la unidad de almacenamiento y entrega de energía pulsada expresó: “*Si usted tiene una lámpara de 100Watts, encendida 24 horas durante 12 días, habrá entregado una potencia de 100MJ, Iluminando una habitación. Pero si esa energía es entregada en 1milisegundo, desaparecerá su casa y posiblemente la de su vecino también*”⁷⁵.

Para producir ese enorme “pulso”, la empresa RAYTHEON ha sido la contratada por la Marina de Estados Unidos a fin de diseñar el denominado “*Pulse Power Container*” (PPC). Se trata de un contenedor de 6 metros (largo) x 2,5 metros (Altura) que en su interior tiene capacitores, formados por docenas de pequeñas unidades interconectadas, denominadas

69 https://www.military.com/defensetech/2018/09/14/army-eyeing-strategic-cannon-tech-1000-mile-range.html?ESRC=dod_180921.nl

70 Sputnik news: <https://sputniknews.com/russia/201701091049399104-russia-railgun-tests/>

71 CEPTM “Mosconi”. El cañón electromagnético en la exploración espacial? <http://www.ceptm.iue.edu.ar/index.php/2017/06/02/el-canon-electromagnetico-en-la-exploracion-espacial-no-parece-ciencia-ficcion-despues-de-todo/>. Fuente original: <http://www.sciencetimes.com>.

72 Velocidad de escape: Velocidad requerida a un objeto, para poder vencer las fuerzas gravitatorias de la atmósfera terrestre. Para ello, la Energía Cinética del objeto debe superar la Energía Potencias gravitacional de la tierra, en el punto de salida. Fuente: <http://www.mathscareers.org.uk/article/escape-velocities/>

73 <https://www.britannica.com/science/escape-velocity>

74 CEPTM “Mosconi”. El cañón electromagnético en la exploración espacial? <http://www.ceptm.iue.edu.ar/index.php/2017/06/02/el-canon-electromagnetico-en-la-exploracion-espacial-no-parece-ciencia-ficcion-despues-de-todo/>. Fuente original: <http://www.sciencetimes.com>

75 <https://www.raytheon.com/news/feature/railgun>.

“Pulse Power Modules”. La función de cada uno de esos módulos es almacenar energía durante algunos segundos y ser capaz de entregarla instantáneamente. El encadenamiento de esos módulos y la liberación instantánea de energía en su conjunto, es lo que permite llegar a los 32MJ de energía liberada por disparo.

Por esa razón, la solución tecnológica que permita al conjunto ser capaz de recuperar la carga citada en pocos segundos, resulta la “clave” del sistema. Porque además, una de las exigencias del arma es que tenga capacidad para disparar 10 proy/min, lo cual implica que en menos de 6 segundos debe repetir el ciclo de almacenar y entregar instantáneamente la energía necesaria. Un desafío adicional es la forma en que se logre minimizar el efecto de la enorme “carga térmica” resultante de ese proceso cíclico de alta exigencia.

Atento a ello, quien logre desarrollar la mejor solución al “conjunto PPC” tiene ante sí la oportunidad de abastecer un mercado de enorme interés y proyección en un futuro cercano. Si bien, por ahora, solo RAYTHEON ha sido la adjudicataria seleccionada para esta parte del proyecto, empresas como GENERAL ATOMICS (GA) y L3-Applied Technologies llevan adelante sus desarrollos paralelos.

Según la opinión de especialistas, el Concepto de *Pulse Power Container (PPC)* resulta también vital para su empleo en otras plataformas terrestres porque permite, adicionalmente, escalar toda una “familia de Railgun” de entre 3 y 64 MJ. Esto abre una enorme gama de posibilidades de empleo, tales como sistemas de armas terrestres de artillería de campaña, o instalaciones fijas para la defensa costera o resguardo de sitios de interés críticos⁷⁶.

No obstante lo expresado, el desarrollo de los EMRG así como la necesidad de disponer de armas de Energía Directa (DEW), en especial Láser de Alta Energía, plantean todo un desafío de ingeniería para los desarrolladores. Es que además de concentrarse en “Arma + proyectil”, todos reconocen que el Sistema de Energía pulsada constituye la clave de la eficiencia operacional del arma.

Siguiendo esa tendencia y como mencionamos anteriormente, respecto de que estas armas fueron pensadas inicialmente para su uso naval, China contempla en el desarrollo de sus nuevas unidades navales de superficie disponer de suficiente capacidad de generación y almacenamiento de energía, capaz de satisfacer la demanda que generarán estas armas. Este país desarrolla su nuevo destructor Type 055, columna vertebral de su fuerza naval futura, equipado con una planta motriz capaz de generar una potencia de 100MW, para satisfacer la operatividad integral de la plataforma y además, las demandas de energía de los futuros sistemas de armas.⁷⁷

FIGURA 13: RAYTHEON. PROTOTIPO DE MÓDULO DE ENERGÍA - PULSE POWER CONTAINER (PPC)



⁷⁶ Por similitud a lo que actualmente se logra con sistemas de defensa aérea y misilística, tales como el PATRIOT (Estados Unidos) o el IRON DOME (Israel). Pero en los casos citados, se emplean sofisticados sistemas de misiles de un alto costo y una limitada cantidad de disparos disponibles.

⁷⁷ RUSI.org: <https://rusi.org/publication/rusi-defence-systems/potential-chinese-railgun-testing-illustrates-us-navy%E2%80%99s-biggest>.

5. Proyecto de Hipervelocidad (HVP).

Según un estudio del “*Defense Systems Information Analysis Center*”⁷⁸, organismo que ha realizado trabajos de asesoramiento para el Ministerio de Defensa de Estados Unidos, se consideran valores de “Hypervelocidad” para un Proyecto de Artillería, 1067m/s o más (MACH 3.1), en la boca del tubo cañón del arma.

Como mencionamos anteriormente, el desarrollo del HVP⁷⁹ comienza como una solución alternativa a la demanda de mayores alcances para las armas de artillería naval. Pese a ser un proyecto inicialmente concebido en relación con el EMRG y eventualmente para los cañones navales de 5” (127 milímetros), sucesivas iteraciones del proyecto EMRG⁸⁰ y los sorprendentes resultados obtenidos, mostraron que el sistema EMRG + HVP presentaba interesantes alternativas de empleo, tanto para complementar los sistemas de defensa aérea de los buques como para la artillería de campaña de las fuerzas terrestres.

Los valores de velocidad alcanzados por el EMRG para el disparo, permitieron pensar en alcances considerablemente mayores. Pero el incremento del alcance traía aparejado el problema de una mayor dispersión, que normalmente aumenta al disparar proyectiles convencionales más allá de los 35 a 40 kilómetros. Para ello, la solución a aplicar fue que el proyectil dispusiera de un adecuado sistema de guiado y control. Y es allí donde aparece el desafío tecnológico, de poder desarrollar un sistema de guiado de muy reducidas dimensiones, pero que, a su vez, sea capaz de soportar las exigencias de las aceleraciones extremas a la que será sometido en el momento del disparo. La notable evolución en el desarrollo de sistemas electrónicos miniaturizados capaces de soportar enormes esfuerzos, permitiría conformar un proyectil que, pese a ser más caro que un proyectil convencional de artillería, resulta una solución de “costo-efecto” muy conveniente.

Si bien no se conocen detalles técnicos sobre la integración del sistema de guiado, hay información acerca que el mismo se basaría en sistema GPS/INS, conectado durante el vuelo con la unidad de control en las piezas, mediante un sistema del tipo “*Two way data-link*”.

Enormes velocidades, perfil aerodinámico y reducida “*firma radar*” hacen que se puedan cubrir las distancias al blanco en tiempo extremadamente reducido, otorgando escaso o nulo aviso a las defensas del oponente. Si a ello le agregamos guiado, estamos ante un sistema revolucionario.

Los HVP se presentan así, como una nueva generación de proyectiles, con un diseño aerodinámico de muy bajo “*Drag*”⁸¹, que se posicionan como referentes de un tipo de proyectil apto para diferentes sistemas de armas de artillería terrestre o naval. En estas condiciones, los HVP podrían cumplir funciones asignadas hoy a los costosos misiles antiaéreos o antibuques con el beneficio agregado de una gran cadencia de fuego y mayor disponibilidad de proyectiles.

Debido a que el desarrollo de HVP siempre estuvo asociado a su empleo solamente en EMRG, los dos “competidores” BAE Systems y General Atomics, llevan adelante sus propios proyectos de proyectil.

⁷⁸ <https://www.dsiac.org/services/search/results?op=OR&keywords=hypervelocity+projectile>

⁷⁹ HVP (Hypervelocity Projectile), es su acrónimo en idioma inglés.

⁸⁰ También un proyecto de interés de la Marina de Estados Unidos.

⁸¹ Drag: es una fuerza mecánica, generada por el contacto y la interacción de un cuerpo sólido que se desplaza en un fluido (líquido o gas). Fuente: NASA. <https://www.grc.nasa.gov/WWW/k-12/airplane/drag1.html>

FIGURA 14: BAE SYSTEMS - HIPERVELOCITY PROJECTILE (HVP).



FIGURA 15: GENERAL ATOMICS - HIPERVELOCITY PROJECTILE (HVP)

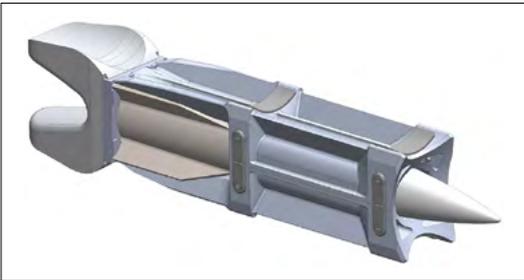
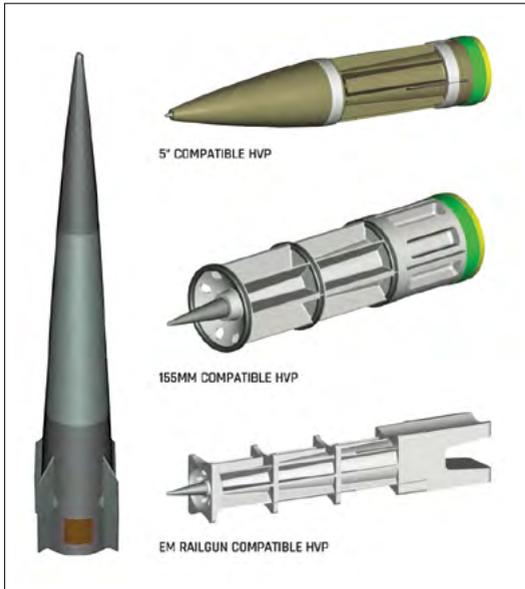


FIGURA 16: HVP - OPCIONES DE EMPLEO EN ARMAS NAVALES (PROPUESTA DE BAE SYSTEMS)



Sin embargo, ambas empresas han visualizado que resultaría un error limitar el empleo del HVP sólo al EMRG. Como mencionamos antes, existen requerimientos y posibilidades para el empleo de este tipo de proyectiles en cañones navales de 5 pulgadas, así como la artillería de campaña terrestre. En ambos casos, los estudios se orientan a un proyectil con un grado de modularidad tal, que permita su empleo tanto en los respectivos EMRG, como en otros sistemas navales o terrestres, e incluso en piezas de artillería convencionales.

Porque aún empleando pólvoras, disponer de un proyectil de 10.5 kilos de peso, con características aerodinámicas inmejorables, que duplica los alcances actuales de la munición convencional, con un sistema de guiado de extrema precisión aún siendo disparado desde las armas en servicio, y que además pueda o no configurarse con carga explosiva, resulta una alternativa verdaderamente revolucionaria para cualquier Fuerza Armada.

6. El requerimiento del Ejército de Estados Unidos para el empleo de EMRG + HVP en la artillería de campaña

Todos los ejércitos buscan permanentemente incrementar el alcance de sus fuegos de artillería. Desarrollos tales como los proyectiles ER (*Extended Range*) que emplean "Base bleed" o propulsión adicional, así como la modernización de los cañones mediante el alargamiento de sus bocas de fuego, han sido y son alternativas que se implementan como "upgrade" a los sistemas. Sin embargo, resulta difícil con las armas tradicionales lograr alcances superiores a los 35 o 40 kilómetros, incluso con el moderno y muy costoso proyectil guiado por GPS M 982 *Excalibur* cuyo alcance máximo es de 40 kilómetros en armas L39 y 50 kilómetros en L52⁸². Existen algunos desarrollos que requerirían importantes modificaciones en las piezas M777 y

82 <https://www.raytheon.com/capabilities/products/excalibur>.

M109 en servicio, tales como la extensión de los tubos y refuerzos en los sistemas de cierre, estimándose con ello poder obtener alcances cercanos a los 70 kilómetros. Pero esta opción implicaría un esfuerzo presupuestario millonario, para que en pocos años los mismos sistemas queden nuevamente “fuera de alcance”.

Se avanza también en diferentes proyectos que aún no han alcanzado un grado de madurez suficiente, tales como el caso del “*Artillery Ramjet Projectile*”, desarrollado por la empresa noruega **NAMMO**, la que asegura alcances de hasta 100 kilómetros para su revolucionario proyectil⁸³.

Denominado **HE-ExR** (*High Explosive Extreme Range*) Se trata de un proyectil de 155 milímetros que luego de disparado con su carga propulsante original, a la salida del tubo se produce el arranque de un motor cohete del tipo “*air-breathing ramjet*”, contenido en el mismo proyectil. Por similitud al concepto empleado en los misiles de crucero, esto le proporciona empuje adicional durante la trayectoria y obviamente un mayor alcance.

El desarrollo es verdaderamente revolucionario y otorga nuevas capacidades a la artillería convencional de tubo, particularmente del tipo L52 y superiores⁸⁴. Tan novedosa resulta la idea, que en EUROSATORY 2018, algunos medios expresaron: “*es algo así como disparar un misil, desde un cañón*”⁸⁵.

El Ejército y los Marines de Estados Unidos han expresado interés en el proyecto, pero lo cierto es que está siendo autofinanciado por NAMMO y se estima que recién estaría operativo hacia el 2022 o 2025.

Rusia actualmente dispone en servicio, desde el año 2016, su Obús autopropulsado de 152 milímetros, de carga automática 2S35 Koalitsiya – SV que, con munición guiada de precisión, tiene un alcance de 70 kilómetros. Y esto resulta una preocupación para la OTAN, ante un eventual conflicto en Europa.

Por todo lo expresado, desde el 2005 y los inicios del EMRG como proyecto naval, el Ejército de Estados Unidos siguió muy atentamente la evolución del programa, observando las potencialidades del conjunto EMRG + HVP. No solamente por las ventajas en términos de los mayores alcances y cadencia de fuego, sino también por los beneficios de orden logístico y de seguridad.

Observó, además, que de las dos empresas oferentes, **General Atomics (GA)** era la que avanzaba en sistemas más flexibles y modulares, con el esquema de una “familia de armas” de diferente potencia⁸⁶. Además, **GA** mantuvo el esfuerzo de investigación y desarrollo en el área, sosteniéndolo con recursos propios, gracias a la “visión” de sus directivos que transcribimos: “*Nadie puede estar en desacuerdo acerca de que los Proyectiles de Hipervelocidad, son una nueva generación de capacidades disponibles para cualquiera de las Fuerzas y por esa razón, nosotros hemos decidido seguir invirtiendo en ellas*”⁸⁷.

FIGURA 17: PROYECTIL HIGH EXPLOSIVE EXTREME RANGE - (HEEXR)



⁸³ Nammo: Bulletin: https://www.nammo.com/globalassets/pdfs/bulletin/nammo-bulletin-2018_screen.pdf, p. 16.

⁸⁴ Nammo: Bulletin: https://www.nammo.com/globalassets/pdfs/bulletin/nammo-bulletin-2018_screen.pdf, p. 16.

⁸⁵ <http://www.mynewsdesk.com/no/nammo/pressreleases/we-are-basically-launching-a-missile-from-a-cannon-2538970>.

⁸⁶ El prototipo de GA denominado BLITZER nació como una “familia de Armas” electromagnéticas, con potencias de 3 y 10 Mj.

⁸⁷ Expresión de N. Buccì, Vicepresidente de GA Missile defense Systems. Fuente <http://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2018/4/23/armys-pursuit-of--electromagnetic-railguns-heats-up>

Esto llevó a que el Ejército de Estados Unidos rápidamente iniciara los contactos para avanzar en el desarrollo de alternativas que permitieran implementar la incorporación de la tecnología del EMRG en sus grandes sistemas de apoyo de fuego. Desde entonces, GA lleva adelante un sistema "Multi-misión de mediano alcance" de hasta 10Mj, con el objetivo de obtener el arma de la dimensión adecuada, como para ser colocada en vehículos de dotación, contribuyendo así a las capacidades requeridas en el marco de sus "*Long Range Precision Fires*"⁸⁸. Por esta razón, paralelamente a que la Marina de Estados Unidos acelera el desarrollo y pruebas de su proyecto de su EMRG, el Pentágono evalúa el empleo de los HVP en piezas de artillería del Ejército de Estados Unidos, de la familia M109A6 PALADIN⁸⁹.

FIGURA 18: RAILGUN PARA LA ARTILLERIA TERRESTRE- PROYECTO DEL US ARMY.



El interés del Pentágono en acelerar el desarrollo de EMRG tiene como objetivo expandir la cantidad de plataformas desde las que se pueda emplear la capacidad letal de estos sofisticados proyectiles, con alcances superiores a los 70 kilómetros. Para ello, el HVP de 127 milímetros dispondría de un "conjunto sabot" que lo guíe convenientemente dentro del ánima del tubo de 155 milímetros.

Paralelamente, en 2016 y 2017, GA ha ensayado exitosamente su EMRG "*Blitzer*" en configuraciones de 3MJ y 10MJ. Estos ensayos sirvieron para verificar el desarrollo de módulos de energía denominados *HEPPC* (*High Energy Pulsed Power Container*). Los mismas emplean una nueva generación de capacitores y mejoras en la forma de almacenar y distribuir la energía, lo que redundará en instalaciones más reducidas y livianas, más adecuadas para su empleo en plataformas terrestres altamente móviles.

FIGURA 19: GENERAL ATOMICS. PROYECTIL "BLITZER" Y PULSE POWER CONTAINER



La posibilidad de disparar los HVP desde las armas convencionales de artillería es una opción de transición que despierta gran interés. Porque, además, la evolución en el desarrollo de propulsantes con mejores propiedades energéticas contribuirá al incremento de los alcances. Por

⁸⁸ <http://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2018/4/23/armys-pursuit-of--electromagnetic-railguns-heats-up>.

⁸⁹ <http://www.ceptm.iue.edu.ar/index.php/2017/02/14/proyectiles-de-hipervelocidad-hvp-para-la-artilleria-del-us-army/>

su parte, el desarrollo de materiales más livianos y de mayor resistencia para el conjunto Sabot, redundará en mejores prestaciones.

Además, una Batería disparando en alta cadencia, con velocidades y alcances que hasta duplicarían los actuales, sería capaz de provocar efectos devastadores en cualquier fuerza oponente, aunque ella estuviera equipada con sofisticados sistemas de contrabatería.

Complementariamente, se trabaja en la opción de una “familia de HVP”, que pudieran ser configurados con opciones de efecto terminal, como: Air-Burst; Kinetic Penetrator; High Explosive.

La última noticia disponible sobre el empleo del EMRG en el Ejército de Estados Unidos expresa que en marzo de 2018 el **Ejército de Estados Unidos y General Atomics (GA)** firmaron un contrato por tres años a fin de explorar alternativas que permitan avanzar en el desarrollo de una serie de prototipos funcionales y verificar la integración de los diferentes subsistemas, de forma tal de instalarlos en las plataformas de combate terrestres actuales y futuras de esa Fuerza⁹⁰.

7. El proyectil de Hipervelocidad (HVP): Una nueva opción de empleo común

Todo lo expresado anteriormente, nos muestra que el HVP:

- > Satisface el concepto de un proyectil de uso común y que ofrece nuevas capacidades a los sistemas de apoyo de fuego de artillería, compacto y más liviano, de diseño modular y que puede o no llevar carga explosiva.
- > Puede ser configurado para su disparo desde diferentes plataformas y con distintas misiones y además no necesita de propulsión adicional alguna para obtener mayores alcances.
- > Permite realizar disparos precisos, aún a grandes distancias, minimizando el daño colateral, con una alta cadencia de fuego y disminuyendo los riesgos propios del almacenamiento de propulsores y explosivos, para el caso de las versiones EMRG.

En su desarrollo, el HVP contempla la posibilidad de satisfacer requerimientos propios de los sistemas, tanto actuales como futuros. Por ello, ha sido pensado para ser disparado tanto desde la torre de cañones navales de 5 pulgadas MK41 estandarizada OTAN, que equipan a los más modernos buques, así como desde los futuros EMRG cuando estos sean incorporados. También se prevé que pueda ser disparado desde las piezas de 155 milímetros que equipan a los modernos buques de la clase ZUMWALT, que, como mencionamos anteriormente, han quedado sin munición para disparar, al haberse cancelado el proyecto LRLAP (*Long Range Land Attack Projectile*)⁹¹.

Pero, además, convenientemente adaptados, los HVP podrían dispararse desde las plataformas actuales de artillería de campaña de 155 milímetros con diferentes alternativas de munición.

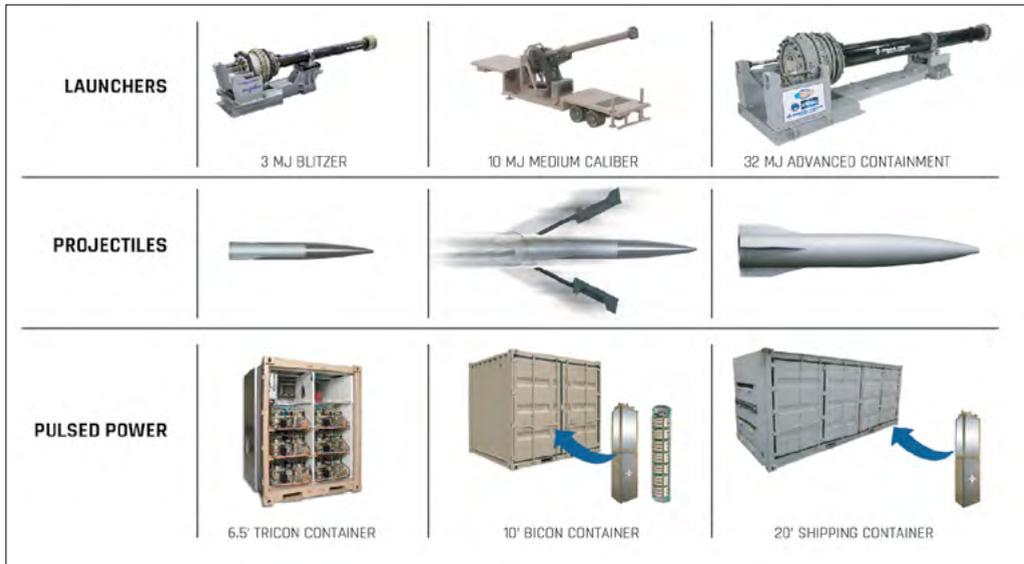
Asimismo, cuando se alcance una adecuada solución tecnológica, a la limitación que significa la disponibilidad de grandes cantidades de energía eléctrica para su funcionamiento, los EMRG formarán parte de la artillería de campaña terrestre.

Finalmente, lo determinante en el concepto del HVP es obviamente su enorme velocidad y los alcances obtenidos. Si a ello le sumamos la disponibilidad de un proyectil guiado y una alta cadencia de fuego, al programar una serie de trayectorias diferentes, se podría alcanzar la zona de blancos con verdaderos “enjambres” de proyectiles, batiendo con precisión y simultáneamente diferentes objetivos. Una capacidad que cualquier comandante táctico desearía disponer orgánicamente.

⁹⁰ <http://www.ga.com/general-atomics-awarded-army-contract-to-advance-railgun-weapon-system-technology>.

⁹¹ <http://www.ceptm.iue.edu.ar/index.php/2016/12/15/el-proyectil-guiado-de-artilleria-excalibur-que-reemplazaria-a-los-lrlap-long-range-land-attack-projectile-en-los-navios-clase-zumwalt-de-la-us-navy/>

FIGURA 20: EMRG + HVP: UNA OPCIÓN MODULAR DE EMPLEO COMÚN



8. A modo de resumen de Railgun

El sistema *Railgun* en la Marina de Estados Unidos lleva más de 10 años de desarrollo y una inversión estimada de **500 millones de dólares** en ese lapso.

A la fecha se ha logrado “validar el concepto a escala de prototipo” (*Subscale proof-off principle*), Sin embargo, se considera que no ha alcanzado aún el nivel de maduración adecuado como para pasar a la Etapa de “Prototipo final para la realización de pruebas operacionales” (*Full scale prototype for warfigting experimentation*).

Quedan aún muchos aspectos técnicos por resolver, tales como:

- > El arma propiamente dicha y su “vida útil”, a niveles que puedan considerarse aceptables, en especial todo lo relacionado a los materiales empleados en la boca de fuego y las altas exigencias que soportan.
- > El desarrollo de un adecuado *PPC (Pulse Power Container)* que satisfaga la capacidad de generación, almacenamiento y entrega de energía, en ciclos de pocos segundos para asegurar la alta cadencia de fuego requerida es un verdadero desafío que la ingeniería debe resolver satisfactoriamente, antes de poder considerar operativo el sistema de armas.
- > Mejoras en el proyectil. La eficiencia de sus sistemas de guiado, los alcances, las familias de proyectiles, su adaptación para el empleo en bocas de fuego convencionales y la integración de todo ello en diferentes plataformas navales y terrestres.

De acuerdo a la información disponible, se estima que podrían estar operativos en la **Marina de Estados Unidos** entre 2020 y 2025, y similares estimaciones son también válidas para los desarrollos por parte de **China**. Sin embargo, dada la rápida evolución de potenciales conflictos, resulta un lapso de tiempo demasiado grande como para poder concentrar todos los recursos en este desarrollo.

Por ello, si bien la Marina de Estados Unidos no ha suspendido el programa, ha tenido que fijar otras prioridades para avanzar más rápidamente en sistemas de mayor urgencia e interés que tengan además un mayor grado de madurez como las Armas de Energía Directa (DEW), particularmente el caso de los HEL (Láser de Alta Potencia) y los Misiles Hipersónicos. Como dijimos, todo ello paralelamente al desarrollo del EMRG.

En el caso de **Rusia**, su proyecto de Armas Electromagnéticas (*Aceleradores Electromagnéticos Axiales de Plasma*) es una apuesta que requiere mayores plazos, por tratarse de una tecnología no tan madura como los EMRG, pero que en caso de resultar exitosa, puede dejar en absoluta desventaja a sus eventuales competidores

No obstante las prioridades que se fijen en los países a los recursos presupuestarios, podemos afirmar que el conjunto **EMRG + HVP**, constituye Tecnologías Emergentes con capacidad de convertirse en Disruptivas, desarrolladas para obtener más letalidad, con mayor precisión, a mayores distancias, con mayor eficiencia, lo que minimiza el riesgo del almacenamiento y transporte de material explosivo y reduce, además, el daño colateral.

El **HVP** ha adquirido relevancia en sí mismo, independientemente de las armas que lo empleen. Con potencial para convertirse en un proyectil “modular” apto para su empleo tanto en EMRG, como en armas convencionales, como los cañones navales de 5 pulgadas o la artillería de 155 milímetros.

Por el momento, no existe un sistema de defensa adecuado contra el EMRG, que dispara proyectiles HVP a altos valores de MACH. El proyectil resulta demasiado veloz y también demasiado pequeño, para que los actuales sistemas de defensa aérea y misilística puedan interceptarlo. El tiempo entre que se detecta (en caso que pueda ser detectado) y la contramedida efectiva, se estima que está fuera de los tiempos de respuesta de los sistemas actuales. Por esta razón, aquel país que sea el primero en integrarlo adecuadamente en las plataformas de sus fuerzas, terrestres o navales, seguramente habrá ganado una ventaja sobre sus oponentes⁹².

Las Fuerzas Navales de las potencias citadas saben que los cañones electromagnéticos cumplirán un rol decisivo en la forma de hacer la guerra de sus plataformas de superficie, principalmente por la multiplicidad de roles que pueden cumplir: Fuego de artillería terrestre y en apoyo del desembarco – Combate naval – Defensa aérea y misilística.

De concretarse su empleo operativo, se convertirán decididamente en **Tecnologías Disruptivas** y, particularmente para el HVP, consideramos que tiene un gran potencial de crecimiento y la posibilidad de futuros desarrollos asociados, que obligarán a repensar los modos de empleo de los sistemas de apoyo de fuego de artillería.

B. LOS MISILES HIPERSONICOS: Evolución y Tendencias

1. Antecedentes

Así como en el capítulo anterior desarrollamos el concepto del **HVP** (*Hipervelocity Projectile*), esta parte del trabajo se relaciona también con la aplicación específica de las velocidades hipersónicas en Sistemas de Armas, en este caso en vectores como los **Misiles Hipersónicos**.

Muchos expertos recuerdan el 20 de agosto de 1998 cuando en el marco de la Operación “*Infinite Reach*” llevada adelante por Estados Unidos, se lanzaron misiles de crucero Tomahawk sobre un campo de entrenamiento de *Al Qaeda*, con el objetivo de neutralizar a Osama Bin Laden. Lanzado el misil desde un buque de la Marina de Estados Unidos, con velocidad crucero de 900 kilómetros por hora, tardó unas dos horas en alcanzar el objetivo pero no pudo cumplir la

⁹² <https://rusi.org/in-the-news/what-hypersonic-railgun-how-superweapon-china-may-be-building-works>

misión. Informes de inteligencia determinaron que el “blanco”, o sea el líder de Al-Quaeda, “se había retirado” hacía una hora.

Esta operación obviamente fallida, fue reconocida por Estados Unidos como el primer ataque preventivo, sobre el territorio de un país, cuyo objetivo era un “actor violento no estatal”. Seguramente si se hubiera realizado el ataque empleando un ICBM⁹³, el tiempo para alcanzar el objetivo hubiera sido menor y la misión exitosa. Sin embargo, el empleo de un ICBM, reservado como “última ratio” para el caso extremo de una confrontación con armamento nuclear a gran escala, resultaba una opción inadmisibile⁹⁴. Estados Unidos tomó conciencia entonces de que no disponía de una herramienta adecuada como para accionar “quirúrgicamente” sobre objetivos estratégicos puntuales, sin que ello provocara una crisis de gran magnitud.

Aparece entonces la necesidad de un nuevo sistema de armas apto para ese tipo de misiones y es allí donde la tecnología de armas hipersónicas se presenta como una solución apropiada.

Las armas hipersónicas constituyen una nueva clase de sistemas letales, diseñados para ser capaces de atacar en un tiempo escaso y penetrar los sistemas de defensa aérea existentes, disminuyendo así los tiempos y la capacidad de respuesta del oponente ante un ataque.

El principal elemento diferenciador de los vehículos hipersónicos es su velocidad, aspecto que impulsa el interés por explorar sus variados campos de aplicación en el ámbito militar, con características potencialmente disruptivas.

FIGURA 21: MISILES HIPERSONICOS



93 ICBM: Intercontinental Ballistic Missile.

94 Una vez producido el lanzamiento de un ICBM, sus características y configuración exterior, en general no permiten discriminar si se trata o no de un ataque “nuclear”. Por ello, para la parte agredida resulta difícil resolver correctamente el tipo de respuesta que debe adoptar (Convencional o Nuclear). Esto podría dar lugar a una respuesta nuclear “no deseada” y eventualmente una escalada de consecuencias catastróficas.

Un misil hipersónico que se desplaza a cinco veces la velocidad del sonido o más (> MACH 5) posee en un solo arma, la formidable combinación de: **Velocidad – Letalidad – Supervivencia – Alcance**.

Velocidades de escala hipersónica, mayores alcances y en armas cada vez más pequeñas, se presentan entonces como la opción de disponer, tanto en el marco estratégico como táctico, de nuevas alternativas para ser más letales, a mayores distancias y con mayor autonomía.

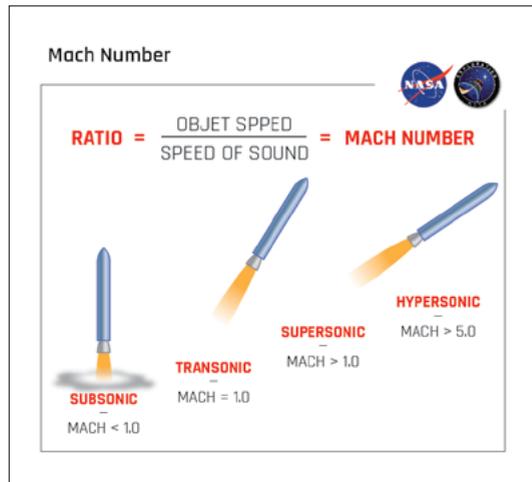
Por todo lo expresado, de la gama de Tecnologías potencialmente Disruptivas (TD) que están emergiendo hoy, la de armas hipersónicas es una de las que se presentan como más promisorias en el campo de los sistemas letales de gran alcance.

Particularmente, en esta parte del trabajo nos referiremos a los llamados misiles hipersónicos, o sea aquellos vectores letales que, autopropulsados o no, se desplazan a velocidades varias veces superiores a las del sonido.

Según la definición del “*Military Standardization handbook – Glossary of guided Missile Technology*” (1966) del Ministerio de Defensa de Estados Unidos⁹⁵, hipersónico es aquel objeto que se desplaza a muy alta velocidad, entendiéndose por ello velocidades superiores a MACH 5 (1.72km/s).

Los orígenes del desarrollo de la tecnología de vuelo a “velocidades hipersónicas”, se remonta a varias décadas atrás, relacionada inicialmente con la actividad Aeronáutica y Espacial. Para el sector aeronáutico siempre fue un objetivo volar más rápido, más lejos, de manera más eficiente y a menores costos. Podemos citar que en la década de los 80, Estados Unidos ejecutó un programa específico para desarrollar aeronaves que pudieran volar en régimen hipersónico, con la finalidad de emplearlas en el transporte comercial de pasajeros. Este programa fue llamado “*National Aerospace Plan*” (NASP) y en 1986 el Presidente de Estados Unidos (R. Reagan) manifestó la posibilidad de realizar vuelos desde Nueva York a Tokio en 2 horas. Esto llevó a la idea de que era factible poder implementar la utilización de la tecnología de velocidades hipersónicas, en plataformas de transporte de pasajeros⁹⁶. Pero la realidad es que NASP fue cancelado en 1992, al demostrarse que se trataba de una tecnología de enorme complejidad y con costos no admisibles en ese momento que permitieran avanzar en la posibilidad de su difusión masiva en el mercado de aeronaves comerciales. Sin embargo, el conocimiento y la experiencia adquiridos en esos 10 años de investigación proporcionaron bases sólidas de gran utilidad para desarrollos posteriores.

FIGURA 22: REGÍMENES DE VELOCIDAD DE VUELO



⁹⁵ *Military Standardization handbook – Glossary of guided Missile Technology*” (1966) Departamento de Defensa de Estados Unidos. <http://www.everyspec.com>.

⁹⁶ JAPCC. Journal edition Nro 24 (2017)- H.L Besser, D. Gogge, M. Huggins, A. Shaffer, D. Zimmer. “Hypersonic vehicles: game changers for future warfare?”

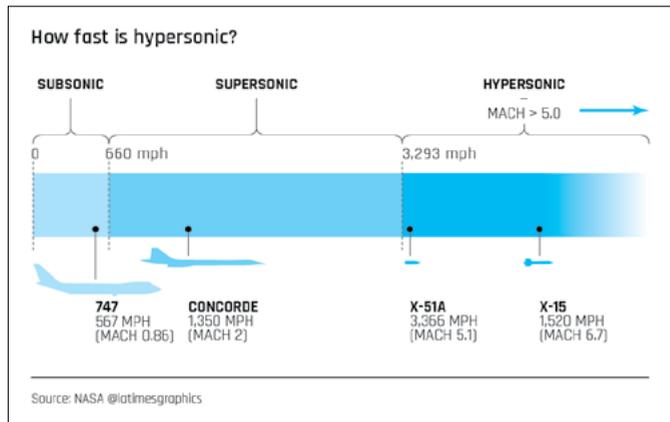
Para el sector de la investigación espacial, alcanzar las velocidades necesarias que permitan a un vector poder salir de los confines de la atmósfera terrestre siempre fue un objetivo soñado. Como mencionamos en capítulos anteriores, quien desee dominar el espacio debe poder alcanzar la denominada "velocidad de escape"⁹⁷, o sea la velocidad que debe tener el vehículo para superar las fuerzas gravitacionales. Alcanzar esa velocidad, sostenerla y ser capaz de soportar las cargas termomecánicas derivadas del desplazamiento en la atmósfera, así como la fase de reentrada y regreso a la superficie terrestre resultaron, desde los orígenes, un gran desafío para los desarrollistas.

Si bien se trata de una tecnología de evidente "uso dual", lo cierto es que aquellos países que logran su dominio, normalmente cambian sus intenciones y piensan en el otro empleo: el militar. Por ello, el conocimiento y experiencia que adquirieron aquellos que lograron "manejar" las tecnologías, derivaron rápidamente en la idea de su aplicación en el ámbito de la defensa, en especial para las armas letales. Para el marco estratégico, ya estaban los costosísimos ICBM desarrollados durante la "*Guerra fría*", con el concepto de su empleo como "*alternativa final*" o réplica ante una agresión previa, en general de carácter nuclear. En cierta medida, su devastador poder garantizaba su "*no empleo*", salvo como réplica con consecuencias catastróficas en todos los casos. Para el marco táctico, la posibilidad de desarrollar vectores más pequeños, pero con la capacidad de desplazarse a esas velocidades, derivó rápidamente en la aplicación de estas tecnologías, para su empleo en misiones de menores alcances.

Actualmente, y con tendencia cada vez más creciente, la posibilidad de conflictos convencionales en menor escala es muy grande y ello justifica ampliar el espectro de empleo de la tecnología de armas hipersónicas. Y un arma capaz de batir un blanco puntual, en muy escaso tiempo, con gran maniobrabilidad y difícil de detectar y neutralizar por su velocidad extrema constituye una herramienta invaluable incluso para cualquier comandante táctico.

Sobre la base de esta idea, ya en 1999, DARPA⁹⁸ inició un programa denominado "*Affordable Rapid Response Missile Demonstrator*"⁹⁹ para desarrollar el concepto de un Misil de Crucero Hipersónico de Largo Alcance y presentarlo en vuelo por primera vez. Posteriormente, luego de los sucesos del ataque al WTC¹⁰⁰ el 11 de septiembre de 2001, **Estados Unidos** llevó adelante su

FIGURA 23: ESQUEMA COMPARATIVO DE VELOCIDADES DE VEHÍCULOS AÉREOS



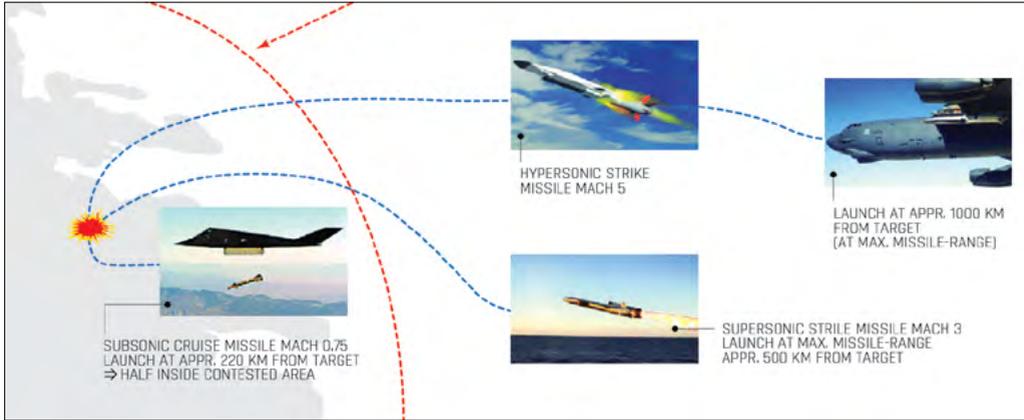
⁹⁷ Velocidad de escape: Es la mínima velocidad necesaria para que un objeto pueda escapar de la fuerza gravitacional de la tierra, producto de su masa. Esa velocidad de escape es de 11.186 km/s (40,270 km/h), medida a nivel de la superficie. Fuente: <https://www.britannica.com/science/escape-velocity>.

⁹⁸ DARPA (Defense Advanced Research Program Agency). Agencia de Programas de Investigación Avanzada del Departamento de Defensa de EUA.

⁹⁹ Johns Hopkins APL (1999). "Affordable hypersonic missile for a long range precision strike". Technical Digest Vol 20, Nro 3.

¹⁰⁰ WTC: World Trade Center (New York).

FIGURA 24: DISTANCIAS DE EMPLEO DE ARMAS HIPERSÓNICAS



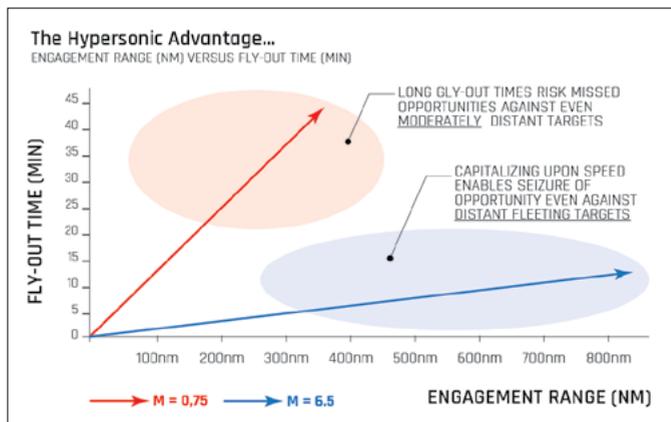
estrategia enmarcada en el Programa denominado “*Prompt Global Strike*”¹⁰¹. Esta iniciativa tenía por objetivo desarrollar la capacidad “*No Nuclear*”, para destruir blancos estratégicos con gran precisión, al momento de ser localizados, en cualquier punto del planeta y en un tiempo breve, sin necesidad de recurrir a los ICBM¹⁰². Los más ambiciosos requerían que el sistema fuera capaz de destruir, de manera “no nuclear”, cualquier amenaza, en cualquier punto del planeta, en menos de una hora.

Lo que impulsaba entonces con fuerza el Programa “*Prompt Global Strike*”, era lo siguiente:

- > Se disponía del *Know how* para disparar con gran PRECISIÓN. (armas guiadas).
- > Se disponía del *Know how* para alcanzar blancos a grandes DISTANCIAS. (ICBM – Bombardeos Estratégicos – Submarinos Nucleares).
- > Se requería acortar el TIEMPO para neutralizar un nuevo tipo de blancos puntuales.

El TIEMPO era sobre lo cual se debía enfocar el esfuerzo de investigación y desarrollo y, sin lugar a dudas, la mejor alternativa la ofrecían las Armas Hipersónicas. Porque como ya mencionamos anteriormente, la formidable combinación de: **Velocidad – Letalidad – Precisión – Super-**

FIGURA 25: RELACIÓN ALCANCE / TIEMPO: PRINCIPAL VENTAJA DE LAS ARMAS HIPERSÓNICAS



101 Congressional Research Service. A.Woolf. (2011). “Conventional Prompt Global Strike and Long-Range Ballistic Missiles: Background and Issues”.

102 <http://www.themoscowtimes.com/business/article/russian-fear-of-u-s-hypersonic-missiles-threatens-new-arms-race/515863.html>.

vivencia – Alcance que tienen estas armas, es una capacidad “deseable” para todos los niveles de la conducción.

Esta capacidad solo podría obtenerse mediante el empleo de misiles que desarrollaran velocidades por encima de lo convencional, instalados en plataformas terrestres, aéreas o navales, desplegadas alrededor del mundo y en condiciones “*Ready to fire*”.

Obviamente, **Rusia** tomó esta acción de Estados Unidos como una amenaza potencial a su propio sistema de ICBM, que quedaba así en desventaja y en condiciones de ser neutralizado en un plazo breve, mediante una acción “*preventiva - no nuclear*” por parte de Estados Unidos. **China** comprendió también cuál era la amenaza potencial de estas nuevas tecnologías.

Los motivos que justificaban esa preocupación eran:

- > Estas armas podrían ser empleadas en un rango entre medias a muy largas distancias, desde plataformas aéreas, terrestres o navales, de superficie o submarinas.
- > Desde cualquier punto del planeta con múltiples alternativas de empleo, para neutralizar desde un pequeño pero vital puesto de comando, hasta una importante instalación industrial, clave para el esfuerzo logístico del oponente.
- > Que, asimismo, son difíciles de contrarrestar, por no estar adaptados los actuales sistemas de defensa aérea, a las velocidades de aproximación de los vectores y su alta maniobrabilidad.
- > Pero, por sobre todo, con un grado de flexibilidad en un solo sistema, que lo hace apto para la ejecución de diferentes tipos de misiones.

A partir de ese momento, podríamos decir que el desarrollo de armas hipersónicas tanto en **Estados Unidos** como en **Rusia**, recibió un nuevo impulso que ya no se detendrá y al que se han ido sumando progresivamente nuevos actores como **China** e **India**.

Todo esto hace que, en caso de concretarse el pasaje de estas armas a la fase de “sistemas operativos”, estemos ante una serie de tecnologías emergentes, con capacidad de convertirse en verdaderas “tecnologías disruptivas”, tanto para sistemas de armas ofensivas o defensivas.

2. Estado del Arte - Clasificación

Los países mencionados anteriormente son los que llevan adelante su esfuerzo de investigación y desarrollo en estas tecnologías. Recordemos nuevamente que los vehículos hipersónicos pueden ser: naves espaciales, aeronaves de uso militar o civil, sistemas aéreos no tripulados, así como vectores (misiles), siendo éstos últimos nuestro objeto de estudio.

En el año 2016, en el marco del “**Applied Vehicle Technology (AVT) Panel**” del “*NATO Science & Technology Symposium on the Future warfare*”(2016)¹⁰³, se trató el tema del vuelo hipersónico, los avances alcanzados en las tecnologías concurrentes y los futuros desafíos en C&T, relacionados con el área. Además, se exploró la factibilidad, beneficios, recursos necesarios y tiempo para dominar estas tecnologías, así como las posibilidades de aplicaciones militares futuras. Obviamente, el alcance del citado simposio abarcó todos los aspectos relacionados con el vuelo hipersónico, incluyendo el área de las aeronaves de empleo militar, lo cual excede los objetivos de este trabajo. Sin embargo, resulta de interés la lectura de lo tratado en dicho simposio, para quien quiera ampliar conceptos sobre el tema¹⁰⁴.

¹⁰³ NATO Science & Technology Organization, 'NATO S&T SYMPOSIUM – The Future of Warfare', Technical Evaluation Report, 2016 [Disponible en el sitio <http://www.sto.nato.int>].

¹⁰⁴ “Hypersonic vehicles: game changers for future warfare?”. https://elib.dlr.de/113912/1/Hypersonic%20Vehicles%20-%20JAPCC%20Journal%20-%20Volume%2024_2017.pdf.

A grandes rasgos, podemos decir que los misiles hipersónicos, vuelan normalmente a alturas superiores a los 27.000 metros (*unos 90.000pies*) y a velocidades superiores a MACH 5. Sin embargo, la mayoría de los programas destinados al desarrollo de esta tecnología tiene como objetivo alcanzar velocidades de entre MACH 5 - 20 y superiores.

Si bien esas características les otorgan enormes ventajas, generan, a su vez, requerimientos particulares tanto de diseño como de performance que normalmente no son necesarios para vectores que operan en el rango de subsónico / supersónico.

Los desarrolladores deben considerar una serie de factores de vital importancia¹⁰⁵:

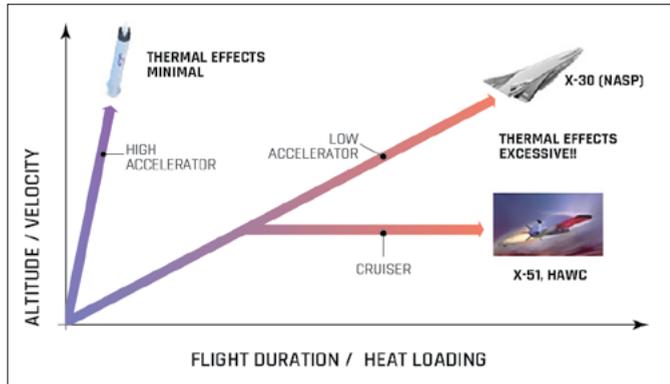
- > Performance cinemática del vector.
- > Materiales empleados en la estructura capaces de resistir las exigencias termomecánicas.
- > Sistemas de navegación y control aptos para estas velocidades extremas.
- > Compatibilidad con las plataformas de lanzamiento. (Aérea – naval – terrestre).
- > Requerimientos del blanco. (Pero adecuada flexibilidad para batir diferentes tipos).
- > Capacidad de supervivencia a las contramedidas del oponente (difícil de detectar – maniobrabilidad – adecuadas CME, etc.)
- > Letalidad de la carga.

El “*know how*” de la tecnología de vuelo hipersónico es un tema de enorme complejidad que excede el alcance del presente trabajo, pero a modo de apretada síntesis, podemos decir que a velocidades hipersónicas, las consideraciones relacionadas con las temperaturas alcanzadas por las partes de la estructura moviéndose en el aire, resultan de una importancia equivalente a los aspectos aerodinámicos o estructurales.

Hacia 1920 o 1930 los científicos ya habían descubierto la posibilidad de alcanzar velocidades de hasta MACH 5 y, a esas velocidades, determinaron que la temperatura del aire cambiaba la dinámica del vuelo típica de otros regímenes. A velocidades de hasta MACH 10, este fenómeno cambia además las magnitudes de las Fuerzas generadas por el aire sobre el vehículo. A velocidades superiores a MACH 10, las moléculas de aire llegan a romperse, formando una lámina de plasma cargada eléctricamente alrededor de la nave¹⁰⁶, lo que genera una serie de efectos diferentes a los de la aerodinámica convencional.

Recordemos que las fuerzas aerodinámicas que actúan sobre un objeto desplazándose en el aire son la Fuerza de Sustentación (*Lift*) y la Fuerza de Resistencia al desplazamiento (*Drag*)¹⁰⁷.

FIGURA 26: EFECTOS DE LAS TEMPERATURAS ASOCIADOS A LA DURACIÓN DEL VUELO



¹⁰⁵ Idem.

¹⁰⁶ Mitchell Institute for Air Power Studies. (2010). R. Hallion. "Hypersonic Power Projection". https://secure.afa.org/Mitchell/reports/MP6_Hypersonics_0610.pdf

¹⁰⁷ Drag: Es una fuerza mecánica generada por la interacción y contacto de un cuerpo sólido, que se desplaza en un fluido (líquido o gas). Fuente: NASA.

La relación entre las mismas, denominada “Lift to Drag ratio” (L / D) y constituye un valor clave para determinar el grado de eficiencia aerodinámica de un aeronave¹⁰⁸. Un alto valor de L/D, indica que la aeronave produce una gran Fuerza de Sustentación (L), respecto de la Fuerza de Resistencia al desplazamiento (D)¹⁰⁹.

Particularmente, para el diseño y construcción de vehículos hipersónicos, se requiere un especial tratamiento de estos parámetros (L/D), distinto al contemplado para el vuelo en otros regímenes. Las fuerzas actuantes, el rozamiento y las temperaturas pasan a tener una influencia preponderante en el diseño, así como el tratamiento de todo lo relacionado con las ondas de choque que se generan y su interacción con el vehículo a estas grandes velocidades¹¹⁰.

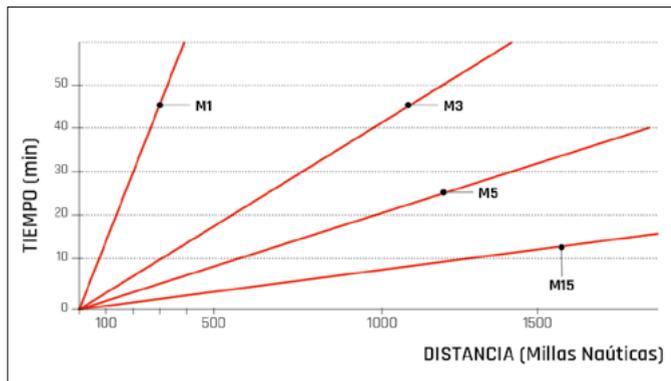
En los últimos años se han desarrollado vehículos aptos para alcanzar el objetivo de desplazarse a grandes velocidades y en Estados Unidos se los suele denominar “Wave raiders”. Se trata de vehículos que aprovechan las mismas ondas de choque generadas por su desplazamiento, para mejorar su performance aerodinámica. Resultan muy eficientes en régimen de altas velocidades, debido a que las ondas de choque permanecen extremadamente cerca de la superficie, una cualidad deseable en el vuelo hipersónico¹¹¹.

En relación con las velocidades, en el trabajo USAF - Scientific Advisory Board. (2000) “Why and Whither Hypersonics Research in the US Air Force”, podemos observar un interesante cuadro que expone la relación entre los tiempos de vuelo y el alcance de los sistemas, según las velocidades hipersónicas que se desarrollan¹¹². Permite definir cuál es la combinación de “tiempo disponible (efecto sorpresa)” versus “distancia objetivo”, que hace admisible el empleo de armas hipersónicas.

Otro aspecto de interés a destacar es que la investigación y desarrollo en estas tecnologías normalmente se lleva a cabo en ciclos. Y esos ciclos son altamente dependientes del interés de las autoridades militares / políticas en el tema, así como de los presupuestos disponibles. Pero como regla general y aunque no siempre exista continuidad, los resultados de una determinada etapa aportan enorme experiencia y formación específica, en especial a los recursos humanos, lo que siempre resulta de gran utilidad para el desarrollo de los modelos siguientes.

El proceso es lento y costoso y requiere de un gran trabajo de diseño, modelización, simulación, ensayos estáticos y dinámicos en túneles de viento, antes de poder avanzar en pruebas de

FIGURA 27: RELACIÓN ENTRE EL TIEMPO DE VUELO Y EL ALCANCE DE LOS SISTEMAS A DIFERENTES VELOCIDADES SUPER / HIPERSÓNICAS.



¹⁰⁸ <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/lldrat.html>.

¹⁰⁹ Como resultado de ello, el vehículo requerirá menos Fuerza de empuje (Thrust) para desplazar a igual velocidad un determinado Peso (Weight)

¹¹⁰ Mitchell Institute for Air Power Studies. R. Hallion (2010). “Hypersonic Power Projection”. Fuente: https://secure.afa.org/Mitchell/reports/MP6_Hypersonics_0610.pdf

¹¹¹ N. Carolina AT&T Univ / Michelin America. H. Lindsay, F. Ferguson, H. Apdin. “Hypersonic vehicle construction & Analysis”. H. Lindsay, F. Ferguson, H. Apdin.

¹¹² USAF – Scientific advisory Board (2000). “Why and Whither hypersonic Research in US Air Force”.

campo en prototipos. Respecto a los túneles de viento, son muy pocos los países que disponen de túneles de viento adecuados para realizar ensayos a altos números de MACH. Y, en general, muy pocos disponen de túneles de viento a escala real, por lo que la simulación y las nuevas herramientas en ese campo juegan un papel fundamental. Completadas las etapas de laboratorio, comienzan los ensayos de vuelo reales, donde se verifica el comportamiento de nuevos materiales y componentes. Además de ello, los ensayos resultan imprescindibles para verificar el comportamiento de los sistemas de navegación y control, así como la propulsión¹¹³.

Relacionado específicamente con nuestro ámbito de estudio, hay un trabajo muy completo realizado en el año 2017 por la **RAND Corporation**, denominado “*Hypersonic Missile Non - proliferation*”¹¹⁴. En el mismo se realiza un detallado análisis de los países que han abordado estas tecnologías, las inversiones, equipamiento asociado y los logros alcanzados en esta área.

Podemos afirmar, entonces, que la tecnología de vuelo hipersónico es un área en la que las potencias avanzan aceleradamente a fin de aplicarlas a sistemas de armas letales.

Estados Unidos, China, Rusia y, en menor escala, **India** (asociada con Rusia), llevan adelante programas de investigación y desarrollo de gran escala, específicamente relacionados con los Vectores Hipersónicos de empleo militar. Todos estos países buscan alcanzar la supremacía y posicionarse en una situación ventajosa sobre sus eventuales oponentes. A tal punto llega la preocupación e interés en ellas, que el Subsecretario de Investigación e Ingeniería del Departamento de Defensa de Estados Unidos, Michael Griffin, ha expresado “*Estados Unidos no ha estado haciendo todo lo necesario para responder a la amenaza de los misiles hipersónicos*”¹¹⁵. Las autoridades de estos países reconocen que el dominio de la tecnología de “hipersónicos” ofrece soluciones concretas y potenciales aplicaciones que tendrán un enorme impacto en la doctrina y organizaciones de la defensa y, por lo tanto, ventajas para quien las posea. Por esa razón, también otros países como **Australia, Alemania, Francia, Israel, Japón e Irán**, aún en una escala más modesta, llevan adelante también sus propios programas relacionados con el empleo en misiles¹¹⁶.

En todos los casos, podríamos decir que las alternativas de desarrollo se orientan a tres tipos de tecnologías relacionadas con el “vuelo en régimen hipersónico”:

- a. **Air breathing HW**: Se emplean los denominados “*Supersonic Combustion Ramjet*” (SCRJ). Utilizan el concepto de propulsión de los Misiles de Crucero, pero en este caso con motores denominados “*Air-breathing*”¹¹⁷. Se trata de los típicos motores jet, en los que el aire ambiente ingresa a velocidad supersónica al motor, siendo forzado en distintas etapas y que, combinado en especiales condiciones de P y T en la cámara de combustión, su expansión a velocidad hipersónica por la tobera, genera una fuerza propulsora de gran magnitud y eficiencia. La mayor parte del flujo másico de los gases se obtiene a través de esa combinación de aire ambiente con el combustible almacenado.

113 JAPCC. Journal edition Nro 24 - H.L Besser, D. Gogge, M. Huggins, A. Shaffer, D. Zimper. “Hypersonic vehicles: game changers for future warfare?”, 2017.

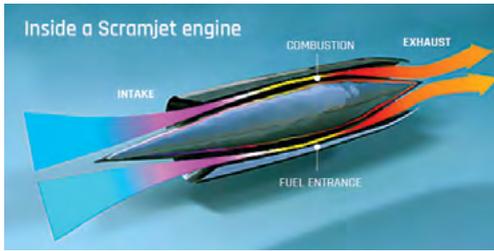
114 RAND Corp. Richard H. Speier, George Nacouzi, Carrie A. Lee, Richard M. Moore. “Hypersonic Missile non- proliferation: Hindering the spread of a new class of weapons”, 2017.

115 Breaking defense: “Falling behind DOD scrambles to buy Tech faster”, 2018, p. 12.

116 JAPCC. Journal edition Nro 24 - H.L Besser, D. Gogge, M. Huggins, A. Shaffer, D. Zimper- “Hypersonic Vehicles: game changers for a future warfare?”, 2017.

117 “Air-breathing”: Se trata de motores jet que emplean el aire ambiente para obtener el oxígeno necesario para el proceso de combustión. El aire que ingresa por la parte frontal es comprimido e impulsado hacia la cámara de combustión, donde adecuadamente combinado con el propelente genera gases que son expulsados a grandes velocidades por una tobera en la parte posterior, generando así la fuerza propulsiva.

FIGURA 28: ESQUEMA DE AIR-BREATHING SCRAMJET ENGINE



Si bien el principio de funcionamiento del Scramjet es relativamente simple, su puesta en ejecución en régimen hipersónico es muy compleja y plantea una cantidad de desafíos: entre otros, la mezcla aire - combustible a velocidad supersónica, así como una adecuada disipación de la temperatura, dada tanto por el desplazamiento a grandes velocidades del vector en el aire, como por el calor generado por la combustión. Por esa razón la canalización del aire y las velocidades al ingreso deben ser contro-

ladas de manera tal de evitar que picos de temperatura provoquen el colapso del motor. Todas las superficies que participan en la canalización del flujo de aire circulante y, principalmente, las que habilitan el paso del mismo a través del motor, son consideradas partes clave en la performance integral del Scramjet. Por esa razón, la integración adecuada de la estructura y el sistema de propulsión de cualquier vehículo aéreo que vuele el régimen hipersónico son críticas para poder alcanzar altos niveles de rendimiento.

De acuerdo a lo expresado por los expertos, el mayor desafío tecnológico que presenta la tecnología de vuelo hipersónico, es el manejo adecuado de las temperaturas extremas propias de la operación del sistema¹¹⁸. A esas velocidades, el aire que ingresa ya lo hace a elevadas temperaturas, debido a la fricción con las partes del motor, por lo que en la cámara de combustión se pueden alcanzar valores de hasta 5.000° F, si no son adecuadamente controladas¹¹⁹. Además, a esas temperaturas la mayoría de los metales se funde y tanto el aire como el combustible se ionizan, resultando así su comportamiento impredecible. Por ello, un adecuado manejo de las temperaturas y materiales de gran resistencia y buena disipación del calor resultan fundamentales¹²⁰.

El desarrollo de estos vectores, se orientó inicialmente a su lanzamiento desde plataformas aéreas que operan en régimen supersónico, lo que permite que al desprenderse de la aeronave, el vector ya se desplaza a velocidad supersónica. Emplean además como *booster*, un motor cohete que lo acelera hasta alcanzar regímenes de supersónico alto (> MACH 4.5) y en ese momento se produce el arranque del motor Scramjet, garantizando así la eficiencia en el funcionamiento en régimen hipersónico. Obviamente, estos vehículos necesitan desplazarse principalmente en “baja atmósfera” para garantizar el suministro de aire que permita el adecuado funcionamiento del régimen de combustión particular del motor. Pero, a su vez, lograr que un objeto vuele a velocidades hipersónicas dentro de la atmósfera terrestre, empleando motores del tipo “air-breathing” es un aspecto de gran complejidad tecnológica que todos los desarrolladores buscan resolver.

Para quien desee incursionar en algunos aspectos técnicos específicos, sugerimos consultar la presentación del AIR FORCE RESEARCH LABORATORY (AFL) W.U. Borger (2007) “*Disruptive Technology: Hypersonic Propulsion*”¹²¹.

118 Fuente: N. Carolina AT&T Univ / Michelin America. H. Lindsay, F. Ferguson, H. Apdin. “Hypersonic vehicle construction & Analysis”. H. Lindsay, F. Ferguson, H. Apdin.

119 Idem.

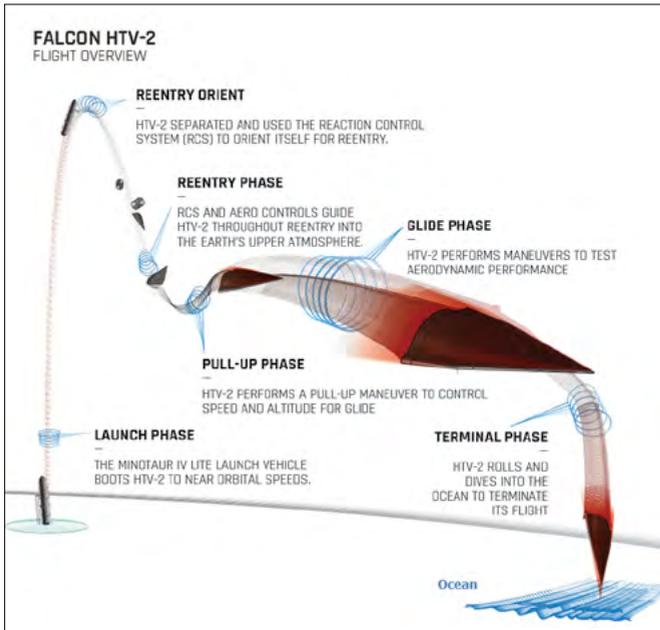
120 Idem.

121 AFL W. U. Borger. “Disruptive Technology: Hypersonic Propulsion” Fuente: <https://ndiastorage.blob.core.usgovcloudapi.net/ndia/2007/disrupt/Borger.pdf>, 2007.

b. Boost Glide Vehicle - Hypersonic Glide Weapons (HGV):

Son vehículos hipersónicos que *no disponen de propulsión propia*. Generalmente son lanzados empleando un cohete que cumple las funciones de *booster*, hasta alcanzar alturas cercanas al límite de la atmósfera (del orden de 100 kilómetros). Allí, el HGV se separa del cohete e inicia el proceso de reentrada hacia la atmósfera. Al no disponer de ningún sistema de propulsión propio, mediante el empleo de sus excepcionales condiciones aerodinámicas, comienza un planeo (*Glide*) de descenso hacia la superficie terrestre, a velocidades de entre MACH 8 / 10 y superiores¹²².

FIGURA 29: CONCEPTO DE FUNCIONAMIENTO DE HIPERSONIC GLIDE VEHICLE (HGV)



Si bien el hecho de no requerir propulsión para la etapa del “*Glide*” significa una ventaja, lo cierto es que la transición entre ambas etapas (Propulsión – *Glide*) constituye un aspecto crítico en el desarrollo, tratado específicamente con el nombre de “*Initial Glide Conditions*” (IGC). Las condiciones en que el HGV inicie esa etapa, adecuadamente estabilizado luego de desprenderse del *booster*, determinarán su comportamiento y maniobrabilidad durante la etapa de vuelo hacia el objetivo. Para la etapa del planeo (*Glide*), el HGV dispone de sofisticados sistemas de guiado y control que le permiten seguir una trayectoria que resultará impredecible para el enemigo. Tiene además la capacidad de manio-

brar evasivamente, a fin de vulnerar y evitar los sistemas de defensa aérea del enemigo. Y todo ello a velocidades hipersónicas.

Esto los convierte en una herramienta verdaderamente disruptiva, que replantea absolutamente la organización y doctrina de empleo de los sistemas de defensa aérea convencionales, cuyo ciclo de detección - adquisición - neutralización está diseñado para hacer frente a amenazas que vuelan en otros regímenes de velocidad, con trayectorias más predecibles. Además, estas características le otorgan una gran capacidad de supervivencia.

La etapa de *Boost* se realiza empleando motores de vectores que pueden ser de mediano alcance, ya que en un principio, estos misiles fueron pensados para batir objetivos también en el marco táctico, satisfaciendo necesidades de precisión *strike*. Tienen la ventaja, además, de poder alcanzar su objetivo con altísimas velocidades al momento del impacto

¹²² La idea de emplear un cohete para impulsar un “Vehículo de re-entrada” (RV), capaz de “planear” luego en su trayectoria descendente a velocidades superiores a MACH 5, se remonta a 1930’s, cuando esto fue propuesto por el ingeniero aeronáutico Austríaco Eugen Sanger. Fuente: <https://www.britannica.com/biography/Eugen-Sanger>

y basan su efecto terminal exclusivamente en la energía cinética propia del vector, prescindiendo así del empleo de una cabeza de guerra explosiva.

Esta tecnología de misil hipersónico pareciera presentarse como la más promisoriosa y con mayores potencialidades, por lo que gran parte de los proyectos actuales “de envergadura” en esta área están orientados al desarrollo de vectores del tipo *Boost Glide*.

c. Intercontinental Ballistic Missile (ICBM)

Son también vectores hipersónicos los enormes y muy costosos ICBM, con alcances de miles de kilómetros y desarrollados para una confrontación de tipo nuclear. Buscan alcanzar grandes alturas más allá de la atmósfera siguiendo una trayectoria impulsada y luego balística, predeterminadas. Reingresan a la atmósfera a velocidades hipersónicas, desprendiéndose el/los Vehículos de reentrada (RV) para dirigirse a su objetivo sobre la superficie. Estos RV pueden estar constituidos por uno o múltiples vectores, transportados por una misma cabeza y que, luego de su separación, continúan en descenso *glide* o balístico simultáneamente y con misiones particulares sobre diferentes blancos. También son parte de este tercer grupo los EKV (Exo-atmospheric Kill Vehicle), desarrollados para neutralizar los ICBM en su trayectoria. Particularmente el caso de **ICBM** y **EKV** no son objetivo del presente trabajo.

3. Principales proyectos de misiles hipersónicos

El carácter “confidencial” que los países imponen a estos proyectos solo permite describir solamente algunos de ellos, en base a la información pública disponible, acerca del estado de desarrollo, grado de avance y previsiones de empleo en el área de vectores de uso militar.

Como mencionamos anteriormente, existen desarrollos de misiles de crucero hipersónicos, dentro de la familia de *Air-breathing* como el caso del misil indio/ruso BRAHMOS, destinados particularmente a satisfacer necesidades en el campo táctico/ operacional, en el rango de cortos y medianos alcances¹²³. Sin embargo, los desarrollos de mayor envergadura en el área se orientan a las tecnologías del tipo *Boost glide* (HGV)¹²⁴. Una de las razones es la ventaja que otorga poder independizarse de las complejidades que implica la propulsión del vector, especialmente cuando se requiere volar a altos regímenes de MACH y larga duración.

FIGURA 30: PRINCIPALES TENDENCIAS EN DESARROLLO DE MISILES HIPERSÓNICOS



¹²³ Existen diversas clasificaciones posibles para los misiles en función de sus alcances. Tomando como referencia la presentada por "Arms Control Association" (Es la empleada por EUA), se agrupan en: Corto alcance: Menor a 1000 km – Mediano alcance: 1000 / 3000km – Alcance intermedia: 3000 / 5500Km – Largo Alcance (ICBM): > a 5500Km. Fuente: <https://www.armscontrol.org/factsheets/missiles>. La clasificación empleada por Rusia relaciona los alcances con los campos Táctico – Operacional – Estratégico. La misma se puede consultar en: <https://fas.org/nuke/intro/missile/basics.htm>.

¹²⁴ JAPCC. Journal edition Nro 24 (2017)- H.L Besser, D. Gogge, M. Huggins, A. Shaffer, D. Zimmer- "Hypersonic Vehicles: game changers for a future warfare?"

Los HGV tienen la ventaja de poder complementarse para la etapa de *boost* con motores cohete ya desarrollados, suficientemente probados, con stocks en los arsenales de los países que los desarrollan y en condición operativa. Su única función es propulsar el HGV fuera de los límites de la atmósfera y a partir de allí, que el mismo cumpla en forma independiente su misión.

a. Estados Unidos de Norteamérica:

El achicamiento de la brecha tecnológica, entre las capacidades de **Estados Unidos** y sus principales competidores **Rusia** y **China** es un tema de preocupación tanto para el Pentágono como para los líderes del Congreso de Estados Unidos por la pérdida del liderazgo y ventajas en el área. Según la información que se ha podido confirmar, en los últimos años, China ha conducido 20 veces más ensayos de misiles hipersónicos que Estados Unidos.

Por su parte, el Presidente de Rusia, Vladimir Putin, ha expresado que su país desarrolla misiles de crucero hipersónicos, que progresivamente están siendo sometidos a exhaustivos ensayos. Estos anuncios han sumado preocupación en Washington, acerca de que **Estados Unidos** haya quedado demasiado atrás respecto de sus principales competidores. El Vice Jefe del Estado Mayor Conjunto, Paul Selva, expresó: “Debemos reconocer que hemos perdido nuestra ventaja tecnológica en el área de hipersónicos”¹²⁵.

Por esta razón, el desarrollo de estos sistemas de armas es ahora prioridad de investigación y desarrollo en ese país. Está previsto y aprobado para el presupuesto 2019, asignar US\$ 257 Millones para que **DARPA** y la **Fuerza Aérea de Estados Unidos** avancen en programas para el desarrollo de estas revolucionarias armas. El objetivo a alcanzar es disponer de “prototipos operacionales” para el año 2023¹²⁶.

Algunos de los principales proyectos de Estados Unidos son:

I. X-51 WaveRider¹²⁷.

Estados Unidos ha realizado estudios en tecnologías de hipersónicos desde la década de los 40 y ha realizado test y ensayos exitosos con prototipos diversos, desde mediados de los 60. En el 2004, el vehículo desarrollado por la NASA, denominado **X-43**, fue ensayado empleando para su lanzamiento un motor cohete *Pegassus* y siendo posteriormente acelerado con un *Air-breathing Scramjet* alimentado con hidrógeno. Luego de varias pruebas, alcanzó velocidades superiores a MACH 5, considerándose validado el concepto de vuelo hipersónico y a partir de allí, podemos decir que se abre decididamente el camino para los siguientes desarrollos en el área¹²⁸.

A partir del 2005, el proyecto X-51 WaveRider consistió en un “demostrador” no tripulado, propulsado también por un motor del tipo *Air-breathing Scramjet*, pero en este caso alimentado con hidrocarburos de uso aeronáutico. Fue diseñado y desarrollado por el consorcio integrado por Air Force Research Laboratory (ARL), DARPA, BOEING Co, Pratt & Whitney Rocketdyne y la NASA, entre 2005 y 2013. El objetivo del proyecto fue validar el desarrollo de un motor Scramjet empleando combustibles del tipo “endothermic hydrocarbon

¹²⁵ Breaking defense: “Falling behind DOD scrambles to buy Tech faster”, 2018, p. 12.

¹²⁶ Idem.

¹²⁷ SFTe 44th International / SETP Southwest Flight Test Symposium 82013. Mj C. Rondeau, Lt Col T. Jorris. “X-51A SCRAMJET DEMONSTRATOR PROGRAM: WAVERIDER GROUND AND FLIGHT TEST”.

¹²⁸ <https://slidinfa.com/2010/03/mark-lewis-on-hypersonics-taking-a-logical-path>.

fuel¹²⁹, que permitiera alcanzar como mínimo una velocidad de *MACH 5*, para su empleo en diferentes vehículos aéreos de empleo militar o en investigación espacial.

A lo largo del programa, se desarrollaron cuatro prototipos que fueron ensayados exitosamente en vuelo. El último de ellos en el 2013 voló durante 300 segundos una distancia aproximada de 400 kilómetros y alcanzó picos de velocidad de *MACH 5.1*.

Los ensayos en vuelo permitieron demostrar la factibilidad de propulsar vehículos aéreos empleando motores *Air-breathing Scramjet* y utilizando como combustible hidrocarburos de uso militar del tipo JP-7.

Las pruebas de vuelo se realizaron con lanzamiento desde una plataforma aérea en servicio actualmente. Como *booster* se empleó un motor cohete de combustible sólido, también en servicio. Ello permitió impulsar el vector hasta alcanzar la velocidad necesaria para el arranque y funcionamiento en condiciones óptimas del motor Scramjet y que este pudiera completar el período de combustión a regímenes supersónicos e hipersónicos, durante el vuelo propulsado de 300 segundos de duración.

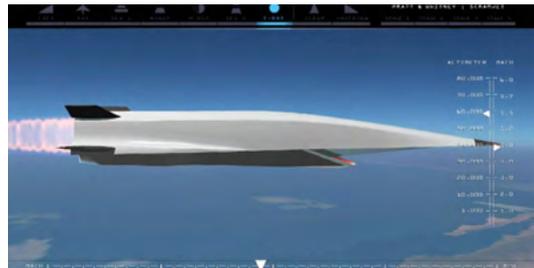
Una breve descripción del funcionamiento del misil¹³⁰:

- > **Plataforma de lanzamiento:** Para el proyecto y los ensayos en vuelo realizados fue elegido el bombardero estratégico B 52H "Stratoforthress", volando a *MACH 0.8* y a 15.000 metros de altura. Se consideró además su empleo en otras plataformas aéreas.

FIGURA 31.1: PLATAFORMA DE LANZAMIENTO DEL X-51



FIGURA 31.2: MISIL X-51



- > **Booster:** El X51 tiene montado en su parte posterior un *booster*. Para ello se empleó un motor cohete de combustible sólido suficientemente probado y en servicio, el del *Army Tactical Missile System* (ATACMS). Cuando el misil se desprende de la plataforma, el booster lo acelera de *MACH 0.8* a 4.8 y alcanza, a su vez, unos 27.000 metros de altura. En ese momento el booster se desprende y el motor Scramjet del X-51 arranca, llevando al misil a velocidades crucero superiores a *MACH 5*.
- > **Internal Inlet:** La "nariz" del misil tiene una forma muy aguzada, por la cual ingresa el aire que alimenta el motor. Envía, además, las ondas de choque a velocidades supersónicas hacia una abertura rectangular en el vientre de la nave. Estas ondas de choque comprimen el aire, evitando así tener que emplear partes mecánicas móviles para el proceso de compresión del aire en el motor, lo cual lo simplifica.

129 "Hydrocarbon Fuel Cooling Technologies for Advanced Propulsion". Fuente: <https://proceedings.asmedigitalcollection.asme.org/proceeding.aspx?articleid=2130253>

130 <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a593742.pdf>.

> Cámara de combustión (Combustor)¹³¹: El empuje se genera cuando el aire fuertemente comprimido se mezcla con una niebla de combustible aeronáutico, lo cual produce el encendido. Debido a que el movimiento a velocidades hipersónicas genera temperaturas extremas, el combustible de empleo militar JP-7, modificado específicamente para este motor, cumple simultáneamente dos funciones: mantener una adecuada temperatura para la combustión en condiciones óptimas y colaborar además en la refrigeración del motor, sometido a temperaturas extremas durante un prolongado tiempo de combustión (300 segundos). De esta forma, el mismo propulsante actúa además como refrigerante, lo que contribuye a evitar que las paredes del motor se deterioren e incluso fundan, provocando el colapso de la estructura¹³².

A modo de resumen, podemos decir que este programa constituyó el “vuelo de mayor duración de un motor Scramjet en régimen hipersónico”. (300 segundos – Veloc > MACH 5).

Permitió, además, validar la factibilidad del empleo de vehículos aéreos en régimen hipersónico, con la propulsión auxiliar (*booster*), de un motor cohete de artillería en servicio (ATACMS), todo ello integrado al lanzamiento desde una plataforma aérea también en servicio activo, como el B 52-H.

El trabajo de un equipo multidisciplinario liderado por la Fuerza Aérea de Estados Unidos e integrado por varios organismos y empresas proporcionó a todas las partes enorme experiencia, que luego pudo ser aplicada en futuros desarrollos en el área de hipersónicos.

II. Sobre la base del éxito obtenido con el **X-51**, la estrategia de Estados Unidos ha sido, a partir del 2015, concentrar la capacidad de desarrollos de nuevas tecnologías de hipersónicos en un solo Organismo DARPA, dependiente del Ministerio de Defensa¹³³, asignando allí todos los recursos que se invierten para investigación y desarrollo en el área.

Y en lugar del desarrollo de un misil de determinado tipo, útil para una cierta Fuerza, el objetivo es adquirir Know-how específico en el desarrollo de las dos familias de vectores hipersónicos: Air breathing y Boost glide, que puedan dar lugar a su utilización en diferentes plataformas, con el criterio de modularidad y flexibilidad de empleo.

DARPA se constituye así, en el receptor y ejecutor de los recursos asignados al desarrollo de estas tecnologías.

No obstante ello, como veremos más adelante, las Fuerzas pueden llevar adelante sus propios proyectos, pero los mismos deben estar destinados a nuevos sistemas de armas, que empleen las tecnologías ya desarrolladas, ensayadas y validadas por DARPA.

Una muestra del interés que estas provocan es la evolución creciente del presupuesto asignado a DARPA para la investigación y desarrollo en hipersónicos: Año 2017: US\$ 85 millones – 2018: US\$ 108 millones – 2019: US\$ 256 millones. Ese incremento en las asignaciones está fundamentado en la necesidad de realizar mayor cantidad de pruebas en vuelo, que permitan dar un gran paso hacia la operatividad de los sistemas.

Como mencionamos antes, las tres Fuerzas realizan estudios conjuntos con **DARPA** para explorar cada una de ellos, opciones que satisfagan requerimientos propios. Porque no sólo

¹³¹ <https://www.af.mil/News/Article-Display/Article/118297/x-51a-waverider-gets-first-ride-aboard-b-52/>.

¹³² Un informe muy completo sobre el proyecto se puede consultar en “X-51: A Scramjet Demonstrator Program Waverider Ground and Flight Test”. Fuente: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a593742.pdf>.

¹³³ DoD: US Department of Defense (Ministerio de Defensa de Estados Unidos).

de trata de un tema de C&T, con alguna opción de aplicación futura. Se trata también de estar suficientemente actualizado y, en lo posible, disponer de capacidades operacionales superiores a las de un eventual oponente.

Particularmente para el 2019, se llevarán adelante, entre otros, los Programas **HAWC** (*Hypersonic Air Breathing Weapons Concept*) y **TBG** (*Tactical Boost Glide*).

III. "Hypersonic Air-Breathing Weapons Concepts" (HAWC)

Se trata de otro esfuerzo conjunto entre DARPA y la Fuerza Aérea de Estados Unidos, que tiene una asignación prevista para el 2019, de US\$ 14.3 millones. Su objetivo es desarrollar, ensayar y validar, tecnologías críticas para el vuelo hipersónico del tipo *air-breathing*, que permitan llegar a un eficiente sistema de arma hipersónica, lanzada desde plataformas aéreas.

Este programa pone gran énfasis en los ensayos, que como se observó con el X-51, constituyen una forma rápida y más eficiente de alcanzar los objetivos buscados. A través de estos ensayos en vuelo, busca abordar tres áreas críticas para el programa: Viabilidad del vehículo aéreo – efectividad – asequibilidad¹³⁴.

Esas áreas críticas incluyen¹³⁵:

- > Distintas configuraciones de vehículo aéreo apto para vuelo hipersónico.
- > Propulsión Scramjet empleando hidrocarburos, que sea capaz de sostener vuelo a velocidad de crucero en régimen hipersónico.
- > Adecuado manejo de las elevadas temperaturas que se generan y mantienen durante extensos períodos de tiempo.
- > Que las tecnologías desarrolladas tengan una aceptable relación costo/ resultado.
- > Que esas tecnologías sean obtenibles y aceptables para el complejo industrial que llevará adelante la producción de los sistemas.

En una primera etapa se han planeado requerimientos de alcance mayor a 500 kilómetros y alturas de vuelo superiores a 18.000 metros¹³⁶, estimándose que en el 2019 se realizarán ensayos en vuelo con prototipos funcionales.

IV. "TACTICAL BOOST GLIDE" (TBG)

Los intentos más actuales de desarrollo de un vehículo "*Boost Glide*" por parte de Estados Unidos son del año 2003, cuando el presidente de Estados Unidos, G. Bush, inicia el Programa denominado "*Conventional Prompt Global Strike*" (CPGS) mencionado anteriormente con el objetivo de desarrollar armas de largo alcance, muy veloces y con capacidad "no-nuclear". Se llevaron adelante dos importantes programas denominados: "*Hypersonic Technology Vehicle-2*" (HTV-2) y "*Advanced Hypersonic Weapon*" (AHW).

Ambos proyectos, con diverso grado de éxito siguieron hasta el año 2014, en que fueron cancelados. Sin embargo, toda la experiencia adquirida por los desarrollistas y el "renacer" de los programas de armas hipersónicas del tipo **Glide** por parte de Rusia y China volvieron a impulsar el interés de Estados Unidos en el tema.

Una de las prioridades del Ministerio de Defensa es el denominado "**TACTICAL BOOST GLIDE**" (**TBG**). Se trata de un esfuerzo conjunto entre DARPA / Fuerza Aérea de Estados

¹³⁴ DARPA: <https://www.darpa.mil/program/hypersonic-air-breathing-weapon-concept>.

¹³⁵ Air Breathing Weapons Concept. Fuente: <https://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/hawc.htm>

¹³⁶ <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a619521.pdf>, p. 30.

Unidos para desarrollar y validar las tecnologías relacionadas con un misil hipersónico del tipo “*Boost Glide*”, pero para ser lanzado *desde plataformas aéreas* y para su empleo específico en el *marco táctico*, con un alcance aproximado de 900 kilómetros¹³⁷. El programa incluye ensayos y demostraciones en vuelo que permitan validar su lanzamiento desde las más modernas plataformas aéreas actuales y futuras. Idealmente, el programa debe considerar la posibilidad de ser compatible también con los sistemas navales de lanzamiento vertical (VLS) en uso en la Marina de Estados Unidos¹³⁸.

Tal cual lo expresara Michael Griffin, Subsecretario de Investigación e Ingeniería para la Defensa (Estados Unidos), constituye una de las prioridades establecidas, habiéndose asignado un presupuesto de US\$ 139.4 millones para el 2019. Se estima que se estaría en condiciones de ensayar prototipos funcionales hacia 2022 o 2023.

V. “HIPERSONIC CONVENTIONAL STRIKE WEAPONS” (HCSW)

Independientemente del HAWC y del TBG¹³⁹, la Fuerza Aérea de Estados Unidos ha asignado en junio de 2018 a la empresa **LOCKHEED MARTIN (LM)**, un importante contrato por hasta US\$ 918 millones para el año 2019, por el diseño, desarrollo, ensayos de vuelo, producción inicial y despliegue de un *misil hipersónico para ser lanzado desde aeronaves*, en el marco de un programa denominado “*Hypersonic Conventional Strike Weapon*” (HCSW).

Este sistema de armas que deberá alcanzar velocidades de hasta *MACH 5* como mínimo, tiene por objetivo desarrollar un proyecto que en un *plazo relativamente corto*, llegue a un sistema en condiciones de *pasar al despliegue operativo*, permitiendo así colocar a Estados Unidos a la vanguardia de potenciales oponentes, tales como **Rusia** y **China** que llevan adelante desarrollos similares de armas hipersónicas.¹⁴⁰

La selección de esta empresa como principal adjudicataria se fundamenta en que **LM** ha desarrollado y volado más vehículos hipersónicos que ninguna otra empresa de Estados Unidos. Tiene, además, experiencia de varias décadas en desarrollos y ensayos de vuelo, en el marco de contratos con agencias gubernamentales, así como inversiones propias en investigación y desarrollo específica para el área¹⁴¹.

Esta decisión está “alineada” con las recientes expresiones de Mike Griffin¹⁴², quien expuso ante el Congreso de ese país: “*Nuestros adversarios nos presentan nuevos desafíos, mediante sofisticadas y revolucionarias amenazas, muchas de ellas no-nucleares, que nos obligan a retomar rápidamente el dominio tecnológico que tradicionalmente tuvo Estados Unidos en esa área*”¹⁴³.

VI. NATIONAL HYPERSONICS INITIATIVE: Un abordaje más integral del problema

Como mencionamos anteriormente, no se trata solamente de incrementar las capacidades de *Prompt Global Strike*, sino que se debe, además, abordar el tema de cómo *adecuar las*

¹³⁷ <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a619521.pdf>, p. 31.

¹³⁸ https://www.globalsecurity.org/military/library/budget/fy2015/dod-peds/0603286e_3_pb_2015.pdf, p. 6.

¹³⁹ Como mencionamos anteriormente, HAWC y TBG constituyen proyectos bajo gestión de DARPA y para desarrollar nuevas tecnologías. Pero se habilita a las Fuerzas, para que gestionen proyectos con la base de desarrollos ya evaluados y aprobados.

¹⁴⁰ <https://news.lockheedmartin.com/2018-06-06-Lockheed-Martin-Wins-Potential-928-Million-Contract-to-Develop-New-Hypersonic-Missile-for-the-Air-Force>.

¹⁴¹ Idem.

¹⁴² Subsecretario de Investigación e Ingeniería para la Defensa de Estados Unidos.

¹⁴³ <https://www.telegraph.co.uk/news/2018/04/19/us-awards-1-billion-contract-hypersonic-missile-falls-behind/>.

capacidades defensivas disponibles. Los sistemas de defensa aérea y misiles más modernos actualmente en servicio han sido desarrollados para hacer frente a un determinado tipo de amenazas tales como ICBM, aeronaves tripuladas o autónomas, así como misiles de crucero en régimen de vuelo supersónico “bajo”¹⁴⁴.

El desarrollo de la tecnología de hipersónicos por parte de Estados Unidos y la certeza de que otras potencias avanzan aceleradamente en sus respectivos programas motivó que la Agencia de Defensa de Misiles de Estados Unidos (MDA, por sus siglas en inglés) requiriera para el año 2019, un presupuesto específico de US\$ 120 millones, destinado a programas de desarrollo de sistemas de defensa aérea, aptos para neutralizar estas nuevas amenazas. Y para ello, la MDA trabaja en equipo con DARPA, compartiendo información, conocimientos y experiencia específica para el desarrollo de proyectos actuales y futuros¹⁴⁵.

Lo cierto es que nadie quiere quedar fuera de la “mesa de las decisiones” y, obviamente, tampoco lejos de las asignaciones presupuestarias, por lo que desde el Departamento de Defensa de Estados Unidos, se ha expuesto la denominada “*NATIONAL HYPERSONICS INITIATIVE*”, que busca darle un marco más integrador a todos los esfuerzos, programas y recursos que se llevan adelante en el área y que hasta ahora en cierta medida centralizaba DARPA.

Relacionado con ello, el **20 de marzo de 2018**, en el marco de la “*National Defense Industrial Association’s Science and Engineering Technology Conference*” realizada en Austin, Texas, autoridades de la **Marina de Estados Unidos** manifestaron su especial interés en buscar la forma y el lugar, en que esa Fuerza pueda participar también en el “*Hypersonics World*”¹⁴⁶. “Queremos conocer que es lo que se ha hecho en el tema y la manera de incorporar esas capacidades a nuestros sistemas navales” expresó David Walker, Director de Tecnología en la Oficina de Investigación Marina. Esto evidencia que la **Marina de Estados Unidos** está interesada también en buscar la manera de incorporar estas capacidades a sus plataformas, así como ajustar su doctrina, funcionamiento operativo y logístico de los grandes grupos de batalla navales, cuyo corazón son los portaaviones, incluso analizar si existe una manera de integrarlos a los sistemas de lanzamiento vertical (VLS) desde unidades de superficie ya en servicio¹⁴⁷.

Otro aspecto de interés es que se ha considerado también incorporar a la NASA a los programas y presupuestos de investigación y desarrollo, incluidos en esta iniciativa integradora. Debemos recordar que, tradicionalmente, se ha tratado de mantener una estricta separación entre el desarrollo de vectores de uso para la defensa y aquellos desarrollos de la NASA destinados a investigación y desarrollo en el espacio exterior, exclusivamente con fines pacíficos y de investigación. Pero esta división es algo cada vez más difícil de sostener, al resultar para todos ya evidente que el dominio del espacio para el C&C de las operaciones en todos los escenarios es una capacidad que todas las grandes potencias demandan disponer.

Prueba de ello, es la mención del Presidente de Estados Unidos en la primera semana de agosto de 2018, acerca de los estudios que se llevan a cabo para la creación de una “**Sexta**

¹⁴⁴ Muy inferiores a MACH 5.

¹⁴⁵ <http://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2018/3/1/darpa-plans-to-accelerate-hypersonic-weapons-development>.

¹⁴⁶ <http://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2018/3/21/navy-seeking-role-in-national-hypersonics-initiative>

¹⁴⁷ Idem.

Fuerza” o **“Space Force**”, destinada a llevar adelante el esfuerzo bélico en ese medio¹⁴⁸. El mismo vicepresidente de ese país, expresó el 9 de agosto de 2018 la visión de Estados Unidos acerca de la “exploración y combate” en el espacio¹⁴⁹.

Cabe destacar que el despliegue o ensayos de cualquier tipo de armas estratégicas en el espacio, está prohibido por el “Tratado del Espacio Exterior” firmado por la ONU en 1967, mientras que está permitido el uso pacífico y la exploración. Sin embargo, nada dice el citado tratado acerca de las armas *“de menor escala”*, que sin llegar a provocar una confrontación nuclear, pueden desencadenar una carrera armamentista, destinada a denegar el uso del espacio por parte del oponente.

Estados Unidos tiene muy presente cuando en el año 2007, China derribó un satélite propio con un misil del tipo *“Hit – to – kill”*, como una demostración de su capacidad letal en el espacio exterior y hasta una velada amenaza acerca de sus posibilidades en ese campo¹⁵⁰. También Rusia ha realizado sus ensayos, eliminando satélites propios en desuso.

Como podemos ver, las **Tecnologías de Hipersónicos** terminan aplicando también para su empleo en un futuro escenario de guerra en el espacio.

Si bien es un tema que, obviamente, excede el marco del presente trabajo, simplemente lo mencionamos para mostrar la manera en que el advenimiento de cualquier “tecnología disruptiva” *nunca puede considerarse en forma aislada*. Las mismas modifican los escenarios posibles de confrontación, así como las organizaciones y la doctrina, lo que obliga a repensar las alternativas de empleo, ya que las capacidades existentes hasta el momento pueden resultar ineficaces para hacer frente a esas nuevas amenazas.

b. China: En las últimas décadas, este país ha realizado grandes avances en el área de hipersónicos. Si bien todos sus proyectos son llevados adelante bajo el mayor de los secretos, se tiene conocimiento de que las inversiones en infraestructura específica han sido enormes, lo cual pone en evidencia el interés que las autoridades tienen sobre el tema. Algunos analistas consideran que los recursos asignados a la construcción de túneles de viento, capaces de ensayar objetos voladores en régimen hipersónico, bancos de ensayos de motores, laboratorios de ensayos mecánicos para estructuras, laboratorios de modelización y simulación específicos, superan en 2 o 3 veces lo invertido por Estados Unidos en el área¹⁵¹.

El principal desarrollo que lleva adelante este país, recibe la denominación de **DF – ZF** (Originalmente llamado WU-14). China ha ensayado este *Boost Glide Vehicle* con velocidades entre MACH 5 - 10. Se asume que en su etapa de boost es lanzado desde alguno de los misiles ICBM o Tácticos desarrollados por este país e incluso algunos remanentes de origen ruso. Se conoce extraoficialmente que, hasta la fecha, se han realizado al menos seis ensayos de vuelo de este sistema¹⁵².

Por otra parte, es un tema de enorme preocupación para las autoridades de **Estados Unidos** el hecho de que en los últimos años **China** ha conducido 20 veces más ensayos que Estados Unidos en esta área¹⁵³. El incremento de los ensayos, en ciclos cada vez más cortos, aún en los casos

148 <https://www.businessinsider.com/trump-space-force-china-beijing-2018-8>

149 Idem.

150 <https://www.businessinsider.com/trump-space-force-is-dumb-says-nasa-astronaut-2018-6>.

151 <http://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2018/3/1/darpa-plans-to-accelerate-hypersonic-weapons-development>.

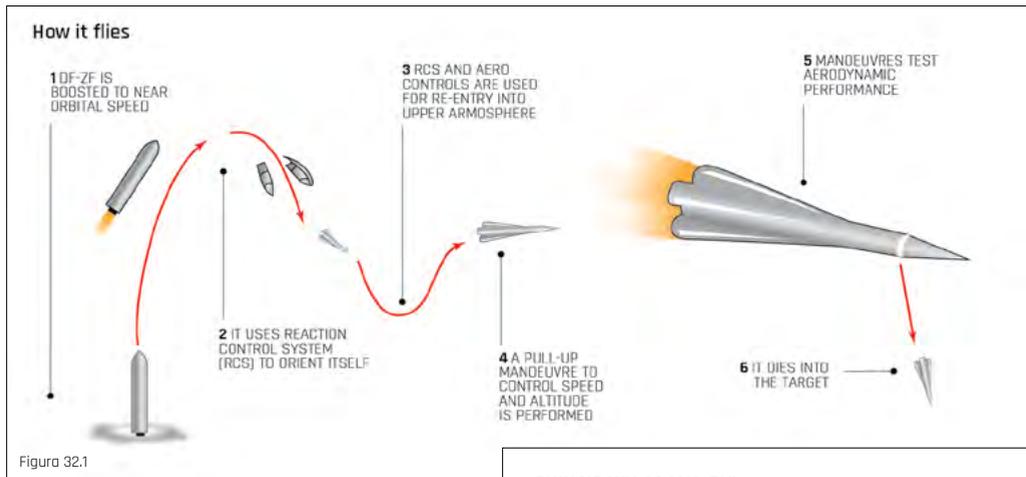
152 JAPCC. Journal edition Nro 24 (2017)- H.L Besser, D. Gogge, M. Huggins, A. Shaffer, D. Zimper- “Hypersonic Vehicles: game changers for a future warfare?”

153 <http://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2018/6/12/key-senator-sounds-alarm-about-chinese-hypersonic-capabilities>.

de pruebas que resultan fallidas indicaría que se va alcanzando progresivamente el dominio de las tecnologías y materiales críticos para el desarrollo. En noviembre de 2015, **China** condujo el sexto ensayo del DF-ZF y algunos analistas consideran que las siguientes etapas podrían conducir a la militarización del sistema.

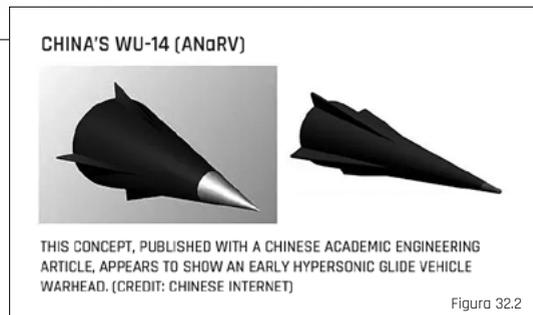
En el mismo mes, la *China Aerospace Science and Industry Corporation (CASIC)*, anunció, además, el desarrollo exitoso de un sistema electromagnético de lanzamiento de misiles¹⁵⁴. Estaría relacionado con la búsqueda de sistemas booster para los HGV, que permitieran prescindir de propulsores convencionales y emplea tecnologías similares a las desarrolladas para el Railgun (EMRG) o el lanzamiento de aeronaves con “catapultas” electromagnéticas desde portaaviones.

FIGURA 32: MISIL HIPERSONICO DF - ZF (WU - 14). (CHINA)



Uno de los últimos anuncios realizados por China destaca el desarrollo de un sistema que denominan **DF-17**. Algunos expertos opinan que podría tratarse de la “*implementación como sistema de armas*” del DF-ZF antes mencionado¹⁵⁵. Este misil del tipo HGV sería capaz de alcanzar velocidades de hasta MACH 10¹⁵⁶.

Se desconocen los detalles acerca de las plataformas de lanzamiento empleadas, pero por similitud a Rusia, se estima que en una primera etapa se estarían empleando las del tipo TEL/MEL¹⁵⁷ convenientemente adaptadas de alguno de los grandes sistemas misilísticos en servicio y suficientemente probados.



¹⁵⁴ “China Makes Breakthrough in Electromagnetic Missile Launching Technology,” People’s Daily Online: <http://en.people.cn>; “China Chang Feng Mechanics and Electronics Technology – CCF 2nd Academy,” Federation of American Scientists, www.fas.org, noviembre de 2015.

¹⁵⁵ <https://newsonia.com/reader/report/china-fires-up-advanced-hypersonic-missile-challenge-to-us-defences/>

¹⁵⁶ <http://www.scmp.com/news/china/diplomacy-defence/article/2126420/china-fires-advanced-hypersonic-missile-challenge-us>.

¹⁵⁷ TEL / MEL: Truck Erector Launcher / Mobile Erector Launcher.

En agosto de 2018 se tomó conocimiento de la realización de un ensayo de un nuevo prototipo denominado “Xingkong-2 (Starry Sky-2)”. Según el informe producido por la *China Academy of Aerospace Aerodynamics* (CAAA), el vector del tipo HGV fue propulsado fuera de la atmósfera, para luego de la reentrada y separación del booster realizar un vuelo autónomo de 400 segundos, a una altura de 30.000 metros y alcanzando una velocidad de MACH 6.

FIGURA 33: MISIL HIPERSÓNICO DF -17. (CHINA)



Este tipo de ensayos pone en evidencia que China lleva adelante un importante y sostenido esfuerzo en el área que le permite adquirir experiencia y formar recursos humanos específicos para adquirir nuevas capacidades. No obstante ello y la promoción a veces excesivamente optimista con que presentan los resultados de los ensayos, los mismos expertos chinos manifiestan que aún faltarían entre 3 y 5 años para que estos sistemas puedan pasar a la etapa operativa, en condiciones de producción sostenible, provisión y empleo¹⁵⁸.

Algunos expertos consideran que la escasa capacidad relativa de los sistemas de cálculo de que dispone este país sería probablemente parte de la causa del retraso de algunos de los programas en curso. Relacionado con ello, según un informe del *South China Post* del año 2015: “La falta de poder de cálculo computacional retrasa a los científicos en su esfuerzo por crear y verificar mediante simulaciones sus diseños en armas hipersónicas”¹⁵⁹. Disponer de “super-computadoras” permitiría incluso crear “túneles de viento digitales”, que acelerarían notablemente el proceso de desarrollo de prototipos para ensayo en vuelo.

El citado informe expresa además: “las Super Computadoras de Estados Unidos son hasta 10 veces más veloces que las de China, y ello hace que los investigadores pierdan gran cantidad de tiempo en sofisticados cálculos que sólo pueden hacer esas máquinas”¹⁶⁰.

No obstante lo expresado, pese a la escasa información disponible e incluso a la dudosa confiabilidad de las fuentes, los expertos en el tema difieren acerca de las posibilidades reales de China de alcanzar resultados exitosos en el corto plazo.

Los más pesimistas afirman que aún están algunas décadas atrás de lograr el desarrollo exitoso de un HGV. Por su parte, los más optimistas afirman que hacia 2020, China estaría en condiciones de presentar un sistema operacional¹⁶¹. Como naturalmente ocurre, probablemente la verdad se encuentre en un punto medio entre ambas opiniones.

Probablemente, la situación estratégica por la disputa territorial en el “*South China Sea*”, que debería dirimirse en primera instancia con el empleo de armas “no-nucleares”, acelera la necesidad de acortar los tiempos de desarrollo para todos los potenciales contendientes. Y en ese escenario de guerra fundamentalmente aeronaval, las armas hipersónicas podrían jugar un papel determinante en la batalla.

158 <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-6034427/China-tested-hypersonic-aircraft-called-Starry-Sky-2-fire-nuclear-missiles.html>.

159 <https://thediplomat.com/2016/04/china-tests-new-weapon-capable-of-breaching-u-s-missile-defense-systems/>.

160 Idem.

161 Idem.

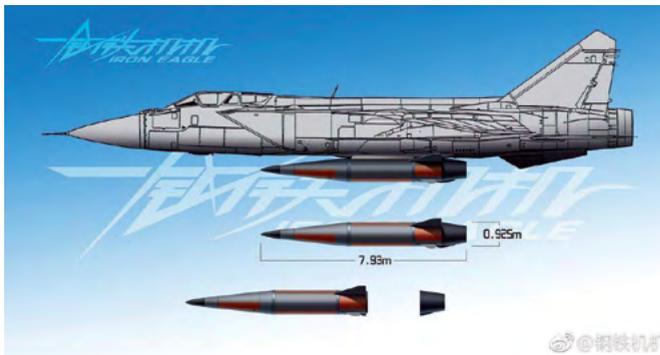
c. **Rusia:** En la ceremonia del “Día de la Victoria” el 9 de mayo de 2018, el presidente Vladimir Putin fue muy enfático respecto de la necesidad de ese país de colocarse nuevamente a la vanguardia en el desarrollo de misiles hipersónicos, para hacer frente a la amenaza latente de Estados Unidos, así como el despliegue de la OTAN sobre las fronteras con su país.

Los expertos consideran que Rusia aprovechó la experiencia obtenida con la India, en el desarrollo binacional del misil de crucero Supersónico “BRAHMOS” para llevar adelante los siguientes proyectos de armas hipersónicas:

- I. KINZHAL: Se trata de un misil de crucero hipersónico, del tipo “*air-breathing*” para ser lanzado desde aeronaves. Según fuentes rusas alcanza velocidades superiores a MACH 6 y una gran maniobrabilidad en todas las fases de su trayectoria de vuelo¹⁶². Emplea como plataforma de lanzamiento al interceptor MIG-31 “*Mikoyan*” (*En servicio*), cuyo techo operativo cercano a 60.000 pies (18.300 metros) y su velocidad supersónica (hasta MACH 2.8), permitirían un óptimo desempeño del vector.

Se estima que el misil tendría un alcance de 1000 kilómetros que, sumados a la autonomía propia superior a los 2000 kilómetros de la aeronave, otorgaría al sistema un alcance total de

FIGURA 34: MISIL MISIL HIPERSÓNICO KINZHAL (RUSIA)



3000 kilómetros. Ello permitiría disponer de un arma muy difícil de detectar y neutralizar en su fase final autónoma con capacidad letal para destruir objetivos vitales, como los portaaviones de la flota estadounidense desplegados alrededor del mundo, así como atacar objetivos específicos empleando cargas nucleares de las denominadas “*low-yield*”¹⁶³.

Además, la posibilidad de llevar un misil hipersónico en la condición “*Stand-off*”, para

ser lanzado desde aeronave, le otorga al sistema un mayor factor sorpresa, debido a que puede resultar difícil discriminar con antelación el *tipo de ataque que está en curso*, hasta una distancia en la cual ya resulte imposible interceptar al misil.

Rusia afirma que ya ha desplegado 10 MIG-31 modificados, equipados con misiles *Kinzhal* en alguna de sus fronteras, a fin de someterlos a pruebas reales en condiciones de combate¹⁶⁴.

- II. ZIRCON (3M22): Se trata de un misil de crucero hipersónico del tipo “*air breathing*” para ser lanzado desde plataformas navales y de empleo específico antibuque. Según diferentes fuentes

¹⁶² Respecto a la velocidades cercanas a MACH 10, expertos y analistas occidentales son escépticos acerca de esos valores y consideran que se trata de una exageración / sobreestimación propia de la propaganda rusa. No obstante ello, se estima que alcanzaría velocidades muy elevadas. Fuente: <https://www.defensenews.com/pentagon/2018/03/02/as-putin-touts-hypersonic-weapons-america-prepares-its-own-arsenal-will-it-be-in-time/>.

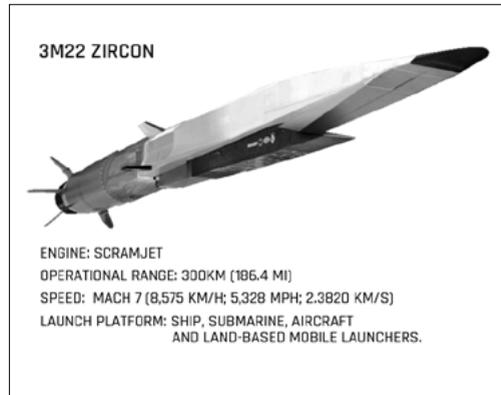
¹⁶³ Low yield warhead: Cabeza de guerra de bajo rendimiento. Se suele denominar así a aquellas cabezas con carga nuclear cuyo efecto, particularmente el nuclear, es de menor poder / escala.

¹⁶⁴ <https://www.defensenews.com/pentagon/2018/03/02/as-putin-touts-hypersonic-weapons-america-prepares-its-own-arsenal-will-it-be-in-time/>.

tes, su alcance varía entre 350 y 500 kilómetros (*En modo M-M*) y 900 kilómetros (*En modo A-M*), pudiendo alcanzar velocidades de hasta MACH 8¹⁶⁵. Emplea un motor cohete de combustible sólido, para el lanzamiento inicial que lo acelera hasta alcanzar velocidad supersónica alta (MACH 4.5), en que comienza a funcionar el Scramjet. Según los órganos de propaganda rusa, por su velocidad y alcance (*que triplica al del misil antibuque de mayor alcance actual de Estados Unidos, el HARPOON*), lo convierten en el **“más letal de los misiles antibuque en servicio”**. Como un aspecto adicional, en su diseño se contempló que pudiera ser disparado desde las plataformas de lanzamiento vertical de misiles 3S -14 VLS System, actualmente provistas en la mayoría de las Corbetas y Cruceros de la Armada rusa.

Estas permiten el lanzamiento de los misiles supersónicos ONYX, así como los subsónicos KALIBR¹⁶⁶. Con el agregado del hipersónico ZIRKON, Rusia adquiere entonces la capacidad de armar sus plataformas de combate navales con una verdadera familia de misiles que le otorgan un gran poder de combate, modularidad y flexibilidad de empleo. Esto último constituye un motivo de gran preocupación para la Marina de Estados Unidos, cuyos sistemas son bastante más rígidos, respecto de sus plataformas de lanzamiento. Si todo se cumple de acuerdo a lo planificado, el sistema estaría operativo hacia el 2020.

FIGURA 35: MISIL HIPERSÓNICO ZIRKON. (3M22). (RUSIA)



III. AVANGARD: YU 71-“Unmanned Hyperglide Vehicle”: En abril de 2016, Rusia condujo y anunció los ensayos en vuelo de su nuevo vehículo hipersónico YU-71. Se trata de un misil del tipo “*Hypersonic Glide*”, lanzado en ese momento desde un misil ICBM SS-19.

Si bien el Presidente Putin expresó que podría alcanzar velocidades de hasta MACH 20, esto no ha podido confirmarse. Sin embargo, esos valores podrían considerarse viables, por tratarse de un típico “*vehículo de re-entrada*”, con capacidad *Glide* para su etapa de vuelo final hacia el objetivo, en un ataque realizado además por cabezas múltiples.

Obviamente resultan de gran preocupación las velocidades mencionadas (*del orden de 24.700 kilómetros por hora*), que permitiría alcanzar cualquier punto de la tierra en menos de una hora, con el agregado de las dificultades que genera la detección y adquisición de este tipo de vectores, que como mencionamos anteriormente, puede estar conformado por cabezas múltiples autónomas, de gran velocidad y trayectoria impredecible. Detalles del proyecto o sus capacidades específicas son desconocidas, existiendo además noticias acerca del desarrollo de un nuevo vehículo denominado YU-74¹⁶⁷.

¹⁶⁵ Valor que a juicio de algunos expertos resulta exagerado y no existen pruebas ciertas de ello. Se estima que la velocidad real sería del orden de MACH 5 / 6.

¹⁶⁶ <https://nationalinterest.org/blog/the-buzz/imagine-almost-every-russian-warship-hypersonic-missiles-22675>.

¹⁶⁷ JAPCC. Journal edition Nro 24 (2017)- H.L Besser, D. Gogge, M. Huggins, A. Shaffer, D. Zimper- “Hypersonic Vehicles: game changers for a future warfare?”.

Algo más acerca de los Proyectos de Rusia: Como mencionamos anteriormente, este país promociona una gran variedad de proyectos de diferente tipo, llevando adelante un activo programa de ensayos que trata de presentar evidencias acerca de su ventaja respecto de las otras potencias y que se encontraría próximo a pasar a la etapa operativa de los sistemas. Lo cierto es que muchos ensayos han sido exitosos y otros no tanto.

Es cierto también que mientras **Estados Unidos** sigue adquiriendo experiencia e incrementando progresivamente los presupuestos en el área, **Rusia** afirma ya tener algunas de estas armas operativas, e incluso como el caso del *misil antibuque ZIRCON*, muy próximo a su despliegue operativo. Esto preocupa a las autoridades de Estados Unidos que reconocen que tarde o temprano, tanto **Rusia** como **China** alcanzarán un *estado tecnológico adecuado*, como para concretar la operatividad de las armas y sus respectivas plataformas. Sólo es cuestión de tiempo y bastará que se presente la oportunidad de probarlas en combate, para poder determinar si se trata realmente de "*Tecnologías Disruptivas*" y si estas han alcanzado el grado de madurez que las autoridades de estos países afirman.

Aún con opiniones disímiles en cuanto a la veracidad de todo lo expuesto como logros alcanzados por estas potencias, la mayoría de los expertos en el tema reconocen que estas armas han llegado para revolucionar el área de los misiles y abren un camino de consecuencias difícilmente predecibles.

d. India

Este país inició su incursión en el ámbito de los Misiles de Crucero, a partir del desarrollo del "*BRAHMOS I*". Consistió en un proyecto conjunto, realizado entre la Defense Research Development Organization (DRDO) de India y la "NPO-Mashinostroyeniya" de Rusia, conformando en el año 1998 la empresa Brahmos Aerospace Private Limited¹⁶⁸.

El objetivo fue desarrollar un "misil de crucero supersónico", con velocidad de *MACH 3* y un alcance eficaz de 290 kilómetros. La limitación impuesta en alcance se debe a que tanto India como Rusia son signatarios del MTCR¹⁶⁹, tratado que, entre otros aspectos, impone restricciones en el alcance (menos de 300 kilómetros) y la carga útil en su cabeza de guerra (menos de 500 kilos), para el desarrollo de vectores convencionales de uso militar. El *BRAHMOS I* tiene un techo máximo de servicio de 14.000 metros y una altura mínima de vuelo crucero de 5 metros con capacidad "*F&F - fire and forget*"¹⁷⁰, por lo que es considerado y promocionado aún como el "más veloz de los misiles de crucero" supersónicos actualmente en servicio, superando en 4 veces la velocidad del renombrado BGM - 109 "*Tomahawk*" (MACH 0.75).

El éxito obtenido con el *BRAHMOS I* y el interés de India y Rusia de avanzar en las capacidades necesarias para el desarrollo de vectores hipersónicos dio lugar a partir del 2010 al Programa *BRAHMOS 2*. Este continúa en el marco del Acuerdo con Rusia, al punto que algunos expertos citan al misil Hindú como una versión del ZIRKON ruso citado anteriormente. Este misil, del tipo *air-breathing* está equipado con un motor Scramjet para su fase de crucero, que le permitiría un alcance de 290 kilómetros y velocidades de hasta MACH 7. Si bien se continúan respetando las restricciones del MTCR¹⁷¹, se estima que el misil tendría un alcance real cercano a 500 kilómetros.

¹⁶⁸ <http://www.brahmos.com/index.php>.

¹⁶⁹ MTCR: Missile Technology Control Regime.

¹⁷⁰ Fire and forget (F&F): Dispare y olvide. Método de guiado de misiles considerado de tercera generación. Se emplea éste término para todo misil que no requiere ser guiado por terceros después de su lanzamiento, siguiendo su trayectoria hacia el objetivo de manera totalmente autónoma. Normalmente la información acerca del blanco es programada previo al disparo.

¹⁷¹ MTCR: Missile Technology Control Regime.

Según fuentes rusas, la sorprendente velocidad alcanzada por este misil de crucero que lo convertiría también en el “más veloz” de su clase, se debería, entre otras cosas, al desarrollo de una formulación especial de combustible, para vehículos aéreos en régimen hipersónico, que constituye uno de los secretos más celosamente guardados del programa¹⁷².

El desarrollo prevé su lanzamiento desde múltiples plataformas, aéreas, navales, submarinas, e incluso desde plataformas móviles terrestres. Se tiene conocimiento de que Rusia lo ha ensayado en condiciones operacionales desde sus destructores multipropósito de “Cuarta Generación”¹⁷³.

En 2015, el BRAHMOS 2 fue oficialmente presentado en el “Bangalore Air Show”, estimándose que en el 2020 estaría disponible para su comercialización. Según fuentes de India, existiría interés en países como: Sudáfrica, Indonesia, Vietnam, Malasia, Egipto, Sri Lanka, Omán, Brasil, Chile y Venezuela entre otros¹⁷⁴.

e. Alemania

La investigación y desarrollo en tecnologías hipersónicas se lleva adelante en un Centro de Investigación de actividades aeroespaciales estatal, el *Institute of Aerodynamic and Flow Technology* –DLR. Este instituto lleva

FIGURA 36: MISIL DE CRUCERO SUPERSÓNICO BRAHMOS I. (INDIA)

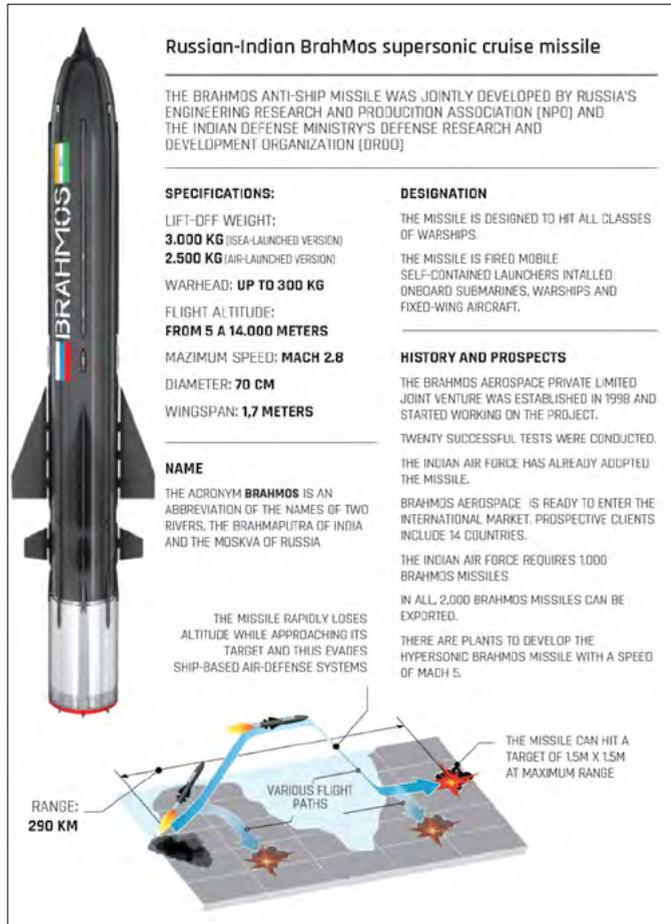


FIGURA 37: MISIL DE CRUCERO HIPERSÓNICO BRAHMOS 2 (INDIA)



¹⁷² <https://sputniknews.com/military/201502201018535730/>

¹⁷³ <http://www.brahmos.com/content.php?id=27>

¹⁷⁴ Para mayor información de fuentes oficiales, se puede consultar la página de “Brahmos Aerospace”: <http://brahmos.com/>.

varias décadas desarrollando investigaciones en el área, pero no necesariamente para su empleo militar. Está orientada específicamente a “*dominar la tecnología*” requerida para avanzar en cualquiera de las ramas, según las necesidades futuras.

Uno de sus programas más relevantes es el *Sharp Edge Flight Experiment (SHEFEX)*¹⁷⁵. El propósito de este programa es la investigación del comportamiento aerodinámico y los problemas térmicos que resultan de la utilización de diferentes configuraciones y formas para el lanzamiento de futuros vectores hipersónicos, así como *vehículos de reentrada*¹⁷⁶.

Se desarrollan y ensayan vectores del tipo *Boost glide*, con los que se busca adquirir experiencia en el comportamiento de los materiales y estructuras, especialmente en la fase y proceso de reentrada del vehículo.

El SHEFEX II se lanzó en Noruega en el año 2012, empleando un motor cohete configurado en dos etapas de propulsión y llevando una importante carga de sensores específicos. En su apogeo, el mismo alcanzó una altura de 177 kilómetros, con velocidades cercanas a MACH 9.

La información aportada por la variedad de sensores permitió obtener gran cantidad de datos tanto de las fases de ascenso como descenso y mediciones de P y T en diferentes puntos de la estructura, así como la fluctuación de los valores en función de los diferentes ángulos de ataque, en distintas condiciones de altura y velocidad, todo ello de gran utilidad para posteriores desarrollos¹⁷⁷. Y lo más importante y que resulta el objetivo final del proyecto, adquirir conocimiento y experiencia para investigadores y desarrollistas.

Si bien no se conocen previsiones de programas específicos de empleo militar, obviamente el dominio de estas tecnologías otorga la capacidad potencial de su aplicación en diferentes ámbitos según necesidades futuras. Un aspecto interesante para destacar, es que existen convenios de este país para desarrollos conjuntos con la Fuerza Aérea de Estados Unidos, Universidad de Queensland (Australia) y Japón.

f. El Ejército de Estados Unidos y las armas hipersónicas

Venimos observando en los últimos meses diversas declaraciones de autoridades del **Ejército de Estados Unidos** que manifestaban su interés por disponer de sistemas de armas hipersónicas, para su empleo desde plataformas terrestres. Nos preguntamos:

- > *¿Cuál es la razón por la cual un **Ejército requiere armas hipersónicas?***
- > *¿Por qué un Ejército demanda armas **tradicionalmente asignadas a la Fuerza Aérea o Armada**, que requieren disponer orgánicamente, de **capacidad de ejecutar misiones de fuego de largo alcance**, empleando misiles de **Crucero**, aeronaves de ataque o bombarderos?*

Como mencionamos en la introducción del presente trabajo, dentro de las “**6 Prioridades de Modernización**”¹⁷⁸ definidas para el Ejército de Estados Unidos, una de las más destacadas es la capacidad de “*Long Range Precision Fires -LRPF*”. Básicamente disponer de Fuegos de Apoyo con: capacidad de respuesta más rápida – a más distancia – con más precisión – más letales.

Los *LRPF* incluyen como objetivos principales: la modernización de las armas de tubo y sus proyectiles - Dotar de mayor precisión y alcance a sus sistemas de Cohetes - Dotar de mayor

¹⁷⁵ <https://core.ac.uk/download/pdf/11135470.pdf>.

¹⁷⁶ T. Eggers, A. Stammering y otros. “The Hypersonic Experimente SHEFEX”.

¹⁷⁷ DLR: “Aerodinamics Analisis and design”. Fuente: https://www.dlr.de/as/en/desktopdefault.aspx/tabid-190/391_read-14541/.

¹⁷⁸ Tal cual lo planteamos al inicio del presente trabajo, las prioridades de modernización de US Army son: Long Range Precision Fires – Soldier Lethality – Vertical Lift – Next Generation Combat Vehicle – Network – Air and Missile Defense Capabilities.

alcance en sus sistemas de Misiles. Como podemos observar entonces, el interés del Ejército de Estados Unidos por las armas hipersónicas está alineado con los objetivos de modernización definidos por sus autoridades. Por ello, incorporar estas revolucionarias tecnologías resulta una lógica mejora y un incremento de su capacidad para proporcionar *LRPF* en apoyo de las operaciones.

Los *LRPF* actualmente son ejecutados por sus principales sistemas de artillería de vectores de largo alcance, como el *GMLRS* y *ATACMS*¹⁷⁹. Debido a los avances en el área, el alcance de esos sistemas y su capacidad de respuesta no resultarían satisfactorios, dejando a esta fuerza en inferioridad de condiciones frente a sus eventuales oponentes.

Por otra parte, el interés del Ejército de Estados Unidos en estas armas no es una novedad. Años atrás, llevó adelante un programa denominado *Advanced Hypersonic Weapon* con la finalidad de obtener un sistema hipersónico para ser lanzado desde plataformas terrestres. Ensayado con éxito en el 2011, empleaba para la etapa inicial alguno de los motores cohete y lanzadores ya existentes en servicio. En el 2014, se realizaron nuevos ensayos, pero los resultados no fueron satisfactorios y el programa fue suspendido.

A la fecha y enmarcado en los *LRPF*, la idea ha retomado impulso con el objetivo de obtener un sistema de vectores, que supere incluso el alcance de 500 kilómetros establecido por el tratado "Intermediate Range Nuclear Forces Treaty - INF"¹⁸⁰, que China nunca suscribió y Rusia, pese a haberlo firmado, tampoco ha cumplido¹⁸¹.

El alcance que hoy tienen los sistemas del Ejército de Estados Unidos se considera insuficiente para hacer frente a una guerra de escala global con sus principales oponentes. Y disponer de mayores alcances no debe ser considerado como una superposición de roles, sino como sinergia entre las capacidades disponibles en las diferentes fuerzas¹⁸².

Desde el punto de vista defensivo, un lanzador terrestre móvil puede ocultarse fácilmente en zonas boscosas, ciudades, posiciones enmascaradas, etc., en lugares donde los sistemas navales no pueden hacerlo. Esto dificulta al oponente su destrucción previa al lanzamiento.

Desde el punto de vista ofensivo, si los sistemas de defensa aérea del oponente neutralizan los ataques aéreos o navales propios, allí estarán todavía los sistemas terrestres para atacar, con mayores alcances y velocidad de respuesta¹⁸³. Ello permitiría responder a un ataque desde diferentes frentes y con el concepto de "multi-domain operations"¹⁸⁴, lo que garantiza el mantenimiento de la superioridad relativa y la libertad de acción.

Por otra parte, esta iniciativa sigue los lineamientos establecidos por las autoridades del Ministerio de Defensa¹⁸⁵, que establecen directivas concretas para los nuevos sistemas a desarrollar. Los mismos deben respetar el concepto de "Multi-servicio", lo que implica disponer de suficiente flexibilidad y modularidad, como para ser adaptados y empleados en diferentes plataformas

179 GMLRS: Guided Multiple Launch Rocket System – ATACMS: Artillery Tactical Missile System.

180 INF Treaty: <https://www.armscontrol.org/factsheets/INFtreaty>.

181 https://breakingdefense.com/2018/08/army-warhead-is-key-to-joint-hypersonics/?utm_campaign=Breaking%20News&utm_source=hs_email&utm_medium=email&utm_content=65399115&_hsenc=p2ANqtz--W8HZPP8g5ORTCL4q1v0_fEO1gRCn51b50FG_gqujRqQyK6tjBFPEsY-kEWoEzDi-s3rLy1-Y1EYwJD_GuzFnFSM_w&_hsmi=65399115.

182 Idem.

183 "Army's warhead is key to joint hypersonics". Fuente: https://breakingdefense.com/2018/08/army-warhead-is-key-to-joint-hypersonics/?utm_campaign=Breaking%20News&utm_source=hs_email&utm_medium=email&utm_content=65399115&_hsenc=p2ANqtz--W8HZPP8g5ORTCL4q1v0_fEO1gRCn51b50FG_gqujRqQyK6tjBFPEsY-kEWoEzDi-s3rLy1-Y1EYwJD_GuzFnFSM_w&_hsmi=65399115.

184 "Multi-domain operations". Fuente: http://www.airpower.au.af.mil/apjinternational/apj-c/2016/2016-2/2016_2_04_reilly-E.pdf

185 US DoD: Departamento de defensa de Estados Unidos.

terrestres, aéreas o navales. Y las armas hipersónicas y los presupuestos que se asignan para su desarrollo e implementación, deben respetar esa premisa fundamental.

Todo lo mencionado anteriormente, nos permite comprender por qué el Ejército de Estados Unidos también "quiere" armas hipersónicas.

g. La fabricación aditiva (3D PRINTING): Empleo en sistemas hipersónicos

Dado que el tema central que tratamos en esta parte del trabajo son las tecnologías específicas para el área de hipersónicos, considero conveniente realizar una breve mención acerca del impacto que también en esta área está teniendo la revolucionaria tecnología de producción denominada Fabricación Aditiva (*Additive Manufacturing* - AM) y conocida también como "*3D - Printing*".

En versiones anteriores de nuestra publicación TEC1000¹⁸⁶, ya hicimos mención a su aplicación específica a la fabricación de componentes de armas portátiles, así como a partes de proyectiles de mortero o pequeñas piezas de cohetes y misiles. También vimos cómo algunas Fuerzas Armadas ya las han incorporado a su sistema logístico¹⁸⁷, desplegando unidades móviles de AM en módulos contenedores que tienen el equipamiento y la información técnica necesaria en formato digital, como para fabricar en muy poco tiempo y bajo costo, pequeñas piezas de recambio para armamento o sistemas varios.

Muchos fabricantes de motores cohete fabrican ya piezas vitales para sus productos con AM y hasta la misma empresa **SpaceX**¹⁸⁸, emplea esta revolucionaria tecnología para sus proyectos de cohetes espaciales.

Otro ejemplo sorprendente es el de la **NASA** que tiene un equipo denominado "AMF - Additive Manufacturing Facility" en la INTERNATIONAL SPACE STATION¹⁸⁹. Este asiste a las tripulaciones, en necesidades propias del mantenimiento de la estación espacial para construir herramientas nuevas o reparar pequeñas secciones de la instalación en casos de emergencia.

El impulso que las grandes potencias están dando al desarrollo de sistemas de armas hipersónicas y los desafíos tecnológicos que los diferentes programas presentan, han motivado que se ponga especial interés en la AM, como una tecnología clave para la fabricación de determinados componentes que resultan muy costosos y difíciles de producir con los sistemas tradicionales. La posibilidad que da AM de construir piezas, "*punto por punto y capa por capa*" resulta muy útil cuando se fabrican aeronaves, vehículos espaciales o vectores en general.

Pero cuando específicamente nos referimos al desarrollo de misiles hipersónicos, observamos que se requieren materiales muy especiales y piezas o componentes con geometrías realmente

FIGURA 3B: IMPRESORA 3D EN EL ESPACIO. ADDITIVE MANUFACTURING FACILITY. (AMF)



186 TEC1000 es una publicación anual del Centro de Estudios de prospectiva tecnológica Militar "Grl Mosconi" (CEPTM), perteneciente a la Escuela Superior Técnica del Ejército Argentino (Facultad de Ingeniería del Ejército). <http://www.ceptm.iue.edu.ar/tec1000-17/>.

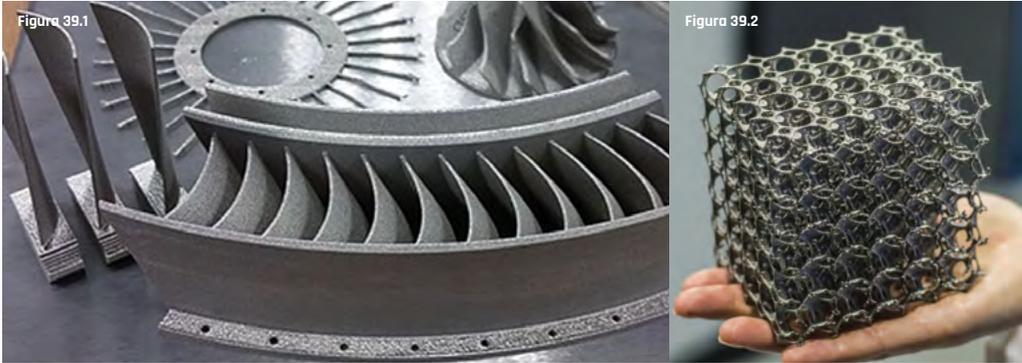
187 Como es el caso de los US Marines en sus unidades logísticas orgánicas a nivel brigada. O como la Armada de República Popular China (PLA) en sus portaaviones y buques logísticos.

188 SpaceX: Compañía de EUA cuyo propietario es Elon Musk. Desarrolla, fabrica y efectúa el lanzamiento de cohetes y naves espaciales. Fundada en 2002, como una empresa destinada a producir cambios revolucionarios en las tecnologías aeroespaciales, con el objetivo final de lograr que los seres humanos puedan vivir en otros planetas. Fuente: <https://www.spacex.com/about>

189 https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/2198.html

complejas, que solo se pueden lograr con AM. Además, los costos finales de fabricación resultan cada vez más aceptables, para un futuro pasaje a la etapa de producción.

FIGURA 39: PIEZAS COMPLEJAS REALIZADAS CON AM (ALGUNAS DE ELLAS PARA LA INDUSTRIA AERONÁUTICA)



Esto ha motivado que muchas empresas incursionen progresivamente en las aplicaciones específicas de AM para satisfacer necesidades de componentes de las armas hipersónicas. Las empresas RAYTHEON y ORBITAL ATK, son algunas de ellas.

La empresa RAYTHEON emplea desde hace años la AM para la fabricación de algunas piezas del proyectil guiado de artillería “EXCALIBUR”, utilizado por Estados Unidos en Iraq y Afganistán, así como en muchos otros productos.

RAYTHEON también compete para formar parte de dos grandes proyectos de armas hipersónicas financiados por DARPA, que ya hemos mencionado anteriormente (Proyectos TBG y HAWC)¹⁹⁰. Sus profesionales han expresado que la AM, presenta soluciones concretas a uno de los problemas críticos que tiene el vuelo hipersónico, relacionado con las temperaturas extremas que en este se generan.

La necesidad de desarrollar piezas con formas muy específicas para los motores, que requieren de una verdadera red compleja de conductos que faciliten y optimicen el flujo del aire, para una mayor refrigeración de los componentes en el caso de Scramjet, sólo puede ser logrado de manera asequible con AM¹⁹¹.

Como expresan los ingenieros de **RAYTHEON**, la única manera de construir piezas con esas geometrías y materiales especiales, es “haciendo crecer las piezas capa por capa”, como sólo se puede lograr con AM, en lugar de fabricarlas por otros métodos como inyección, moldeo o los extractivos tradicionales.

FIGURA 40: RAYTHEON EMPLEA ADDITIVE MANUFACTURING (AM) PARA ALGUNAS PIEZAS DEL PROYECTIL DE ARTILLERIA EXCALIBUR Y MISILES.



¹⁹⁰ TBG (Tactical Boost Glide) y HAWC (Hypersonic Airbreathing Weapons Concept).

¹⁹¹ <https://breakingdefense.com/2016/03/3d-printing-key-to-hypersonic-weapons-raytheon/>

Otro caso de interés es el de la empresa **ORBITAL ATK**, reconocida mundialmente por sus aportes en tecnología de avanzada en el área de armamentos. Esta empresa ha venido observando el acelerado avance de los proyectos de hipersónicos y sus directivos están convencidos de que, en algún momento, el desarrollo de las cabezas de guerra pasará a ser también una prioridad. Por ello y anticipándose a la “demanda”, han decidido invertir preventivamente en el desarrollo de componentes para las cabezas de guerra de misiles hipersónicos. Y saben que para ello, la tecnología de AM resulta una herramienta vital.

Un sector de la empresa denominado *Warheads Development Programs* ya viene trabajando en proyectos que están enmarcados en el concepto de *Lethality Enhanced Ordnance – (LEO)*¹⁹². Aplicado inicialmente a proyectiles de artillería y morteros, tiene por objetivo desarrollar y experimentar diferentes diseños de la cabeza de guerra, que permitan obtener determinados patrones de fragmentación, progresivos y controlados, con el fin de incrementar la letalidad de los proyectiles explosivos. Y eso sólo puede ser logrado con la manera de conformar las piezas que se logra con AM.

Esta empresa ha adquirido enorme experiencia en el desarrollo de proyectiles de mortero y artillería fabricados con AM, habiendo realizado en abril de 2018 ensayos de fragmentación controlada con cabezas de guerra de 23 kilos, destinados a su eventual empleo en futuros proyectiles hipersónicos. Como mencionamos antes, **ORBITAL ATK** se ha impuesto el objetivo de disponer de suficiente experiencia, información técnica necesaria y capacidad de respuesta adecuada, para cuando la etapa de ensayo integral de los misiles con su cabeza de guerra comience¹⁹³.

Podemos observar así cómo las empresas que desean participar activamente en los proyectos del sector de defensa hacen un enorme esfuerzo, muchas veces con erogaciones “a riesgo propio”, para mantenerse actualizados en las tecnologías “de punta” relacionadas con estos modernos sistemas. Comprenden que es la única manera de, llegado el momento, poder competir en condición de paridad con otras empresas, por la asignación de las partidas presupuestarias que normalmente sustentan estos proyectos. Y en las grandes potencias y en proyectos del área de la Defensa, nadie quiere quedar fuera de la competencia.

4. Implicancias del desarrollo de sistemas hipersónicos

a. El replanteo de los sistemas de Defensa Aérea y Misilísticos

Como vimos anteriormente, la capacidad de desarrollo de armas hipersónicas se encuentra concentrada en muy pocos países y se estima que solamente tres ellos estarían en condiciones de hacer operativos estos sistemas en el mediano plazo. (*Estados Unidos - Rusia - China*).

Sin embargo, el acceso a la tecnología se ha facilitado enormemente en los últimos años, por lo que no se puede descartar que estén disponibles para otros países en un futuro cercano. Uno podría ser el caso del misil de crucero hipersónico Indo / Ruso *Brahmos 2*, que se ha publicitado para su comercialización una vez finalizado el desarrollo.

Ocurre entonces que, de producirse un acceso indiscriminado a vectores hipersónicos e incluso a simples misiles de crucero, esto no solamente afectaría a aquellos países que carecen de sistemas de defensa aérea y marina. Porque de progresar y llegar a hacerse operacionales,

¹⁹² LEO: “Lethality Enhance Ordnance”. Munición de Letalidad Mejorada.

¹⁹³ https://www.defensenews.com/land/2018/04/09/orbital-atk-tests-partially-3d-printed-warhead-for-hypersonic-weapons/?utm_source=Sailthru&utm_medium=email&utm_campaign=Defense%20DNR%2004-09-18&utm_term=Editorial%20-%20Daily%20News%20Roundup.

hasta los más modernos sistemas disponibles podrían resultar insuficientes para neutralizar las amenazas, particularmente de los *misiles de crucero anti -buque*.

Algunos ejemplos para considerar son el ataque con un misil de crucero al destructor *USS Mason (DDG-87)* en las costas de Yemen en 2016, neutralizado por una acción sincronizada de sistemas sensores y de interceptación disponibles en ese moderno buque de la clase AEGIS. También se produjo un ataque a un buque de Emiratos Árabes en el mismo año o el ataque con un misil de crucero a una corbeta israelí en 2006¹⁹⁴.

Expertos en defensa aérea y marina coinciden en que, años de superioridad aérea y naval por parte de las Coaliciones Occidentales, en los escenarios de combate en los que han participado, han llevado a un exceso de confianza acerca de las capacidades ciertas de los sistemas que recién pueden ser probados en condiciones reales cuando el conflicto ya se inició¹⁹⁵.

Como vimos anteriormente, el ataque con armas hipersónicas se caracteriza por su escaso tiempo de preaviso y en muchos casos nula posibilidad de respuesta. Esto y la dificultad de saber a ciencia cierta cuál es el blanco que está siendo atacado, debido a la trayectoria impredecible del vector, aumentan la vulnerabilidad de cualquier sistema. Según expertos en la materia, en algunos casos ni siquiera importa que la amenaza sea detectada. Porque aunque el sistema de radares y sensores diera el alerta, no se estaría en capacidad de adquirir y neutralizar un vector con esas características.

Volviendo al caso de las principales potencias, Estados Unidos ha estado en las dos últimas décadas haciendo la guerra contra adversarios de menor poder militar y en los que su componente Aéreo o Naval operaba siempre con “superioridad propia” y normalmente con muy bajo riesgo para sus grandes plataformas de combate. La mayor parte del esfuerzo bélico era llevado adelante por fracciones de las fuerzas terrestres, altamente móviles y que empleaban apoyo de fuegos de precisión a requerimiento. Y esos elementos de apoyo de fuego rara vez se encontraban “bajo amenaza”.

Pero ocurre que los sistemas de defensa aérea y marina disponibles, aún los que se consideran más avanzados y que se están adquiriendo hoy, poseen equipamiento para la detección – adquisición - respuesta, diseñados y preparados para un tipo de amenazas que se aproximan en regímenes de velocidad “normales”, con una trayectoria predecible y otorgando un adecuado tiempo de preaviso.¹⁹⁶

Sobre la base de lo mencionado, tanto **Rusia** como **China** han dado un impulso enorme al desarrollo de sus propios sistemas misilísticos, particularmente los hipersónicos, que permitan, en caso de una confrontación, atacar desde el inicio de las hostilidades los principales sistemas del oponente. Sumado a ello, ya es una realidad el empleo de UAV de reconocimiento y adquisición de blancos, como soporte de las municiones guiadas, los misiles de crucero y balísticos. Y Rusia lo ha experimentado exitosamente con los UAV y la munición guiada en la guerra con Ucrania en 2015¹⁹⁷.

A lo anteriormente expresado, se agrega que existe todavía una activa participación de operadores humanos en el ciclo, y estos últimos podrían ser incapaces de responder adecuadamente, en los tiempos que transcurren desde que la amenaza es detectada hasta el impacto.

194 Distributed Defense. https://csis-prod.s3.amazonaws.com/s3fs-public/publication/171206_Karako_DistributedDefense_Web_0.pdf?GqH4lie2m_7aMFqFKMRWu.3vdT18tMdO

195 Como puede ser el caso ya citado como ejemplo del sistema de armas Super Ethendart / misil Exocet, que mostraron su extrema eficacia en combate durante la Guerra de Malvinas entre Argentina y RUGB.

196 Como podría ser el caso de un ataque empleando bombarderos estratégicos o ICBM.

197 Potomac Foundation (2015). Dr.P. Karber. “Lessons learned from the Russo – Ukrainian war”

Recordemos que nos referimos a un misil desplazándose a MACH 6, (2 kilómetros por segundo), pero siguiendo una trayectoria impredecible y con capacidad de realizar maniobras evasivas para sobrevivir a las defensas aéreas.

Se analiza y discute entonces en diferentes ámbitos la opción de retirar al operador humano del ciclo de decisión (“*Men out of the loop*”) y que todo el proceso quede en manos del sistema computarizado. Pero esa alternativa plantea tanto problemas de orden técnico como cuestiones de organización, en relación con las responsabilidades inherentes a la conducción misma de las operaciones militares y sus consecuencias.

Definitivamente, estamos ante una tecnología por ahora emergente, que dará lugar a discusiones en los más diversos ámbitos, pero resulta evidente que de convertirse en disruptiva, obligará a repensar cuestiones de distinto orden.

Su instrumentación como sistemas de armas obrará como “multiplicador del poder de combate” de aquellos que dispongan de estas armas en sus arsenales, otorgándoles una enorme ventaja ante la eventualidad de un conflicto.

b. Un nuevo desafío para la proliferación de las tecnologías específicas

Debido al incremento de la investigación y desarrollo en estas tecnologías, dispersas en diferentes países, con variados grados de libertad en organizaciones estatales o privadas, universidades y empresas, conlleva también un potencial “riesgo de proliferación”. Existen entonces consideraciones de orden estratégico, relacionados con la paz mundial por los cuales el desarrollo de estas armas debería ser limitado o al menos debidamente monitoreado¹⁹⁸.

Si su disponibilidad se generalizara, en lugar de estar limitada a unas pocas potencias como ocurre actualmente, podría dar lugar a crisis que resultarían difíciles de controlar, una vez iniciadas. Los conflictos actuales con **Corea del Norte** o **Irán** son un ejemplo de ello. O casos como el ataque realizado por las milicias Houtis de Yemen en 2018, con misiles de mediano alcance sobre Ryhad, capital de Arabia Saudita, provocando daños en su aeropuerto, ponen en evidencia como grupos irregulares pueden acceder a tecnología de avanzada.

Además, aún en el caso de Fuerzas Regulares, el despliegue operacional de misiles hipersónicos generaría preocupación en aquellos que no las disponen, de ser “desarmado” por el oponente antes que comiencen las hostilidades a mayor escala. Es muy probable que en menos de una década, esta amenaza potencial pueda resultar el disparador de nuevas situaciones de crisis e inestabilidad¹⁹⁹.

Pero el riesgo incluso es para aquellas potencias que disponen y desarrollan esta tecnología. Existe la posibilidad de que un país que ya tenga desplegadas estas armas realice un ataque estratégico, violento y breve sobre otra, sólo para neutralizar determinados sistemas militares. (como por ejemplo, destruir una instalación crítica, de vigilancia, de Comando y Control o que produzca componentes vitales para determinado programa nuclear).

Esta situación obliga a las partes, a estar en forma permanente en un estado preventivo, denominado *Launch on warning*²⁰⁰. El mismo implica un grado máximo de alerta por el cual, ante el menor indicio de un potencial ataque “en curso”, es probable que el país agredido de-

¹⁹⁸ RAND Corp (2017). Richard H. Speier, George Nacouzi, Carrie A. Lee, Richard M. Moore. “Hypersonic Missile non- proliferation: Hindering the spread of a new class of weapons”

¹⁹⁹ Idem.

²⁰⁰ “Launch on warning”: Expresión empleada normalmente durante los años de la “Guerra fría”. Cuando una de las partes detectaba el lanzamiento de ICBM o un ataque nuclear en curso con otros medios, a su vez respondía con un ataque preventivo en respuesta, a fin de evitar que sus propios sistemas nucleares fueran destruidos. La disuasión que ello generaba, constituía cierta garantía de “no agresión” mutua.

cida lanzar un ataque preventivo como réplica. En ese caso, resultará difícil determinar y discriminar adecuadamente, si el vector lanzado por el oponente, *constituye o no una agresión del tipo Nuclear*. Todo ello pone a las partes en una situación de permanente inestabilidad, que motiva incluso que cada vez más países pugnen por acceder a sofisticados sistemas de respuesta, inclusive del tipo hipersónico.

Pero es cierto además, que en la medida que la disponibilidad de estas sofisticadas armas se generalice, existirán mayores posibilidades de generar nuevas crisis.

Un aspecto que obra como freno a la proliferación es que existen una cantidad de barreras tecnológicas difíciles de atravesar, incluso para aquellos países que hace décadas están trabajando en estos desarrollos. El manejo de las enormes cargas mecánicas y térmicas derivadas del régimen de vuelo hipersónico, el desarrollo de nuevos materiales, aspectos estructurales y comportamiento aerodinámico del vector, la propulsión para el caso de los HCM²⁰¹ así como el guiado y control, son algunas de ellas.

Otro tema que obra como freno a la proliferación es la disponibilidad de equipamiento específico para simulación, así como los costosos bancos de ensayo y túneles de viento para regímenes de vuelo hipersónico. Requiere además de conocimientos y experiencia, así como importantes recursos humanos, materiales y económicos, que sólo están al alcance de unos pocos países. Todo ello oficia de “barrera natural” de contención de la proliferación²⁰².

Respecto de la forma de regular la proliferación de estas tecnologías, el modelo adecuado parece ser es el aplicado con el MTCR²⁰³, que en su legislación ya incorpora el control sobre tecnologías y ciertos componentes de empleo en armas hipersónicas. Sin embargo, como el objetivo del MTCR es controlar y evitar la proliferación sólo de misiles y sus componentes críticos, cuya carga letal contenga componentes QBN, que además satisfagan determinadas condiciones de alcance y carga útil, el citado tratado no alcanzaría por ahora a los vectores hipersónicos²⁰⁴.

Por todo lo expresado, la llegada de estas tecnologías, también da lugar a la necesidad de alcanzar acuerdos específicos entre las Naciones, a fin de establecer regímenes de control eficaces, que permitan mitigar el impacto de su proliferación sobre la paz mundial.

5. A modo de resumen de hipersónicos

- a. Los expertos de muchos países discuten acerca de la necesidad y conveniencia de continuar invirtiendo en grandes sistemas nucleares de disuasión. Es que de iniciarse una confrontación nuclear, lo único que está asegurado es la destrucción total de las partes y una catástrofe para la humanidad. Paradójicamente, cuanto más débiles son los enemigos, menos justificable pasa a ser la opción nuclear. Porque, además, como se sabe que su empleo está vedado por una cuestión de desproporcionalidad, seguramente los escenarios que veremos serán pequeños conflictos muy localizados, que demandan otras opciones más eficientes y razonables que la nuclear.
- b. Por sus características, las armas hipersónicas son una opción “no nuclear”, apta para ser empleada tanto en el campo táctico como el estratégico, con un rango de capacidades y di-

²⁰¹ HCM: Hipersonic Cruise Missile.

²⁰² RAND Corp (2017). Richard H. Speier, George Nacouzi, Carrie A. Lee, Richard M. Moore. "Hypersonic Missile non-proliferation: Hindering the spread of a new class of weapons"

²⁰³ Missile Technology Control Regime.

²⁰⁴ RAND Corp (2017). Richard H. Speier, George Nacouzi, Carrie A. Lee, Richard M. Moore. "Hypersonic Missile non-proliferation: Hindering the spread of a new class of weapons"

versidad de empleo verdaderamente revolucionario, que hasta podrían ser utilizadas como medio para neutralizar la infraestructura y los sistemas nucleares del oponente. Esto ha obligado a una carrera entre las potencias, para ver quién es capaz de desplegarlos con capacidad operativa, anticipándose al resto.

- c. Se prevé que en los futuros conflictos, tal como se observó en los últimos años, resultará importante disponer de: capacidad de batir blancos específicos – a gran distancia – en cualquier punto del planeta – con enorme precisión – muy rápido.
- d. Las armas hipersónicas incorporan la velocidad de los ICBM, con la capacidad de maniobra de los misiles de crucero. Estas dos características dan como resultado una mayor capacidad de supervivencia, por ser mucho más compleja su detección, adquisición y neutralización por parte de los sistemas de defensa aérea y marina actuales.
- e. El enorme avance alcanzado en los sistemas de guiado con precisiones impensadas hace sólo unas décadas atrás, ha dado un impulso extraordinario a estas armas. Basta imaginar que varios de estos misiles sean capaces de impactar simultáneamente en la superficie de un portaaviones de última generación, estratégicamente ubicado en cualquier punto de la superficie terrestre y de esa manera, neutralizar o al menos disminuir la capacidad de un “*Navy Battle Group*” en operaciones.
- f. Si bien se las suele considerar armas estratégicas, se analiza también el empleo de las armas hipersónicas en el “marco táctico”, lo que podría resultar vital para neutralizar desde el inicio de las operaciones, los principales sistemas del oponente. Fuegos de largo alcance orgánicos que permitan una respuesta rápida - alta velocidad - alta maniobrabilidad – precisión extrema – dificultad para ser detectadas y neutralizadas – reducido daño colateral, serían los principales aportes de estas armas para un comandante táctico.
- g. Se trata de una tecnología emergente (TE), potencialmente disruptiva, que obliga a repensar los sistemas de defensa aérea y marina. Los sistemas actuales no estarían en capacidad de responder en tiempo adecuado, como para detectar y adquirir la amenaza, así como los más modernos misiles existentes resultarían ineficaces para neutralizarlas. Un informe del *US AIR FORCE Studies Board*, alerta acerca de la incapacidad de Estados Unidos de defenderse contra sistemas aéreos convencionales²⁰⁵, altamente maniobrables del tipo *High- supersonic* o hipersónicos. La velocidad, su perfil de vuelo y su alta maniobrabilidad podrían hacerlos inmunes a los sistemas de defensa aérea y marina que Estados Unidos desarrolló para hacer frente a la amenaza de los ICBM y los misiles de crucero de baja velocidad²⁰⁶.
- h. Estados Unidos en su *2018 National Defense Strategy* ha identificado a Rusia y China como potenciales desafíos a la seguridad. Y dentro de ello, se resalta a la “tecnología de hipersónicos”, como un elemento clave para un probable desbalance futuro en las capacidades militares estratégicas²⁰⁷.
- i. Relacionado con el punto anterior, la *National Defense Industrial Association (NDIA)* ha identificado a las armas hipersónicas como tecnologías emergentes que cambiarán incluso hasta el carácter de la guerra. Esto demanda una absoluta transformación e integración entre gobierno, industria y Fuerzas Armadas para asegurar la ventaja tecnológica de ese país ante un eventual conflicto. En orden a ello, han convocado para el 13 de diciembre de 2018 al lan-

²⁰⁵ No nucleares.

²⁰⁶ <https://www.dsiac.org/resources/news/us-signals-major-boost-hypersonic-weapons-2019EMAIL>

²⁰⁷ <http://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2018/6/21/selva-us-will-fall-behind-china-unless-rd-investments-made>.

zamiento de la denominada *Hypersonics Community of Influence* con el objetivo de integrar sinérgicamente las capacidades y potencialidades disponibles en ese país.²⁰⁸

- j. Un RIESGO: La proliferación. Pequeños países pueden obtener estas tecnologías con el fin de realizar ataques específicos, resultando una amenaza creciente incluso para las grandes potencias.
- k. Los misiles de crucero (*Hypersonic Air-Breathing*) y su empleo en países con menores recursos podría generar desbalances en el poder militar entre los mismos, por resultar una alternativa de empleo muy apropiada para conflictos de carácter regional. Y ello aumenta la potencialidad de conflictos, ante la amenaza de su empleo y la réplica de aquel que se sienta amenazado.
- l. MERCADO POTENCIAL: Quien disponga de la capacidad de desarrollo de las tecnologías y esté dispuesto a comercializarla, generará un mercado potencial de gran interés pero de enorme riesgo global, que podría resultar muy difícil de controlar. Ello exige un régimen especial de control del desarrollo e incorporación de estos sistemas, al estilo MCTR, etc.
- m. Sin embargo, por ahora y tal vez por varias décadas, la tecnología de armas hipersónicas seguirá siendo un medio más de disuasión y parte del “juego de poder” relativo entre las Grandes Potencias.
- n. Un aspecto importante: Proyectos comunes entre los países que permitan un adecuado intercambio de información y experiencias mutuas en aspectos que tienen una enorme complejidad técnica generan sinergias para avanzar más rápidamente en el dominio de la tecnología, posicionando mejor a las partes para un eventual empleo futuro. Casos como proyecto HiFIRE (Estados Unidos/Australia) o el SHEFEX (Alemania / Estados Unidos / Japón) son algunos ejemplos de esfuerzos sinérgicos en el área.
- o. ¿Por qué son potencialmente tecnologías disruptivas? Velocidades de escala hipersónica, mayores alcances, precisión extrema, difíciles de neutralizar, en armas cada vez más pequeñas, se presentan entonces como la opción de disponer, tanto en el marco estratégico como táctico, de nuevas herramientas para ser más letales, a mayores distancias y con mayor autonomía. Esas son las capacidades que proporcionan los sistemas de armas hipersónicas.

7. MERCADO

Si bien el objetivo primario del presente trabajo es desarrollar el estado del arte y evolución de algunas tecnologías emergentes, potencialmente Disruptivas en el área de los Fuegos de Precisión de Largo Alcance (*LRPF*), creíamos conveniente como parte de las tareas de Vigilancia Tecnológica que realizamos en el CEPTM “*Mosconi*”, presentar algunos datos de interés respecto de la situación global del mercado de la defensa, así como de las empresas que participan en el sector denominado A&D “*Aerospace & Defense*”.

a. SITUACIÓN GLOBAL

Tomamos como referencia lo expuesto por el *SIPRI* (*Stockholm International Peace Research Institute*) en su Informe anual de 2017²⁰⁹. Tomamos información consolidada de interés, para tener una idea general de los gastos globales en el sector de defensa y la participación de las empresas del rubro A&D. La información presentada es la de carácter público de los respectivos países y abarca fundamentalmente los años 2016 y 2017²¹⁰.

²⁰⁸ <http://www.ndia.org/events/2018/12/13/9ld1-hypersonics-senior-executive-series>.

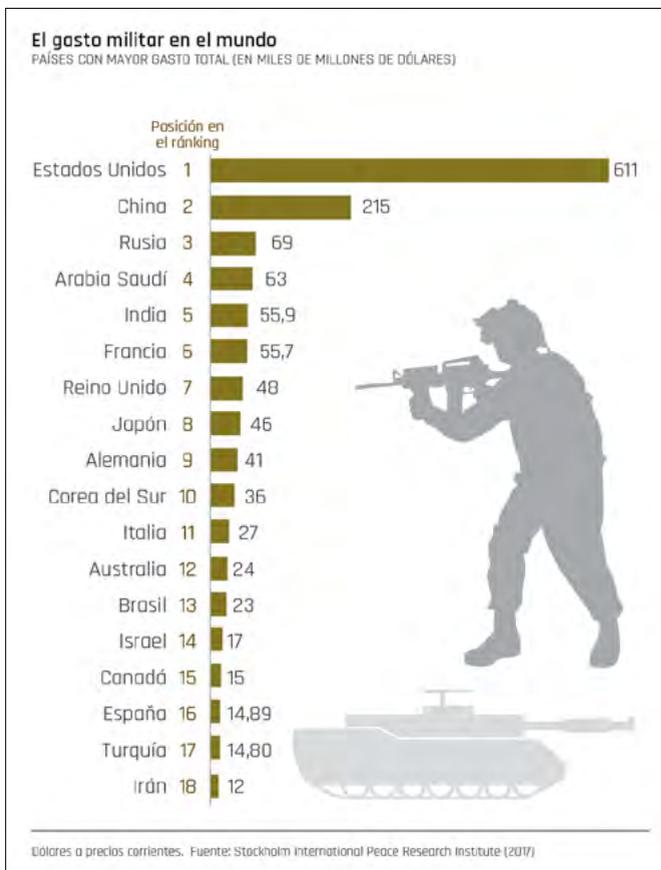
²⁰⁹ SIPRI (2017). N. Tian, A. Fleurant, A. Kuimova, P. Wezeman, D. wezeman. “Trends in World Military expenditure 2017”. Fuente: https://www.sipri.org/sites/default/files/2018-05/sipri_fs_1805_milex_2017.pdf

²¹⁰ Idem.

1. Información global consolidada de interés

- Los gastos totales en el sector de defensa (**GME - Global Military Expenditure**) en el año 2017 fueron de **US\$ 1.739 billones** y ello significó un incremento del **1,1 por ciento** respecto del 2016.
- Ese **GME** representa un **2,2 por ciento** del Producto Bruto Interno Global (**GDP – Gross Domestic Product**) calculado para el 2017 en US\$ 80.684 trillones²¹¹.
- Representa aproximadamente **US\$ 230** por habitante del mundo, valor que resulta de utilidad para dimensionar el impacto que producen en los diferentes países los recursos nacionales afectados a gastos militares.
- Los **cinco países con mayores gastos en defensa (2017)** son: Estados Unidos – China – Rusia - Arabia Saudita – India.
- El monto erogado por esos cinco países representa el **60 por ciento del gasto total en defensa- GME**.

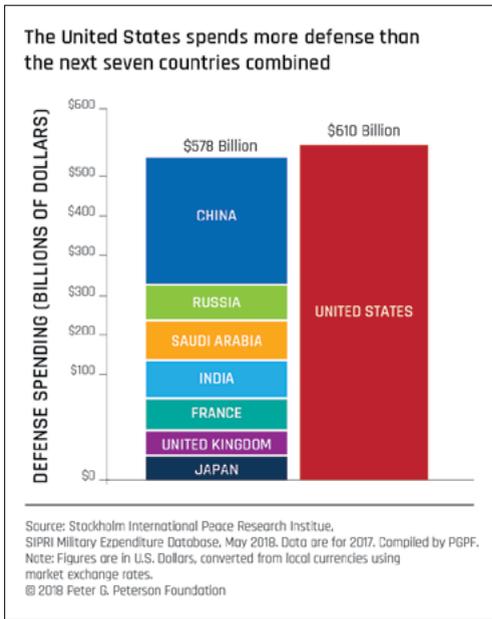
FIGURA 41: GASTOS MILITARES MUNDIALES (2017), PRINCIPALES PAÍSES



- El monto erogado por los 15 primeros países representa el **81 por ciento** del GME.
- Mientras el gasto de **Estados Unidos** prácticamente se mantuvo (US\$ 610 billones), China los incrementó en un 5,6 por ciento, Arabia Saudita en 9,2 por ciento e India en 5,5 por ciento. Rusia redujo sus gastos en un 20 por ciento.
- Relacionado con lo anterior, el gasto sólo de Estados Unidos representa **más de un tercio del GME** y ese valor es **2,7 veces mayor** que el país que le sigue en orden de importancia (China). Además, el gasto de Estados Unidos es **mayor que la suma de los siete países** que le siguen.

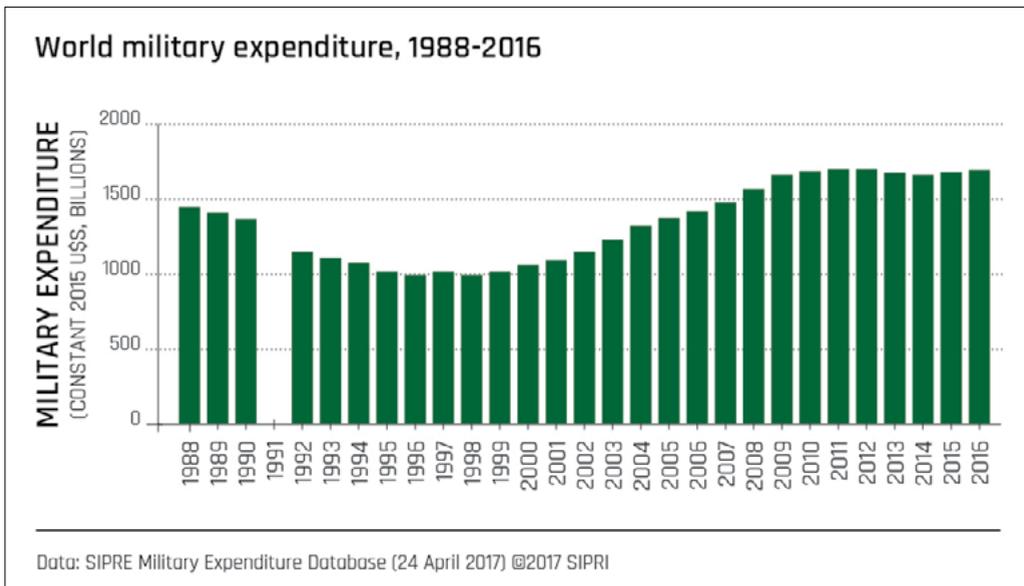
²¹¹ El GDP Global se estimó (2017) en US\$ 80.684 Trillones: World Bank Group. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD>.

FIGURA 42: GASTO MILITAR DE ESTADOS UNIDOS COMPARADO CON OTROS PAÍSES (2017)



- i. Considerando la evolución del GME en el período 1988 - 2016, se observa una tendencia creciente a nivel mundial desde 1999, que pareciera encontrar su equilibrio a partir del 2009. (La ausencia de datos de la Unión Soviética en el año 1991 motivó que no pudieran consolidarse los datos globales para ese año).
- j. Excepto el caso de **Arabia Saudita**, la mayoría de los países exportadores de petróleo han reducido sus gastos en defensa como consecuencia de la disminución del valor internacional de ese *commodity*²¹² y otros problemas económicos propios de cada uno de ellos.
- k. Considerando el impacto porcentual del gasto militar respecto del PBI de los países, 7 de los 10 primeros se encuentran en **Medio Oriente**: Omán (12 por ciento del PBI) – Arabia Saudita (10 por ciento) – Kuwait (5,8 por ciento) – Jordania (4,8 por ciento) – Israel (4,7 por ciento) – Líbano (4,5 por ciento) – Bahrein (4,1 por ciento).

FIGURA 43: EVOLUCIÓN DEL GASTO MILITAR MUNDIAL (1988 - 2016)



²¹² Se denomina Commodity a todo bien que es producido / extraído en masa por el hombre, del cual pueden existir incluso enormes cantidades disponibles en la naturaleza. Por lo tanto, establecido un estándar mínimo de calidad y propiedades, pueden comercializarse en el mercado global, fijándose para ellos un valor común de referencia.

1. Otro aspecto de interés que podemos observar es la evolución porcentual (% GME) del gasto en los principales países en un período de 10 años (2007 – 2016). Se puede ver cómo China – Rusia – India han incrementado sensiblemente sus gastos en defensa.

Debe tenerse en cuenta que esos tres países demoraron durante años la modernización de sus principales sistemas. Frente a la posibilidad de nuevos escenarios de conflicto en el mediano plazo, debieron invertir principalmente para la actualización e incorporación de nuevas plataformas terrestres, navales y aéreas, a fin de alcanzar una situación de paridad de fuerzas con sus eventuales oponentes.

FIGURA 44: EVOLUCIÓN PORCENTUAL DE LOS GASTOS MILITARES EN LOS PRINCIPALES PAÍSES (2007 - 2016)

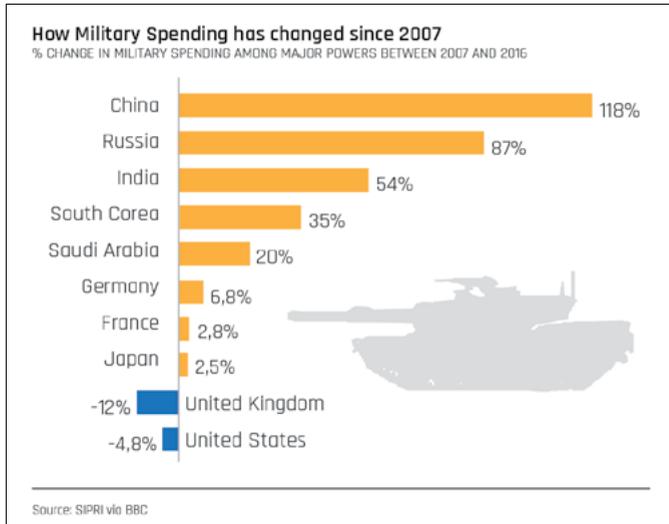
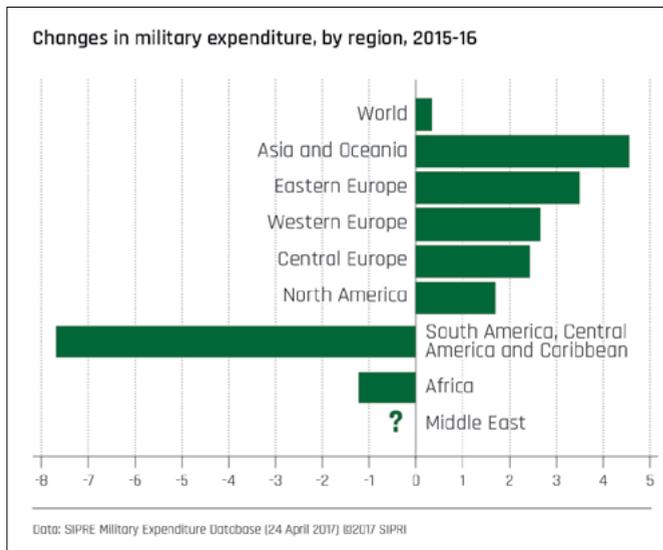


FIGURA 45: VARIACIÓN PORCENTUAL DEL GASTO MILITAR (POR REGIONES) EN EL PERÍODO 2015 - 2016



m. Evolución de los gastos militares por regiones

Otro gráfico de interés proporcionado por el informe de SIPRI²¹³ muestra la evolución del gasto en las diferentes regiones del mundo. Si bien a nivel global, los gastos se han mantenido con valores prácticamente constantes, observamos cómo Asia y Oceanía han incrementado los mismos gastos en algo más del cuatro por ciento y le siguen en orden de importancia las demás regiones. Particularmente podemos ver cómo Sudamérica, América Central y Caribe es la región en la cual los gastos en defensa han disminuido porcentualmente en mayor medida en el período 2015-

2016. Posiblemente, la ausencia de amenaza de un conflicto de magnitud “entre países” en el corto

²¹³ SIPRI (2017). N. Tian, A.Fleurant, A. Kuimova, P. Wezeman, D. wezeman. "Trends in World Military expenditure 2017". Fuente: https://www.sipri.org/sites/default/files/2018-05/sipri_fs_1805_milex_2017.pdf.

plazo, sumado a la inestabilidad económica y política en muchos de los casos, sea la razón por la cual se observe esa tendencia negativa en el gasto.

n. Gasto militar en países de América

Nos pareció de interés destacar lo ocurrido en el continente americano y sus gastos militares. Podemos observar que el gasto de dos países (Estados Unidos – Canadá) de US\$ 626 billones representa el **91 por ciento del gasto total** del continente. Obviamente en ambos países la inversión en tecnología para sus principales plataformas y sistemas de armas, así como el desarrollo de una industria de la defensa propia constituyen políticas de estado que se materializan a través de la continuidad en los programas de modernización y obtención, así como los presupuestos plurianuales asignados a los mismos.

FIGURA 46: GASTO MILITAR EN EL CONTINENTE AMERICANO (2007-2016)

Military expenditure in the Americas			
	Spending, 2017 (\$ b.)	Change (%) ^a	
		2016-17	2008-17
Americas ^b	695	0.0	11
Central America and Caribbean ^b	7.6	-6.6	39
North America	630	-0.2	-13
South America	57.0	4.1	17

^a Changes are in real terms. ^b Total Excludes Cuba.

Source: SIPRI Military Expenditure Database. © SIPRI 2018

o. Gastos en países de América Latina y Caribe

América Latina presenta altos índices de inseguridad que se potencian con el narcotráfico y la acción de bandas o paramilitares en algunos países. Como dato de interés, la proliferación de armas ilegales en la región de las denominadas livianas, se estima en unos 80 millones de armas²¹⁴.

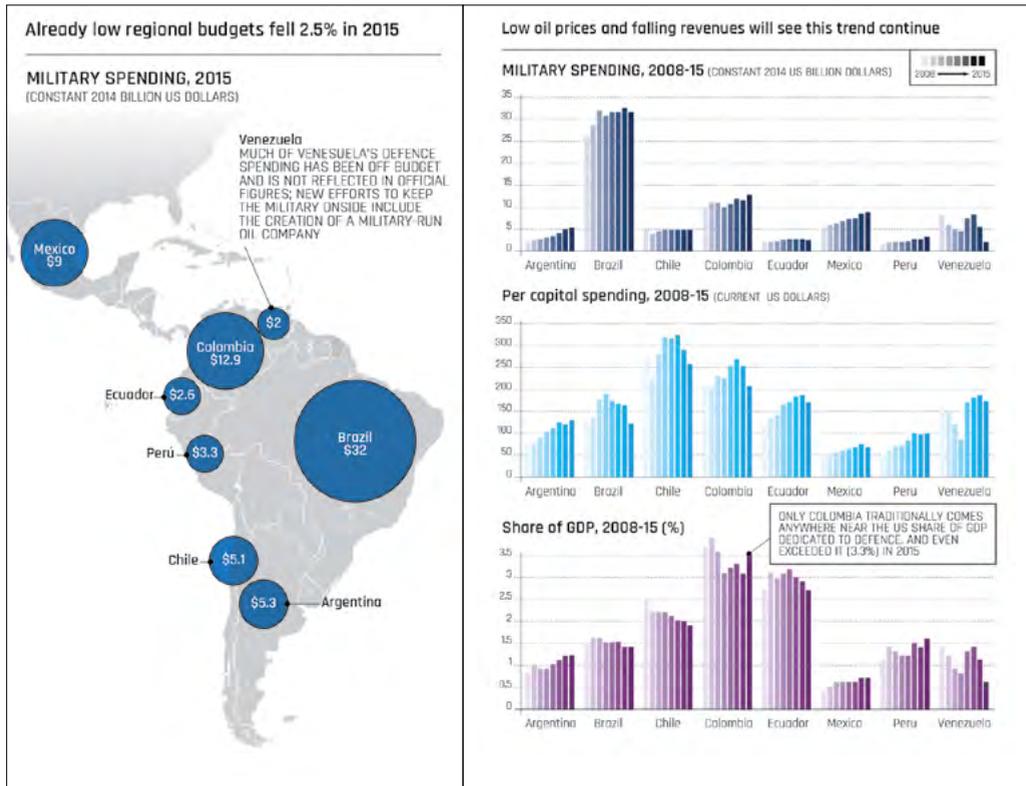
Sin embargo, la ausencia de amenaza de un conflicto de magnitud “entre países” en el corto plazo, sumado a la inestabilidad económica y política en muchos casos, probablemente sea la razón por la cual se observe una tendencia negativa en el “gasto militar”. Los estados disponen de escasos recursos presupuestarios para asignar a defensa, al tener que priorizar la atención de necesidades relacionadas con la extrema pobreza, la salud, la seguridad de las personas y bienes, así como la educación. Sumado a ello, el recuerdo de la experiencia de los **conflictos guerrilleros de las décadas del 70 y 80** es otro aspecto que genera enorme resistencia de los dirigentes políticos a la participación de fuerzas militares en conflictos internos e incluso a realizar inversiones en defensa. A las autoridades políticas les resulta difícil entonces justificar grandes inversiones en el sector, más allá de lo relacionado con incrementar las capacidades de vigilancia y patrullaje en las enormes y “porosas” fronteras que estos países tienen.

La decisión de modernizar, desarrollar o adquirir grandes sistemas como plataformas terrestres, navales o aéreas implica la asignación de importantes recursos plurianuales que no están disponibles o al menos, no son considerados prioridad por las autoridades ni por la ciudadanía en general. Por esa razón, los gastos en defensa en valores porcentuales respecto de los PBI, se mantienen en bajos niveles desde hace años y se estima que continuarán así por todo lo expresado anteriormente.

214 Oxford Analitica. <https://dailybrief.oxan.com/Analysis/GA210792/Latin-America-military-spending>

Sin embargo, podríamos considerar como una excepción en la región el caso de países como Brasil y Chile. Estos han mantenido una política sostenida de modernización de sus principales sistemas de armas terrestres, navales y aéreas. Particularmente Brasil ha invertido importantes recursos en el mantenimiento, modernización y desarrollo de su industria de defensa. Esto le permite incluso participar competitivamente en el mercado internacional de *A&D - Aerospace & Defense*, mediante la comercialización de sus productos, como es el caso de EMBRAER (Aerona- ves) o AVIBRAS (Sistemas de Defensa).

FIGURA 47: GASTO MILITAR EN AMÉRICA LATINA Y CARIBE (2008 - 2015)



2. Información específica del mercado global Aerospace & Defense

a. Informe DELOITTE (2017)

Para quien quiera ampliar el conocimiento acerca del sector comercial denominado “*Aerospace & Defense*”, sugiero consultar el trabajo realizado por la empresa DELOITTE, denominado “*2017 – Global Aerospace and Defense Sector financial performance study*”²¹⁵.

En él podemos encontrar información de gran interés acerca de las 100 principales compañías del sector, así como datos comparativos de los ingresos por ventas, participación porcentual de cada una de ellas, resultados netos del ejercicio, cantidad de empleados e ingresos

²¹⁵ DELOITTE. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/consumer-industrial-products/gx-cip-global-aerospace-defense-financial-performance-study.pdf>

por empleado, etc. En este se analiza también el estado y evolución de las principales empresas fundamentalmente de Estados Unidos y Europa. Los datos obtenidos y analizados en el estudio surgen de la información pública puesta a disposición por las respectivas empresas.

Algunos datos consolidados de interés:

- > Los ingresos totales en el año 2016 de las **“Top 100” compañías** del sector A&D fue de US\$ 674.4 billones, con un crecimiento del 2,4 por ciento respecto del año anterior.
- > Si se considera solamente el “Subsector Defensa”, los ingresos totales fueron de US\$ 351,3 billones.
- > Los ingresos por ventas de las 20 principales empresas del Sector A&D representan el 73,7 por ciento de los ingresos totales.
- > La empresa con mayores ingresos por ventas en el año 2016 fue **BOEING Co.** con un total de US\$ 94.571 millones.
- > La Compañía cuyos ingresos por ventas crecieron en mayor medida en el período 2016 fue **HARRIS Corp.** con un incremento del 46,9 por ciento.
- > Considerando las 100 empresas de mayor importancia del Sector de A&D, estas emplean cerca de dos millones de personas.
- > La empresa con mayor número de empleados es **Boeing Co.** con un total de 150.500 personas.
- > Lo expuesto es un ajustado resumen de la información consolidada disponible. El estudio presenta, además, gran cantidad de información específica, que aporta detalles de sumo interés para quien quiera ampliar el tema²¹⁶.

b. FORTUNE 500

Teniendo en cuenta que Estados Unidos es el país con el mayor gasto militar a nivel mundial resulta interesante ver cuál es la participación en el ranking de las denominadas “FORTUNE 500”²¹⁷, de las compañías estadounidenses que operan en el ámbito de la defensa.

En el mismo hay 13 empresas del rubro denominado *A&D (Aerospace & Defense)*, incluidas dentro de esas primeras 500.²¹⁸ Obviamente los valores de ingresos mencionados incluyen las ventas al mercado interno, así como las exportaciones de equipamiento de defensa y seguridad, autorizadas por el gobierno de ese país.

Para tener un valor comparativo del posicionamiento de las empresas del rubro A&D frente al resto, nos pareció interesan-

FIGURA 48: COMPAÑÍAS ESTADOUNIDENSES DEL RUBRO A&D INCLUIDAS EN EL “FORTUNE 500”

PUESTO	EMPRESA	VENTAS (US\$ M)
27	BOEING Co.	93.392
51	UNITED TECHNOLOGIES.	59.337
59	LOCKHEED MARTIN.	51.048
98	GENERAL DYNAMICS.	30.973
118	NORTHROP GRUMMAN.	25.803
119	RAYTHEON.	25.348
208	TEXTRON.	14.198
225	ARCONIC.	12.960
276	L3 TECHNOLOGIES.	11.002
381	HUNTINGTON INGALLS INDUSTRIES.	7.441
405	SPIRIT AEROSYSTEMS HOLDINGS.	6.983
407	HARRIS.	6.939
415	ROCKWELL COLLINS.	6.822

Fuente: <http://fortune.com/fortune500/list/>

²¹⁶ Idem.

²¹⁷ FORTUNE 500: Es una compilación anual publicada por la revista “Fortune Magazine” de las 500 compañías estatales y privadas estadounidenses, que han obtenido los mayores ingresos anuales en determinado período fiscal. Fuente: <http://fortune.com/fortune500>.

²¹⁸ <http://fortune.com/fortune500/list/>

te destacar que la número 1 en el ranking 2018 de las "FORTUNE 500" es la empresa **WAL MART**, con ingresos por ventas de US\$ Millones 500.000.

La número 4 es **APPLE** (US\$ M 229.234) y la número 8 es **AMAZON** (US\$ M 177.866)²¹⁹.

El siguiente cuadro muestra las 13 Compañías estadounidenses de A&D, incluidas en el citado ranking 2018²²⁰:

Podemos observar cómo las empresas líderes del sector están relacionadas con el desarrollo y fabricación de las grandes plataformas de uso militar, en especial los sistemas aeroespaciales, navales y terrestres, los sistemas misilísticos y de defensa aérea, considerando en todos ellos el aporte revolucionario de los más modernos desarrollos en electrónica, informática e inteligencia artificial.

Pero observamos también cómo todas estas empresas tienen diversificada de tal manera su cartera de productos, que su participación resulta fuerte tanto en el ámbito de la defensa como en el civil, por lo cual no dependen solamente de la asignación de los recursos estatales, para mantener un nivel de ingresos adecuado y un resultado económico sustentable.

Podemos destacar el caso de UNITED TECHNOLOGIES, que, además, es fabricante de los renombrados ascensores "Otis" y los sistemas de aire acondicionado "Carrier".

Otro caso interesante es el de la menos conocida ARCONIC, una empresa que aporta soluciones de ingeniería y desarrollos para la industria aeroespacial, automotriz, construcción e incluso incursiona en el ámbito de la energía.

O el caso de HUNTINGTON INGALLS, con 132 años en la Industria naval civil y militar, actualmente fabricando los más modernos portaaviones y submarinos de la Marina de Estados Unidos.

Cada vez más, el desarrollo y sostenimiento de una industria para la defensa, con bases sólidas y que sea económicamente sustentable, depende del grado de flexibilidad y modularidad de sus estructuras de ingeniería, de producción, logísticas y administrativas, que le permitan mantener la capacidad de funcionar con resultados económicos aceptables, aun cuando los presupuestos específicos para la defensa disminuyan.

8. CONSIDERACIONES FINALES

*"Pase lo que pase, nosotros tenemos las **Ametralladoras Maxim**. Y ellos no!"*

Joseph Hilaire Belloc²²¹.

*Pese a la antigüedad de la cita (finales del siglo XIX - Inglaterra), resulta de gran vigencia. Muestra la sensación de superioridad que generan algunos sistemas de armas cuando hacen su irrupción en los campos de batalla y cómo disponer de una **tecnología disruptiva** puede cambiar las relaciones de poder militar entre las partes en conflicto.*

²¹⁹ <http://fortune.com/fortune500/walmart/>

²²⁰ <http://fortune.com/fortune500/list/>

²²¹ Joseph Hilaire Pierre René Belloc fue un escritor e historiador Anglo- Francés naturalizado británico en 1902. Fue uno de los más prolíficos escritores de la "Era Victoriana". Muy conocido por sus dotes de orador, poeta, y activista político. La frase citada hace referencia a la importancia que las ametralladoras MAXIM tuvieron durante la etapa de colonización británica a fines del siglo XIX.

Fuente: https://www.goodreads.com/author/show/4025.Hilaire_Belloc

- > La **TECNOLOGÍA** es sólo una de las partes del poder militar y no puede considerarse la más importante. Sin embargo, una tecnología que se transforma en **DISRUPTIVA**, aplicada correctamente y en un marco operacional adecuado obliga al oponente a realizar un replanteo integral de su organización, equipamiento y doctrina, para hacer frente a esta nueva amenaza. La tecnología de hipersónicos y las armas electromagnéticas son algunos ejemplos de ello.
- > Las tecnologías disruptivas producen sorpresa tecnológica, al explotar vulnerabilidades conocidas o desconocidas sobre los sistemas militares del oponente, negando o neutralizando su accionar en los niveles táctico, operacional o estratégico de la guerra²²².
- > Considerando una perspectiva “macro” de las tecnologías disruptivas, en ocasión del *GLOBSEC 2017*, se concluyó que podemos observar ciertas tendencias definidas en el ámbito militar²²³.
 - > Nos estamos moviendo gradualmente hacia un mundo multipolar, como resultado de la globalización de la economía y el poder militar. El poder se ha difundido, como consecuencia de la disponibilidad y proliferación de modernas tecnologías al alcance de muchos más actores.²²⁴
 - > Las tecnologías más modernas continuarán expandiéndose, a menos que ocurra un colapso del sistema internacional de comercio.
 - > Como corolario, resultará muy difícil para los países líderes mantener una situación de superioridad tecnológica en el largo plazo.

Además, existe un efecto muy interesante denominado “Penalización por estar adelante – Penalty for taking the lead”. Este muestra que quien dispone del liderazgo tecnológico hace un enorme esfuerzo y enfrenta todos los costos, aún el de los fracasos, mientras que los demás observan, aprenden, adquieren experiencia y obtienen información. Y, oportunamente, llevan adelante sus propios proyectos, con menores costos, más rápido y de manera más eficiente. El desarrollo de armas hipersónicas, el Railgun o las Armas de Energía Directa (DEW) por parte de China son una muestra de ello. Ese país ha “imitado” muchas de las tecnologías desarrolladas por Estados Unidos, en lugar de desarrollar las propias, llegando así mucho más rápido a la etapa de industrialización de estas.

- > De acuerdo a lo expuesto en el Simposio “**Disruptive Technology for Defense Transformation**” (realizado en Londres entre el 15 y el 22 de septiembre de 2018), se puede concluir que las principales tecnologías disruptivas que se observan en el ámbito de la Defensa tienen sus principales campos de aplicación en²²⁵:
 - > El comando y control de las operaciones, que será cada vez más veloz y la capacidad de procesamiento de la enorme cantidad de información disponible, requerirá la participación generalizada de sistemas computacionales de gestión de la información. Además, es motivo de análisis la capacidad real del ser humano de responder eficazmente en los tiempos disponibles.
 - > La experimentación de toda la potencialidad que ofrecen los sistemas autónomos letales. El concepto de “*Enjambre – Swarm*” se generalizará con sistemas de menor tamaño y costo, obligando a repensar los esquemas de defensa respectivos, no preparados para este tipo de

222 “Disruptive technologies on war”. Fuente: <https://www.globsec.org/news/disruptive-technologies-war/>

223 Idem.

224 *El caso de Corea del Norte o Irán son ejemplos de ello. O el caso de las Milicias Houtis empleando misiles balísticos de largo alcance contra potencias militares como Arabia Saudita. O la proliferación del empleo de drones como armas letales.*

225 “Disruptive Technologies for defense transformation: Exploiting Technological innovation to retain military advantage.”. <https://disruptivetechdefence.iqpc.co.uk/>

amenazas. Por otra parte, su empleo continuará generando un ámbito de discusión cada vez más complejo, acerca de la legalidad y legitimidad de su uso.

- > Los desarrollos en **inteligencia artificial, realidad aumentada y simulación** serán vitales para el adiestramiento y la conducción de las operaciones.
- > Una gran cantidad de **tecnologías emergentes** que deben ser observadas con mucha atención: Sistemas Autónomos (UAS) - Tecnologías de Vuelo Hipersónico - Armas Electromagnéticas – Armas de Energía Directa (DEW) – Biomimetismo - Additive Manufacturing (AM) – Exoesqueletos - Realidad Virtual, Simulación, Aumentación - Generación y Gestión de la Energía - Electrónica en textiles (vestuario y equipo) - etc.

El tiempo y la experimentación demostrarán si son capaces de convertirse en **“tecnologías disruptivas”** también para el ámbito militar. En todos los casos constituirá una buena referencia observar su evolución en el mercado de uso civil.

- > La modularidad, flexibilidad y adaptabilidad de los sistemas serán un aspecto clave. La posibilidad creciente de tener que enfrentar amenazas en escenarios “Multi – dominio” obliga a pensar el desarrollo de nuevos sistemas, que sean aptos para ser empleados en cualquiera de las fuerzas. Las tecnologías emergentes mencionadas en el punto anterior, son todas potenciales capacidades de interés común para la defensa y en las cuales, los recursos disponibles deben ser planificados y asignados con absoluta rigurosidad con un criterio de empleo “Múltiple”.
- > Los avances tecnológicos en el área de los *“Long Range Precision Fires” – LRPF*, otorgan enormes ventajas a quienes posean estos sistemas, permitiéndoles anticiparse al accionar de sus adversarios, con capacidad de eliminar su complejo industrial, neutralizar o dificultar su capacidad de movilización y desplazamiento, así como batirlos con más precisión, minimizando el daño colateral. Además, al reducir la exposición al riesgo de las tropas propias, se obtiene un enorme capital político en la retaguardia y una mayor aceptación ciudadana al esfuerzo de guerra.
- > Planificación a largo plazo, cuantiosos presupuestos, recursos humanos calificados y activa participación de grandes empresas del sector de defensa, con el foco de investigación y desarrollo (I&D), permiten afirmar que los sistemas de armas que describimos someramente han alcanzado un grado de madurez tal como para convertirse en programas de los respectivos ministerios de Defensa de los países más avanzados, para su industrialización y puesta en servicio operacional.
- > Por el estado de avance que estos proyectos han alcanzado, continuarán recibiendo presupuestos plurianuales, con la finalidad además de desarrollar progresivamente una base industrial sustentable, que permita una adecuada transición de investigación y desarrollo a la industrialización y provisión para su empleo operacional.
- > En relación con lo expresado anteriormente, resulta imprescindible conocer y entender cómo evolucionarán los sistemas de defensa en un futuro cercano. Ello les permite a las autoridades, analizar y planificar el futuro de manera más eficiente y con visión prospectiva, de manera tal que los recursos presupuestarios destinados a la Defensa Nacional, puedan ser aplicados racionalmente en orden al cumplimiento de los objetivos fijados.
- > Las hipótesis de conflicto y las guerras seguirán existiendo y los países incrementarán sus esfuerzos para seguir disponiendo de suficiente **PODER** como para continuar siendo **militarmente relevantes**. Esto se deduce del análisis de la evolución del “Gasto Militar- GME” de los países y del Mercado de “Aerospace& Defense”.
- > Todo ello y el desarrollo de Sistemas de Armas cada vez más disruptivos están cambiando radicalmente la forma en que se combate y también la forma en que **“la paz es negociada”**.
- > Por lo expresado, mantenemos la esperanza de que todos estos revolucionarios sistemas le-

tales sirvan más como elementos disuasivos para limitar los conflictos que como potenciales generadores de nuevas confrontaciones. Pero lo cierto es que, **quien no los disponga**, o al menos **no esté preparado para defenderse de ellos**, se encontrará en una situación de gran desventaja como para cumplir adecuadamente las misiones asignadas al Instrumento Militar de Defensa de ese país.

Un mensaje

“Sólo podemos ver muy poco del Futuro. Pero lo suficiente como para saber que hay mucho por hacer”.

Alan Mathison Turing (1912-1954).
Matemático, Lógico y Criptógrafo Británico.

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES

- a. American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA). J. Maniglia, J. Smirildo, A. Westfall, G. Zohar. California Polytechnic State University: “*Design, fabrication and testing of an electromagnetic railgun...*”. <http://digitalcommons.calpoly.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1059&context=aerosp>, 2011.
- b. US Congress Office of Technology Assessment: “*Ballistic Missile Defense Technologies*”, 1986.
- c. John Hopkins University. D. Bement, J. Miller, P. Grant III, J. La Camera: “*Naval Theater Ballistic Missile Defense*”, 2001.
- d. AIAA. J. D. Anderson. “*Hypersonic and high temperature gas dynamics –Second edition*”.
- e. Johns Hopkins APL Technical Digest Vol 20, Nro 3 (1999): “*Affordable hypersonic missile for a long range precision strike*”, 2006.
- f. RAND Corp. R. Speier, G. Nacouzi, C.A. Lee, R. Moore: “*Hypersonic Missile non- proliferation: Hindering the spread of a new class of weapons*”, 2017.
- g. JAPCC. Journal edition Nro 24 - H. Besser, D. Gogge, M. Huggins, A. Shaffer, D. Zimper: “*Hypersonic Vehicles: Games changer for a future warfare?*”. https://elib.dlr.de/113912/1/Hypersonic%20Vehicles%20-%20JAPCC%20Journal%20-%20Volume%2024_2017.pdf, 2017.
- h. CSIS. T. Karako, I. Williams, W. Rumbaugh. “*Missile Defense 2020*”: http://missilethreat.csis.org/wp-content/uploads/2017/04/170406_Karako_MissileDefense2020_Web.pdf, 2017.
- i. CSIS. T. Karako, W. Rumbaugh: “*Distributed Defense*”. https://csis-prod.s3.amazonaws.com/s3fs-public/publication/171206_Karako_DistributedDefense_Web_0.pdf?GqH4Iie2m_7aMFqFKMRWu.3vdT18tMdO, 2018.
- j. US Air Force. Scientific Advisory Board. (Dec 2000). “*WHY and WHITER: Hypersonic research*”. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.182.8619&rep=rep1&type=pdf>, diciembre de 2000.
- k. Center of New American Future. S. Brimley, B. FitzGerald, K. Sayler. “*Game changers and U.S Defense Strategy*”. https://www.files.ethz.ch/isn/170630/CNAS_Gamechangers_BrimleyFitzGeraldSayler_0.pdf, 2013
- l. Air War College. Air University (USAF). J. Letsinger: “*Hypersonic Global Strike: feasibility and options*”, 2012.

- m. Air Force Research Laboratory. B. Hellman: "Hypersonic Flight Test Window for Technology development testing". <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a592876.pdf>, 2013.
- n. Missile Defense Advocacy Agency - MDAA. "Making a world a safer place": <http://missiledefenseadvocacy.org/missile-threat-and-proliferation/missile-basics/hypersonic-missiles>, 2018.
- o. Mitchell Institute for Air Power Studies. R. Hallion. "Hypersonic Power Projection". https://secure.afa.org/Mitchell/reports/MP6_Hypersonics_0610.pdf, 2010.
- p. Breaking Defense. "Falling behind DOD scrambles to buy tech faster", 2018.
- q. IEEE. J. Gallant, T.Vancaeyzeele, B. Lauwens, B. Wild, F. Alouahabi, M. Schneider. "Design Considerations for an Electromagnetic Railgun firing intelligent bursts to be used against Anti-Ship Missiles". <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>, 2015.
- r. Review of Scientific Instruments. D. Whitterspoon; A. Case y otros. "A contoured coaxial plasma gun with injected plasma Armature". http://hyperv.com/pubs/RSINAK808083506_1.pdf, 2009.
- s. Carnegie Endowment for International Peace. J. Acton. "SILVER BULLET: Asking the right questions about Conventional Prompt Global Strike". <https://carnegieendowment.org/files/cpgs.pdf>, 2013.
- t. SIPRI. "Trends in World Military expenditure 2017": https://www.sipri.org/sites/default/files/2018-05/sipri_fs_1805_milex_2017.pdf, 2017.
- u. Price Waterhouse Co. R. Starr. L. Jones. "Aerospace and Defense trends 2018 -19". <https://www.strategyand.pwc.com/media/file/2018-Aerospace-Defense-Trends.pdf>, 2017.
- v. Deloitte. "2018 – Global Aerospace & Defense Industry outlook", 2018. <https://www2.deloitte.com/global/en/pages/manufacturing/articles/global-a-and-d-outlook.html>.
- w. Fortune Review. <http://fortune.com/fortune500/list/>, 2018.

FUENTES DE LAS FIGURAS

1. https://www.google.com/search?biw=1366&bih=608&tbn=isch&sa=1&ei=b9akW8SwDsmuWATvj6aoDw&q=win+in+a+complex+world&oq=win+in+a+complex+world&gs_l=img.3..0i19k1.3537390.3543406.0.3543833.23.13.0.10.10.0.223.1449.0j8j1.9.0....0...1c.1.64.img..4.19.1514.0..0j0i67k1j0i10k1j0i30k1j0i8i30i19k1j0i5i30i19k1.0.afzq83mfEgs#imgrc=kgeyg0aDjNjL1M:
2. https://www.google.com/search?q=SIX+MODERNIZATION+PRIORITIES&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjvqd6Mt5XdAhWEh5AKHaMnBWsQ_AUICigB&biw=1366&bih=613#imgrc=rkQWX4HVzoD2TM:
3. https://www.google.com/search?q=SIX+MODERNIZATION+PRIORITIES&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjvqd6Mt5XdAhWEh5AKHaMnBWsQ_AUICigB&biw=1366&bih=613#imgrc=cjE1U9nrUcPOSM:
4. https://www.google.com/search?q=long+range+precision+fires&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj8w5hupXdAhVDEZAKHQg3DhsQ_AUICigB&biw=1366&bih=613#imgrc=Pski61b0bi31wM:
5. https://www.google.com/search?q=railgun+pdf&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwlp9_qt0fbAhXGvJAKHbEbC2oQ_AUICigB&biw=1366&bih=613#imgrc=WffSW3-VbYiYSM:
6. <https://goo.gl/images/kMeQjM>
- 7.1 https://www.google.com/search?q=railgun+components&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjk_M_6y6veAHUBEpAKHbmzADOQ_AUIDigB&biw=1366&bih=657#imgrc=ADEcNg0hWTBHIM:
- 7.2 https://www.google.com/search?q=china+railgun+ship&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjdtoKd88zdAhWEhJAKHenbDecQ_AUICigB&biw=1366&bih=608#imgrc=gqRsf42nEWNuM:
8. <https://3.bp.blogspot.com/-mJj-hgG7Co/VOTYlB8tRxl/AAAAAABJRM/2feHvlaEYAQtetewMrATx356d0m9e4ifwCLcB/s1600/railguntech.png>
https://www.google.com/search?q=pulse+power+container+raytheon&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiytfx49XbAhXCEJAKHSxDDeYQ_AUICygC&biw=1366&bih=613#imgrc=8owSFBjQwU7TM:

- 9.1 https://www.google.com/search?q=china+railgun+ship&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKewjDtoKd88zdAhWEhJAKHenbDecQ_AUICigB&biw=1366&bih=608#imgrc=ZKdntL3lLfqSCM:
- 9.2 https://www.google.com/search?q=plasma+cannon+rusia&tbm=isch&tbs=rimg:CYPycSdlzHfjiAppsPdVnrUlkK7_1GLX03Mu5Aw-X8H05jExrgQ7m-GdPrGv6FylyqyfZix5mW0SsFglW4jGllk4CoSCYcmmw91WetSEafSOUAxCQOPKhJQrv8YtcCy4RxqSezvP2vDIqEgnkDD5fw7cMREB_1kiCevuVCSoSCTGuBDub4Z0-EXT95179Q5qklhJsa_1oVjIirJ8RoUbej8oFkuUqEgImLHmZY5kWWBFXXH1Z-PzUjCoSCSvbiMYiKSngEcvw2ZLA1laHe&tbo=u&sa=X&ved=2ahUKewi18s-DtrHdAhUJqPAKHxihAYMQ9C96BAgBEBs&biw=1366&bih=613&dpr=1#imgrc=APxpf2CF0iCXM:
10. https://www.google.com/search?biw=1366&bih=613&tbm=isch&sa=1&ei=LumWW67kBsL-wQSyqrugCA&q=general+atomics+railgun&oq=GENERAL+ATOMICS+RAILGUN&gs_l=img.1.0.35i39k1.1138687.1145708.0.1147607.26.25.1.0.0.0.188.3321.0j22.22.0....1c.1.64.img..3.22.3197.0..0j0i67k1j0i30k1j0i19k1.0.zEG0DWih7kA#imgrc=WQCjha7N3SKlaM:
- 11.1 https://www.google.com/search?biw=1366&bih=608&tbm=isch&sa=1&ei=5plbXMu0F4mXwgScop34CQ&q=CHINESE+RAILGUN&oq=CHINESE+RAILGUN&gs_l=img.12..221963.231268.234623..5.0.1.125.1600.12j5.....2...1.gws-wiz-img.....0.0j35i39j0i67j0i10j0i10i30j0i10i19.uxJwy00Cbp4#imgrc=ZTH7Ppjm7h4UM:
- 11.2 https://www.google.com/search?q=china+railgun+ship&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKewjDtoKd88zdAhWEhJAKHenbDecQ_AUICigB&biw=1366&bih=608#imgrc=L6e7WQW_DGuCKM:
12. https://www.google.com/search?biw=1366&bih=613&tbm=isch&sa=1&ei=B3ZHW-0FGYb0zlgLr2ADQ&q=RUSSIA+and+railgun&oq=RUSSIA+and+railgun&gs_l=img.12...325165.334961.0.337583.22.20.1.1.0.325.2853.2-11j12.0....1c.1.64.img..8.7.1533.0.0j35i39k1j0i67k1j0i10k1j0i30k1.0.ivfLhrKZBAQ#imgrc=8qysNzXNyiweM:
13. https://4.bp.blogspot.com/-5m-r0G7BMc0/VOTVON95z_I/AAAAAABJQ0/YG94FchNSEw9tIn8yOU41z7oWm0GmkrQCLcB/s1600/railgunPPC1.jpeg
14. https://www.google.com/search?q=railgun+pdf&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKewi_p9_qt0fbAhXGvJAKHbEbC2aQ_AUICigB&biw=1366&bih=613#imgrc=6LWE3yWPTl7-uM:
15. <https://imgur.com/gallery/vNDpL>
16. https://www.google.com/search?biw=1366&bih=613&tbm=isch&sa=1&ei=ZQMtW8jTGMeiwT8Yy-wBQ&q=hypervelocity+projectile+%28hvp%29&oq=hypervelocity&gs_l=img.1.0.35i39k1j0i19k1l9.17350.23466.0.26139.14.14.0.0.0.97.1060.13.10.0....1c.1.64.img.1.13.1054.0..0j0i10i67k1j0i67k1.0.4FMODT110_4#imgrc=yTMzUckQaB9R1M:
17. https://www.google.com/search?q=extreme+range+projectile+AND+namm0&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKewj11rT0j53cAhXsWfKkHsFvAGsQ_AUICigB&biw=1366&bih=613#imgrc=M5bWuNjca2dXIM:
18. https://www.google.com/search?q=US+ARMY+RAILGUN&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKewj6uaj529PdAhUCkAJAKHo7DWOQ_AUICigB&biw=1366&bih=608#imgrc=w2xLLqSYLa0AdM:
19. https://www.google.com/search?biw=1366&bih=613&tbm=isch&sa=1&ei=LumWW67kBsL-wQSyqrugCA&q=general+atomics+railgun&oq=GENERAL+ATOMICS+RAILGUN&gs_l=img.1.0.35i39k1.1138687.1145708.0.1147607.26.25.1.0.0.0.188.3321.0j22.22.0....1c.1.64.img..3.22.3197.0..0j0i67k1j0i30k1j0i19k1.0.zEG0DWih7kA#imgrc=DGH6s1MU33V75M:
https://www.google.com/search?biw=1366&bih=613&tbm=isch&sa=1&ei=LumWW67kBsL-wQSyqrugCA&q=general+atomics+railgun&oq=GENERAL+ATOMICS+RAILGUN&gs_l=img.1.0.35i39k1.1138687.1145708.0.1147607.26.25.1.0.0.0.188.3321.0j22.22.0....1c.1.64.img..3.22.3197.0..0j0i67k1j0i30k1j0i19k1.0.zEG0DWih7kA#imgrc=aURLT_FbUk-A5M:
20. https://www.google.com/search?q=LAUNCHESRS+PROJECILES+PUSE+POWER&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKewj9r9upwq7fAhWFQ5AKHcSoAu4Q_AUIDigB&biw=1366&bih=608#imgrc=SiV7tp2Wf-vS7M:
21. https://www.google.com/search?q=hypersonic+market&rlz=1C2FDUM_enAR487AR538&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKewitwPX75JdDhAhWEh5AKHSSaA94Q_AUICygC&biw=1366&bih=662#imgrc=P4WStBxvs0DLM:
22. https://www.google.com/search?biw=1366&bih=613&tbm=isch&sa=1&ei=LulGw6qMD4fGwAsi2Kf4Dg&q=hypersonics+range+VS+time&oq=hypersonics+range+VS+time&gs_l=img.12...560081.602296.0.604450.28.28.0.0.0.108.1903.23j2.25.0....1c.1.64.img..3.11.918.0..0j35i39k1j0i67k1j0i19k1.0.bUTyZ0L-VGI#imgrc=aGYQospfHSmusM:
23. https://www.google.com/search?biw=1366&bih=613&tbm=isch&sa=1&ei=LulGw6qMD4fGwAsi2Kf4Dg&q=hypersonics+range+VS+time&oq=hypersonics+range+VS+time&gs_l=img.12...560081.602296.0.604450.28.28.0.0.0.108.1903.23j2.25.0....1c.1.64.img..3.11.918.0..0j35i39k1j0i67k1j0i19k1.0.bUTyZ0L-VGI#imgrc=9B6b4acotdVcAM:
24. https://www.google.com/search?biw=1366&bih=613&tbm=isch&sa=1&ei=LulGw6qMD4fGwAsi2Kf4Dg&q=hypersonics+range+VS+time&oq=hypersonics+range+VS+time&gs_l=img.12...560081.602296.0.604450.28.28.0.0.0.108.1903.23j2.25.0....1c.1.64.img..3.11.918.0..0j35i39k1j0i67k1j0i19k1.0.bUTyZ0L-VGI#imgrc=L0WZPTysth6-YM:
25. www.google.com/search?q=hypersonic+advantages&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKewjM2MqY4ezcAhUCgJAKHT5eCgkQ_AUICigB&biw=1366&bih=613#imgrc=rFaHu5zjhCgyJM:
26. https://www.google.com/search?biw=1366&bih=608&tbm=isch&sa=1&ei=ZpsbXLIBgluewgTg7JPYAw&q=FLIGHT+DURATION+HEAT+LOADING+HYPERSONICS&oq=FLIGHT+DURATION+HEAT+LOADING+HYPERSONICS&gs_l=img.3...9575.12634.13038...0.0.332.1480.6j5j0j1.....1...1.gws-wiz-img.C5oLNFSCz08#imgrc=bNeR_jyGQ2xrwM:

27. USAF - Scientific advisory Board (2000). "Why and Whiter hypersonic Research in US Air Force".
28. https://www.google.com/search?biw=1366&bih=657&tbm=isch&sa=1&ei=dS6qW8e8D8THWAS3wrHgBA&q=S CRAMJET&aq=SCRAMJET&gs_l=img.3..010.2834095.2837040.0.2837338.9.7.0.2.2.0.219.936.0j5j1.6.0....0.1c.1.64. img..1.8.956.0..35i39k1j0i67k1.0.0apM1QYEQ0M#imgcr=VfieIDrZrtJe0M;
29. https://www.google.com/search?biw=1366&bih=608&tbm=isch&sa=1&ei=85wbXIH0EMSWgTU94jgAg&q=falcon+H TV-2&aq=falcon+HTV-2&gs_l=img.12..0j0i30j0i24i2.139399.145820..148099...0.0.0.122.1209.8j4.....2....1.gws-wiz-img.....0.. 35i39j0i67j0i5i30.9PB161VWhV4#imgcr=IVTnyf4pZ0RDUM;
30. https://www.google.com/search?q=hypersonic+weapons&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwll_y_hNbd AhWmfAKHd77AQQQ_AUICigB&biw=1366&bih=657#imgcr=upBpMzMfQWRI2M;
- 31.1 <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-5813831/Lockheed-Martin-reveals-details-928m-contract-make-radic al-new-hypersonic-weapon.html>
- 31.2 https://www.google.com/search?biw=1366&bih=608&tbm=isch&sa=1&ei=cPXWW7-e0cGkWI75HwBA&q=X-51%3 A+A+Scramjet+Demonstrator+Program+Waverider+&aq=X-51%3A+A+Scramjet+Demonstrator+Program+Waveri der+&gs_l=img.12...6840265.6862884.0.6864174.25.9.0.0.0.0.192.615.0j4.4.0....0...1c.1j2.64.img..22.0.0.0...0.nKz7FUM9g bw#imgcr=ucl0tw3to3Hi6M;
- 32.1 https://www.google.com/search?q=DF+ZF+HYPERSONIC+MISSILE&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEWjG 5cyuyK7fAhWCjPakAHwX2BgkQ_AUIDigB&biw=1366&bih=608#imgcr=ThQDtbQpPRjFKM;
- 32.2 https://www.google.com/search?q=wu+14+china+hypersonic&tbm=isch&tbs=rimg:CZecKxfkHcNljhFu0uL38csfd49n_ 1fXioWF60DSA9y_1vDuhS6UR-ehfB6LaLL8MVsvWWQPY8kr1K_1ZzG53RwbQzSoSCUW466Xfxy9EQJXomqgXlxuKhJ 3j2f99fWhYUR43c1ipiHrkgEgkY4NID3L-80xEll3rficU3ioSCaFLpRH56F8HEbe-nl-GcU1LKhJpstosvwxWy8Rb_1NnvrfoJiQ qEgJZY49jySvUrxG9pirlTlloCoSCdnMbndHBTOnERt_17y57mGtX&tbo=u&sa=X&ved=2ahUKEWjn-67yK7fAhWEK5AKHYrB FoQ9C96BAGBEbW&biw=1366&bih=608&dpr=1#imgcr=7DJYFYkE05xvtM;
33. https://www.google.com/search?biw=1366&bih=657&tbm=isch&sa=1&ei=e5CrW-HfBou3waT765-ABA&q=WU+14+MIS SILE&aq=WU+14+MISSILE&gs_l=img.12...2553.11189.0.13397.14.14.0.0.0.0.158.1741.0j13.13.0....0...1c.1.64.img..1.6.822.0.0j35i 39k1j0i30k1j0i5i30k1j0i19k1j0i8i30k1.0.KW1VEuY17M#imgcr=n5K0wdk5cgmBYM;
34. https://www.google.com/search?biw=1366&bih=608&tbm=isch&sa=1&ei=WaEbXLnB04ulwASHZLvgCw&q=kinzh al+hypersonic+missile&aq=KINZHAL+MISSILE&gs_l=img.1.1.35i39j0i7i30i2.13710.16764..19320...0.0.0.157.977.0j8.....1...1. gws-wiz-img.....0j0i67j0i19j0i7i30i19j0i7i5i30.rGu8Zj5ydEY#imgcr=8TJv5M7-tvbkfM;
35. <https://www.globalsecurity.org/jhtml/jframe.html#https://www.globalsecurity.org/military/world/india/images/3m 22-image01.jpgll>
36. <https://visual.ly/community/infographic/other/russian-indian-brahmos-supersonic-cruise-missile>
37. https://www.google.com/search?q=BRAHMOS+2+MISSILE&tbm=isch&tbs=rimg:CQ6GNh-LQisBjh2-s7F7PxUsDgq29 zm72bpaJ4SIYZf8m4h0TARndpcwwnK1e1Te6nAFKugtNmtUNvv49eDQ0YloioSCXb6z5Xs_1FSwEuxtPtmhTK1KhJ0 Crb30bvZukRWA-S1j017PQqEglnh1hh1_ybhE1KUocN9_1mSoSCSE5MBGd2lZDEYmNPrGzSb4KhJlCcrV5PV7qCAR5Q xs50we4qQqEgkUq6C02a1Q2qFBXCRBu1LvviaSce_1j14NA5iWiERid-XFR10Ap&tbo=u&sa=X&ved=2ahUKEWj6vtLAttvdAhU Bk5AKHSjRBYAQ9C96BAGBEbW&biw=1366&bih=657&dpr=1#imgcr=ITkwEz3aXMPRMM#imgcr=JtY8c0x5TiQ59M;
38. https://www.google.com/search?biw=1366&bih=657&tbm=isch&sa=1&ei=J_msW8r-040XwATq7b go&q=AMF++Additive+Manufacturing+Facility&aq=AMF++Additive+Manufacturing+Facility&gs_l=img12...131123.13139 71.0.1315847.3.3.0.0.0.208.208.2-1.1.0....0...1c.1j2.64.img..2.0.0.0...0.c3kPffJe95U#imgcr=0ShcTKSKWngCIM
- 39.1 https://www.google.com/search?biw=1366&bih=613&tbm=isch&sa=1&ei=ElN3W7ylKoaAwgS3kaLgDg&q=additive+ manufacturing+ENGINE+PARTS&aq=additive+manufacturing+ENGINE+PARTS&gs_l=img.12...117956.125988.0.127201.13. 9.0.4.4.0.247.121.0j7i1.8.0....0...1c.1.64.img..1.7.503...0j35i39k1j0i30k1j0i19k1j0i30i19k1j0i8i30i19k1.0.aP0kfr0u80Y#imgcr=ev7R HrjeJbQ3iM;
- 39.2 https://www.google.com/search?biw=1366&bih=613&tbm=isch&sa=1&ei=QVJ3W9KMNyHGwASqnJ_gAw&q=additi ve+manufacturing+SHAPES&aq=additive+manufacturing+SHAPES&gs_l=img.3...8720.11242.0.11715.7.7.0.0.0.0.274.939. 0j5j1.6.0....0...1c.1.64.img..1.3.566...0j35i39k1j0i30k1j0i19k1j0i30i19k1j0i8i30k1.0.zFF-mgkGm3A#imgcr=f5PCLITXV2a_DM;
40. https://www.google.com/search?q=%22excalibur+muniton%22+and+%223d+printing%22&tbm=isch&tbs=rimg:CTJbX pW89ChaljgZ2QCMLHUAIAPGHYUX-CStheXrUydtJNZAT_1nrcCBypd180Lk70ranJbPPmMIX-qmrkm_1HlhvioSCRnZAlzUsd SIEQPS_1HRGzT-okhJABYdBRf4JIRpk05dt2x9VwqEgki2F5etRh1MhHDYDFrBuSDaCoSCU3MBP-etwIHEYFLeEs7l-g6KhlJKl QjzQuTvSsRt3DnxJZROboqEglqcls8-YyVxfiSn6ynpLWkioSCaqaSb8eWG-ESozjY0K18L&tbo=u&sa=X&ved=2ahUKEW jf9T_Gm9zdAhXHQZAKHT9jChOQ9C96BAGBEbW&biw=1366&bih=608&dpr=1#imgcr=GdkAJNs1lgYbM;
41. https://www.google.com/search?biw=1366&bih=608&tbm=isch&sa=1&ei=ZaUbXJbb08utwAS3gkVYAw&q=EL+GASTO+ MILITAR+EN+EL+MUNDO&aq=EL+GASTO+MILITAR+EN+EL+MUNDO&gs_l=img.12...91388.98765..100872...0.0.1.245.2892. 16j11j1.....2....1.gws-wiz-img.....0j0i67j35i39j0i30j0i24.pFcvhuDq7A#imgcr=S3m0PjT9mkA_M;

42. https://www.google.com/search?q=military+expenditure+in+2017+SIPRI&tbm=isch&tbs=rimg:Can76tNebS1XlJgGQqm0y7tERlaXUZn-WaqXiG18785NxS4E-U4ZUHVefJeWB73uyvWNe40frjyncq90HnPB-J-riCoSCQZCqbTLu0REEZ721TmMt6nNKhIjhdRk35ZqpcRA0tArl0ojoaqEgmIaXzvzk3FLhHsGtYAYouGQSoSCQT5ThISFV58Eeiva6IWRz9_1KhlJl5YHve7K9Y0Ryeh8vJlVZPcqEgl7g5-uPKdyrxGmQLblDx4hDSoS4ec_1z4n6ulESehYn4ro0h4&tbo=u&sa=X&ved=2ahUKewi9of7SsJfdAhXKHZAKHdgiDQ4Q9C96BAGBEBS&biw=1366&bih=662&dpr=1#imgrc=3W57Whr6a3qW5M;
43. https://www.google.com/search?q=sipri+military+expenditure+2017&rlz=1C2FDUM_enAR487AR538&source=Inms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKewjg4dnn3JXdAhXBl5AKHAlqCUsQ_AUICigB&biw=1366&bih=613#imgrc=dNLZ7vjMxgU-SM;
44. https://www.google.com/search?q=military+expenditure+in+2017+SIPRI&tbm=isch&tbs=rimg:Can76tNebS1XlJgGQqm0y7tERlaXUZn-WaqXiG18785NxS4E-U4ZUHVefJeWB73uyvWNe40frjyncq90HnPB-J-riCoSCQZCqbTLu0REEZ721TmMt6nNKhIjhdRk35ZqpcRA0tArl0ojoaqEgmIaXzvzk3FLhHsGtYAYouGQSoSCQT5ThISFV58Eeiva6IWRz9_1KhlJl5YHve7K9Y0Ryeh8vJlVZPcqEgl7g5-uPKdyrxGmQLblDx4hDSoS4ec_1z4n6ulESehYn4ro0h4&tbo=u&sa=X&ved=2ahUKewi9of7SsJfdAhXKHZAKHdgiDQ4Q9C96BAGBEBS&biw=1366&bih=662&dpr=1#imgrc=YB9HTRbgBus2aM;
45. https://www.google.com/search?q=changes+in+military+expenditure+by+region+2017&source=Inms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKewigU2hqZjdAhUwwVkkHWcGDsMQ_AUICigB&biw=1366&bih=662#imgrc=shGr943-aRn8AM;
46. https://www.google.com/search?biw=1366&bih=608&tbn=isch&sa=1&ei=HKgbXlRLD4SPwgSHiZKgCA&q=MILITARY+EXPENDITURE+IN++AMERICA&oq=MILITARY+EXPENDITURE+IN++AMERICA&gs_l=img.3...118.405.128826..129484...0.0..1.217.34.28.11j20j1.....2...1.gws-wiz-img.....0..0j35i39j0i67j0i30j0i19j0i5i30i19j0i30i19.oXmB8fi-lpw#imgrc=iU3y0-UrRlfZ4M;
47. https://www.google.com/search?biw=1366&bih=662&tbn=isch&sa=1&ei=aUmNW7z4GcWwvAT-3sa7wCg&q=latin+america+defense+expenditure&oq=latin+america+defense+expenditure&gs_l=img.3...1388.11174.0.11589.34.30.0.4.4.0.226.3823.0j21j3.24.0...0...1c.1.64.img..6.13.1435.0..0j35i39k1j0i67k1j0i19k1j0i8i30i19k1.0.CMnqYGBGTeQ#imgrc=yKZdoHHec9iWAM;
48. <http://fortune.com/fortune500/list/>

(* **Juan Carlos Villanueva** es Oficial retirado del Ejército Argentino con el grado de Coronel de Infantería. Ingeniero militar de la especialidad mecánica - armamentos. Paracaidista militar y veterano de la Guerra de Malvinas.

Especialista en gestión tecnológica (Instituto Tecnológico Bs As - ITBA) y realizó una maestría en gestión de empresas tecnológicas (Doble titulación EOI - España / ITBA). Ocupó cargos directivos en fábricas militares (DGFm) con responsabilidad en la fabricación de armamento y munición. Se desempeñó en el ámbito de proyectos militares en el EMCFFAA, en EMGE y en CITEDEF como jefe del Departamento de propulsión. Realizó los cursos de formación y especialización como inspector en el área de misiles del "*United Nations Monitoring and Verification Commission (UNMOVIC)*". Actualmente se desempeña como analista de armamentos en el CEPTM "Grl MOSCONI".

2.2

Estado del arte de sistemas de protección balística personal y vehicular

Por el Capitán de Infantería Fernando Daniel Quinodoz*
y el Capitán de Infantería OIM Luciano Damian Morales*

“Achtung-Panzer!”
Heinz Guderian

ABSTRACT

La complejidad creciente de la letalidad y precisión de las armas han puesto en jaque el empleo decisivo de vehículos de combate en los escenarios compartimentados de los últimos conflictos armados, entre otras cosas debido a la vulnerabilidad de los viejos sistemas de protección para neutralizar a las nuevas tecnologías de los sistemas de armas antitanque. Sin embargo, los proyectos de investigación y desarrollo de tecnologías de protección balística destinados a mejorar esa falta de capacidad comenzaron a dar sus frutos y, en algunos casos, a ser empleados en combate.

El desarrollo de nuevos materiales supuso en los últimos años la disminución del peso de los sistemas pasivos de protección balística y el incremento de su capacidad para detener proyectiles. Entre ellos encontramos aramidas, fluidos, cerámicas, resinas, grafeno y la aplicación de la robótica a la solución del problema con el exoesqueleto militar, todos ellos tendientes a aumentar la supervivencia del sistema de armas o al combatiente individual.

Para el caso de los blindados, los nuevos sistemas de protección reactiva modulares se han optimizado para detener a proyectiles de cargas HEAT en tándem y algunos de energía cinética. Y los sistemas de protección activa pueden implementarse en vehículos livianos, dotándolos de un nivel de protección balística que hasta este momento no tenían. La integración de las nuevas tecnologías de protección pasiva, reactiva y activa, intentan devolver a los MBT y a los vehículos de combate de infantería el protagonismo en el campo de combate del futuro próximo.

TECNOLOGÍAS DE PROTECCIÓN PASIVAS

Por sistemas de protección pasiva se entiende a las barreras físicas de protección, utilizadas entre la amenaza (proyectiles o fragmentos) y el personal o material a proteger. Cumplen la función

de absorber parte de la energía que posee dicha amenaza, la cual se puede caracterizar por su velocidad, masa, material y forma.

La constante evolución del armamento y de la munición genera la necesidad de desarrollar sistemas de protección que permitan contrarrestar las armas y artefactos explosivos que amenazan al combatiente. Pero desafortunadamente, los nuevos materiales y sus combinaciones no son suficientes para alcanzar una resistencia óptima al impacto de proyectiles o fragmentos y que, además, cumplan con las condiciones de comodidad y ligereza necesarias para su utilización por combatientes a pie. Es por ello, que en esta parte del trabajo analizaremos el estado del arte de los sistemas de protección individual y expondremos algunos desarrollos y las nuevas tendencias.

Evolución de los sistemas de protección individual

Para entender cómo el hombre ha ido desarrollando diversos ingenios, que le permitieran protegerse de la evolución de las armas nos remitimos a la historia. Observamos que la protección balística individual y ligera puede considerarse bastante reciente, iniciándose la confección de los primeros chalecos antibalas de acero allá por el año 1538, que si bien sufrían deformación plástica, cumplían básicamente la función de detener los proyectiles.

Luego de tres siglos, en Corea aparece un nuevo material empleado como protección: el algodón prensado. Este demostró que, al ser agrupado en capas densas, podía detener proyectiles y con el mismo concepto de capas, en 1880 se comienza a emplear el *chaleco de seda*¹, el cual dio buenos resultados, pero a costos muy elevados.

En la Primera Guerra Mundial aparecen dos tipos de chalecos de acero al cromo-níquel: Uno de ellos denominado *Brewster Body Shield*² y el otro, un chaleco de láminas superpuestas de acero. Posteriormente a la citada guerra, las bandas criminales en Estados Unidos comienzan a emplear un chaleco de tela y algodón, por lo que el FBI para contrarrestar esta medida, comienza a emplear otros cartuchos de arma corta, como el .38 Special y el .357 Magnum.

La Segunda Guerra Mundial no trajo sorpresas en cuanto a nuevas tecnologías de protección, ya que los ejércitos de Estados Unidos, Gran Bretaña, Japón, Canadá y la Unión Soviética emplearon el acero como principal material, el que sin embargo no llegó a tener un empleo masivo en el campo de combate. Recién durante el último año de la guerra surge un desarrollo de un innovador material, el *chaleco de Doron*³.

Durante la Guerra de Corea se produjeron chalecos compuestos por segmentos de plástico reforzado con fibras o de aluminio, pero que no resultaron eficaces contra proyectiles de fusil. Durante la Guerra de Vietnam, más precisamente en 1967, surge un material moderno y revolucionario de empleo actual: los materiales cerámicos⁴.

En 1969 aparece el chaleco Barrier⁵ para uso policial en operaciones especiales. Estaba constituido por una combinación de nylon acolchado con múltiples planchas de acero.

Pero, sin duda alguna, la evolución de las fibras artificiales de mediados de los años 70 supuso la gran revolución de los sistemas de protección. Concretamente DuPont Corporation intro-

1 Este tipo de chaleco fue empleado por el Archiduque Francisco Fernando cuando el 28 de junio de 1914 fue asesinado de un disparo en el cuello. (Tamiz, 2008)

2 Podía resistir proyectiles .30-06 Springfield a una velocidad de 820 metros y pesaba 18 kilos.

3 Lámina diseñada por Estados Unidos a base de fibra de vidrio comprimida por resinas que podían detener proyectiles de pequeño calibre y esquirlas.

4 Desarrollada por Natick Laboratories en forma de placas que resistían el impacto de un fusil calibre 7,62 mm y era fabricada con carburo de boro, carburo de silicio u óxido de aluminio.

5 Desarrollado por la empresa de armas de Estados Unidos, Smith & Wesson.

duce la fibra sintética Kevlar, que se confeccionaba mediante un determinado “patrón” de tejido que asegurara un mejor comportamiento frente al impacto y era aplicada por capas. En los sistemas de protección balística individual actuales, se siguen empleando aún diversas fibras sintéticas de bajo peso, aunque continúa en estudio su sustitución por materiales más eficientes, cuyo bajo peso permita su utilización durante toda una jornada, proporcionando, a su vez, una mayor protección.

Por otra parte, la tendencia generalizada en los ejércitos más modernos es el empleo de sistemas de protección balística en todas las tropas, como parte del “Kit de protección” individual del combatiente.

Conceptos fundamentales de la protección balística

El estudio de la balística se divide en tres campos, a saber: balística interior, balística exterior y balística terminal (o de efectos). Esta última tiene por objeto estudiar el comportamiento del proyectil al impactar en el blanco y en su trayectoria dentro del mismo, juntamente con sus efectos o consecuencias directas (inmediatas) e indirectas (mediatas), aspecto que resulta de interés específico para este trabajo.

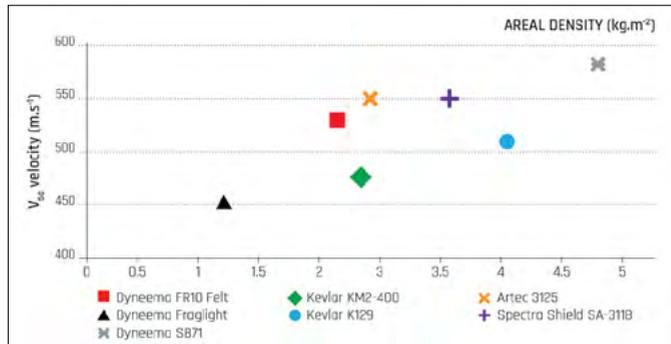
Para medir el nivel de protección balística de los equipos, hay que basarse en la determinación de la energía cinética de un proyectil o fragmento al momento del impacto ($E_c = \frac{1}{2}mv^2$). Debido a que la energía de un proyectil es un factor clave en su capacidad de penetración, se utiliza la velocidad como la variable en las pruebas de balísticas, manteniendo el resto de las variables constantes.

- > Diámetro: A menor diámetro, mayor penetración.
- > Dureza de sus componentes: A mayor dureza, mayor penetración.
- > Forma: A mayor conicidad, mayor penetración.
- > Peso: A mayor peso, mayor energía cinética.

Por lo expresado, para poder valorar adecuadamente la letalidad de un proyectil, además de su energía cinética, se deben considerar las relaciones entre las variables citadas en el momento del impacto.

A continuación, se expone la **Tabla 1** confeccionada según la Norma RENAR MA.01-A1 en vigencia en nuestro país. La misma es una adaptación de la norma norteamericana (NIJ)⁶, en la que se pueden apreciar las velocidades de cada uno de los calibres, la masa, la energía cinética que corresponde según el cálculo, y la energía específica (Energía cinética por unidad de sección recta). De esta última surge la interesante conclusión de que el calibre 5,56x45mm OTAN, a pesar

FIGURA 1: COMPARACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD DE ÁREA DE DIVERSAS FIBRAS VERSUS V50 PARA UN FRAGMENTO DE 1,10 G SIMULANDO UN PROYECTIL



⁶ El Instituto Nacional de Justicia de los Estados Unidos de Norteamérica (NIJ), establece un estándar denominado NIJ 0101.06 en sus pruebas de resistencia balística, de 7 niveles de protección progresiva según su resistencia antibalas, siendo estos, del más frágil al más resistente los siguientes: I, IIA, II, IIIA, III, IV y Spl.

de poseer una energía cinética del orden de la mitad del 7,62x51mm OTAN, su energía específica es similar al anterior, lo que justifica su gran capacidad de penetración.

TABLA 1: ENERGÍA CINÉTICA DE PROYECTILES SEGÚN NORMA RENAR Y FRAGMENTOS TIPO

Munición	Bala						Energía Específica	
	Vel Min (m/s)	Vel Max (m/s)	Vel Med (m/s)	Masa (Kg)	Diámetro (mm)	Sección (mm)	Ec en boca (J)	Ec/s (J/mm ²)
.38 Spl RNL	259	274	266,5	0,0102	9,7	73,2	362,2	5,0
.22 LRHV SL	320	335	327,5	0,0026	5,6	24,5	139,4	5,7
.40 S&W FMJ	343	358	350,5	0,0117	10,2	81,1	718,7	8,9
9x19 mm. FMJ	332	347	339,5	0,008	9,0	63,6	461,0	7,2
.357 S&W Mg JSP	425	440	432,5	0,0102	9,1	64,6	954,0	14,8
9x19 mm. FMJ	358	373	365,5	0,008	9,0	63,6	534,4	8,4
.44 Rem Mag SWC	426	441	433,5	0,01555	11,2	98,1	1461,1	14,9
9x19 mm. FMJ	426	441	433,5	0,008	9,0	63,6	751,7	11,8
.308 Win FMJ "N"	838	853	845,5	0,0097	7,6	45,6	3467,1	76,0
.223 Rem FMJ	991	1006	998,5	0,00357	5,6	24,3	1779,6	73,3
.308 Win FMJ "P"	838	853	845,5	0,0097	7,6	45,6	3467,1	76,0
Fragmentos			550	0,001			151,3	

La tabla posee, además, un cálculo de la energía de un fragmento promedio. Resulta de interés conocer la cantidad de energía que posee un fragmento de ese tipo, ya que, tras un estudio de la Guerra de Vietnam, el ejército de Estados Unidos desarrolló el concepto de "reducción de víctimas". Sobre la base de una gran cantidad de datos disponibles acerca del efecto de los fragmentos sobre las bajas producidas, se concluyó que estos constituían la amenaza más importante para los combatientes. Estos fragmentos son producidos tanto por los proyectiles explosivos de fragmentación de artillería y morteros, como por los cohetes, bombas aéreas, granadas, minas antipersonales, así como los IED⁷ tan difundidos actualmente. Prácticamente todos estos sistemas tienen una cubierta de acero, diseñada para estallar en pequeños fragmentos o esquir-las cuando el núcleo explosivo detona.

La prueba anti-fragmentos se ha desarrollado después de estudiar estadísticamente el "patrón" de fragmentación que se produce en los proyectiles explosivos convencionales, de diferentes municiones de la OTAN y la Unión Soviética. Es posible segmentar los fragmentos de una cabeza en grupos según su masa y su velocidad. A modo de ejemplo, se verifica que el 95 por ciento de todos los fragmentos de la explosión de una cabeza explosiva es de 1 gramo, con una velocidad aproximada de 550m/s (expuesto en la tabla).

Teniendo en cuenta el criterio oficial de heridas en el campo de combate de la OTAN, un proyectil con un mínimo de 80 Joules de energía, capaces de ser transferidos al blanco en el momento del impacto, lo incapacita dentro de los 30 segundos, y una energía mayor a 200 Joules lo incapacita definitivamente⁸, siempre que esté desprotegido, por lo que 151 Joules desarrollados por un fragmento promedio causa una incapacidad que podría ser definitiva.

⁷ Artefacto explosivo improvisado, en inglés Improvised Explosive Device.

⁸ Ejército, F. d. (2017). Manual de Mecanismos Especiales. Buenos Aires.

Estos datos establecen un conjunto de requerimientos para el diseño militar que motivan que tanto el chaleco como el casco de combate resulten insuficientes para cubrir las superficies expuestas del combatiente. El blindaje de vehículos es capaz de detener en la mayoría de las ocasiones, buena parte de los fragmentos producidos.

Principales proyectos y tendencias observadas

Los sistemas de protección individual han ido cobrando importancia en la medida que las bajas de soldados a pie fueron incrementándose como consecuencia del empleo de pequeñas fracciones en los conflictos de las últimas décadas. Por esta razón, constantemente se investigan nuevos materiales y sistemas de protección, que permitan minimizar los daños al combatiente, reduzcan el peso y aumenten la flexibilidad.

A continuación, se detallan algunos de los programas en desarrollo tanto de sistemas de protección, como así también de materiales ya existentes combinados para optimizar sus prestaciones.

Programa de la agencia de logística para la defensa de los estados unidos

Es un programa de costo elevado denominado “*Soldier Protection System*” desarrollado por **DARPA** y algunas empresas tales como BAE Systems y Ceradyne. Es el producto de años de investigación y desarrollo para lograr reducir el peso que carga el soldado, tal como expresa Kathy Brown, jefe de producto de equipos de protección para el soldado (Defense Logistic Agency). El sistema cuenta con los siguientes subsistemas: *Vital Torso Protection (VTP)*, *Inte-*

FIGURA 2: SOLDIER PROTECTION SYSTEM



*grated Head Protection System (IHPS), Torso and Extremity Protection (TEP), Integrated Soldier Sensor System (ISSS) y Transition Combat Eye Protection (TCEP).*⁹

Antes de la mejora del chaleco táctico externo, denominado “*Improved Outer Tactical Vest (IOTV)*” y adoptado en 2008, los soldados usaban el “*Interceptor Multi-Threat Body Armor System (IBA)*”.

El IBA fue el sistema estándar desde 2001 hasta 2007 con un peso de 15 kilos, el IOTV pesa 13,6 kilos y el nuevo *Modular Tactical Vest (MTV)* pesará 11 kilos, e incluye insertos protectores más livianos e insertos laterales. El MTV disminuye un mínimo de 5 por ciento / 10 por ciento el peso de los equipos actuales. Una característica única del MTV y muy necesaria es su sistema “*Torso and Extremity Protection (TEP)*”. Esto incluye el protector pélvico, que se extiende para proteger los muslos y la ingle. TEP también incluye un sistema de distribución de carga. Al equipo de los soldados se agrega ahora un cinturón de combate, al que pueden insertar objetos. Por ejemplo, en lugar de llevar una radio en su chaleco, pueden transferir parte del peso a sus caderas.

La escalabilidad del VTPS va desde el Nivel 1, que es solo el chaleco ocultable (bajo ropa) básico, con inserciones balísticas de blindaje liviano, hasta el Nivel 4 que incorpora chaleco táctico, hombreras, inserciones balísticas de blindaje liviano, inserciones de protección de armas pequeñas (SAPIS¹⁰), inserciones balísticas laterales mejoradas (ESBIs¹¹), camisa de combate balística, el protector pélvico y el sistema de distribución de carga.

Este programa pone en evidencia el interés y la necesidad de otorgar al soldado una protección integral, dejando de cubrir solamente el torso y la cabeza como lo hacían otros sistemas.

Programa de Rusia

El Programa ruso de combate de infantería se denomina RATNIK y es desarrollado por TSNITOCHMASH¹² para el uso en las tres Fuerzas Armadas. Consiste en un conjunto de sistemas integrados de gestión de armas, defensa y suministro de energía. El traje en sí, conocido como Ratnik-2, puede proteger hasta el 90 por ciento del cuerpo de un soldado, utilizando un chaleco que pesa entre 7 y 15 kilos. El peso total del traje de Ratnik es de 20 kilos, aunque éste se compensa con un

FIGURA 3: DE IZQUIERDA A DERECHA, SISTEMA RATNIK 1, RATNIK 2 Y RATNIK 3



⁹ LTC Kathy M. Brown (20 de octubre de 2017), "Product Manager Soldier Protective Equipment Program Overview To Joint Advanced Planning Brief for Industry". Recuperado de <http://www.dla.mil/Portals/104/Documents/TroopSupport/CloTex/2016%20APBI/22%20Ballistic%20Items.pdf>.

¹⁰ SAPI (Small Arms Protective Insert). El inserto protector de armas pequeñas es una placa de trauma de cerámica utilizada por las Fuerzas Armadas de Estados Unidos. Fue utilizado por primera vez en el sistema Interceptor Multi-Threat Body Armor System (MTBAS), un chaleco antibalas que fue utilizado por las Fuerzas Armadas de ese país desde fines de la década de 1990 hasta fines de la década de 2000.

¹¹ Enhanced Side Ballistic Inserts.

¹² Instituto de Investigación para la Ingeniería de Máquinas de Precisión. Es un importante instituto para el diseño y producción de armas para el Ejército ruso y las tropas del Ministerio del Interior de la Federación Rusa.

exoesqueleto pasivo, diseñado para aliviar el peso de la carga, a la vez que le protege la columna vertebral y las articulaciones. Debido a que no requiere energía ni electricidad para funcionar, el exoesqueleto de fibra de carbono es duradero y fácil de instalar.

Las mejoras del actual Ratnik-2 incluyen protecciones balísticas modernizadas, un casco con un monitor especial (térmico, monocular de visión nocturna, linterna), sistemas de comunicación, y auriculares especiales. Incluye 10 subsistemas y 59 artículos individuales. El Ministerio de Defensa de ese país continúa desarrollando la última generación de su familia de tecnología de futuro soldado Ratnik, que podría incorporarse al servicio en 2025 con la denominación Ratnik 3, contando además con un exoesqueleto militar activo según lo expresado por el Oficial Ruso Alexander Romanyuta en el Foro del Ejército 2018¹³.

Exoesqueleto militar

Del clásico sistema de protección balística individual, en el cual el combatiente debe sumar todo el peso del blindaje al peso propio de su equipamiento individual, surge como una solución tecnológica a esta problemática, el desarrollo del Exoesqueleto.

Definido como una máquina móvil consistente básicamente en un armazón externo que lleva puesto la persona y un sistema de potencia, que incluye motores o sistemas hidráulicos que proporcionan al menos parte de la energía necesaria para el movimiento de los miembros. El exoesqueleto militar posee el mismo principio, pero con el agregado de placas de blindaje y elementos para el combate. En esta “carrera” por su desarrollo, se encuentran dos grandes potencias del mundo, Estados Unidos con su *Tactical Assault Light Operator Suit* (TALOS) y RUSIA con su *Ratnik 3*.

Para su funcionamiento, “una serie de sensores biométricos detectan las señales nerviosas que el cerebro envía a los músculos de las extremidades cuando se comienza a andar. La unidad de procesamiento del exoesqueleto responde entonces a estas señales, las procesa y hace actuar al exoesqueleto en una fracción de segundo”¹⁴.

El peso del casco se apoya en un marco del exoesqueleto, que también cuenta con placas protectoras balísticas hexagonales integradas en el pecho, la espalda, los brazos, la ingle, los muslos y las piernas. Ratnik 3 también incluye, comando y control, comunicaciones, adquisición de objetivos y subsistemas de energía.

FIGURA 4: EXOESQUELETOS MILITARES TALOS Y RATNIK 3



¹³ Kubinka (25 de agosto de 2018) “Third generation of Ratnik combat gear with active exoskeleton expected by 2025. <http://tass.com/defense/1018615>

¹⁴ (Wikipedia, 2018)

Nuevos materiales que se emplean

Los elementos de protección balística se componen de múltiples capas de fibras que retienen la energía cinética del proyectil o fragmento, antes que este pueda penetrar en puntos vitales del cuerpo humano. Las primeras capas de fibra se deforman y el resto de las capas no perforadas cumplen la función de absorber progresivamente la energía cinética remanente del proyectil, hasta que este se detiene.

A pesar de que los elementos de protección balística tratan de evitar la penetración, el usuario absorbe la energía cinética entregada por el proyectil, produciéndose lo que se conoce como "trauma". El trauma resultante se cuantifica midiendo la deformación máxima, producida en el material que se emplea como respaldo del chaleco o casco durante el ensayo. Generalmente se utiliza algún tipo de material moldeable y que garantice una deformación plástica al impacto. El material recomendado por las normas NIJ (Instituto de Justicia de los EUA es la plastilina N° 1 Roma de molde para escultores¹⁵. El trauma variará en función a la energía cinética entregada, que dependerá del calibre y características de la munición que se utiliza en el ensayo.

Por esta razón, los chalecos deben ser complementados con placas de diferentes materiales, para proporcionar protección balística contra el efecto de la munición de los fusiles de asalto en sus diversas modalidades.

Estas placas suelen ser materiales cerámicos, de polietileno e incluso de acero o titanio. La mayoría de los ejércitos actualmente utiliza placas cerámicas que protegen contra los efectos de munición de arma larga en los calibres comúnmente utilizados. El principal inconveniente de estas placas es la rigidez y su peso.

Por otro lado, las placas de polietileno son mucho más ligeras e incluso proporcionan una mayor protección; no obstante, no se ha logrado obtener con ellas aún resultados satisfactorios, principalmente frente a los cambios de temperatura.

Si bien la protección contra fragmentos es el principal objetivo de los chalecos y cascos de uso militar, ya que el 80 por ciento de los impactos recibidos en combate proviene de fragmentos de diversas clases, esto no es obstáculo para continuar buscando ambos tipos de protecciones para el combatiente, por lo que los principales avances se orientan a combinar distintos tipos de fibras que permitan la máxima protección balística y contra fragmentos.

Blindaje líquido

El blindaje líquido es un tipo de protección estudiado desde el año 2003 por el MIT (Massachusetts Institute of Technology) y por la Universidad de Delaware y el United States Army Research Laboratory. Se trata de la tecnología más moderna en desarrollo actualmente para mejorar los niveles de supervivencia (Survivability) del soldado en el combate. Este tipo de protección es muy liviana y flexible, permitiéndole al combatiente mayor movilidad y, a la vez, estar protegido.

Los componentes del blindaje líquido

El componente clave del blindaje líquido es el **shear thickening fluid- STF**¹⁶. Este fluido está compuesto por nanopartículas suspendidas en un líquido. El líquido es polietilenglicol (PEG)¹⁷,

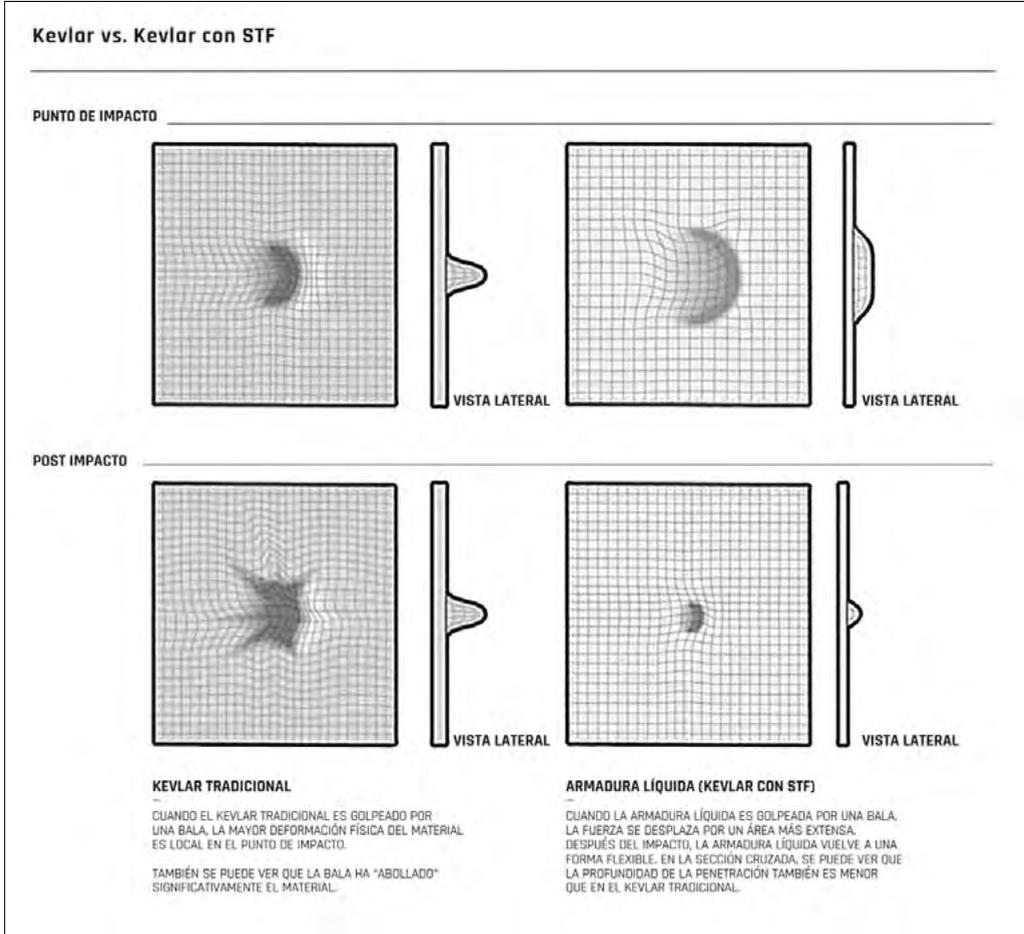
¹⁵ Fuente: CEsBA: <http://www.cesbarosario.com.ar/news/view/151/el-gobierno-de-santa-fe-autorizo-el-uso-de-punta-hueca-a-las-fuerzas-especiales>

¹⁶ Es un material en el cual la viscosidad se incrementa en función de la tensión aplicada, o sea que es un fluido no newtoniano.

¹⁷ También conocido como Macrogol, óxido de polietileno (PEO) o polioxietileno (POE), es un poliéster ampliamente empleado en la industria. Es biodegradable, biocompatible y no tóxico. El PEG puede ser recuperado y reciclado de la disolución.

que puede resistir un amplio rango de temperaturas y las nanopartículas son de sílice. Esta combinación de un líquido y componentes sólidos resulta en un material con propiedades inusuales.

FIGURA 5



Los científicos probaron el material realizando disparos con una esfera con forma de rodamiento a más de 300 metros por segundo en dos materiales de ensayo, uno de ellos con 31 capas de Kevlar no tratado y el otro con 10 capas de Kevlar combinada con el STF¹⁸.

Principio de funcionamiento

El STF impregna todas las capas de Kevlar, o sea que la tela Kevlar mantiene el STF en su lugar y también contribuye al proceso de detención de los proyectiles. La tela puede empaparse, cubrirse y coserse como cualquier otra tela.

¹⁸ Norman Wagner, University of Delaware (2003), "Advanced body armour utilizing shear thickening fluids". Consultado en <https://patents.google.com/patent/US20060234577A1/en>.

Durante la manipulación, el STF es muy deformable y fluye como un líquido. Pero cuando un proyectil o un fragmento impacta el chaleco, se transforma en un material rígido.

Los desafíos de esta tecnología

Sin lugar a duda, el desafío es crear un nuevo material de bajo costo y más liviano, que sea capaz de ofrecer propiedades balísticas equivalentes o superiores a las conocidas. Este nuevo sistema de blindaje resulta más flexible, liviano y de menor espesor, por lo que presenta un gran potencial en diversas aplicaciones.

El blindaje líquido se encuentra todavía en etapa de experimentación en los laboratorios, ensayándose diversas aplicaciones en mangas de camisas y pantalones de combate, áreas que no están protegidas por los chalecos balísticos y que, a su vez, requieren de mayor flexibilidad.

Otro empleo posible que se analiza es su aplicación en las botas de combate, para proteger los tobillos del soldado, que en ciertas posiciones como la de cuerpo a tierra, suelen quedar al descubierto. También podría ser empleado en mantas balísticas y antiexplosivos, para cubrir elementos sospechosos o munición sin detonar.

Otras aplicaciones que se vislumbran, es para su empleo en las Fuerzas de Seguridad, particularmente Servicios Penitenciarios, que normalmente se encuentran expuestos a agresiones con elementos cortopunzantes, aspecto para el cual esta tecnología ha demostrado mejores propiedades que los chalecos convencionales.

Se expone a continuación la patente correspondiente al desarrollo citado:

Advanced body armor utilizing shear thickening fluids: invento de un blindaje de material compuesto que contiene un tejido que ha sido impregnado con fluido. Patent Number: US20050266748A1.

Bouyant body armour

La armada norteamericana por medio de los ingenieros del *Naval Research Laboratory* se encuentran estudiando un tipo de inserto que reduce hasta en un 50 por ciento el peso de las protecciones.¹⁹

El prototipo puede recibir múltiples impactos y continuar manteniendo los niveles de protección. Además, las placas poseen la resistencia equivalente de otros insertos diseñados, pero con un peso significativamente menor.

Los principales beneficios de este nuevo material son:

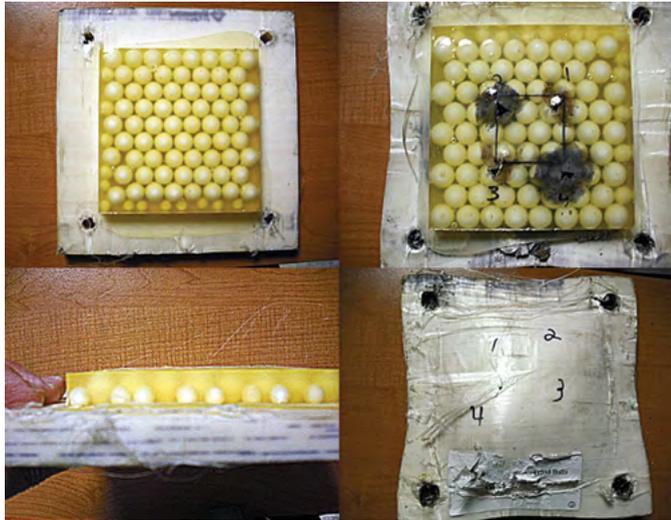
- > Al ser extremadamente flexible, facilita la posibilidad de adaptarse de manera envolvente a las formas del cuerpo humano.
- > Incrementa la supervivencia del combatiente al ser capaz de recibir múltiples disparos.
- > Es más liviano que el acero y la cerámica monolítica.
- > Menor propensión a sufrir daños durante el uso rutinario, fuera del combate.
- > Menores costos de mantenimiento, ya que elimina la necesidad de la verificación periódica de las grietas mediante rayos X.
- > Potencialmente menos costoso que las placas SAPI / ESAPI actuales, siendo el costo estimado en U\$D 1829- 3875 / m².

¹⁹ LtCol Andrew Winthrop (2016), "FORCE PROTECTION: Flexible Buoyant Body Armor *Flexible Lightweight Body Armor with Multi-Hit Capability Rapid Reaction Technology Office*". Consultado en https://www.acq.osd.mil/ecp/Articles/FP_2016MAR.html

La placa está hecha de capas de esferas de cerámica industrial, encapsuladas en una espuma, que le permiten ser capaces de resistir múltiples impactos. Esta tecnología, desarrollada por primera vez en el *Naval Research Laboratory*, permite que la protección sea más flexible que las placas SAPI²⁰ normales y con flotabilidad neutra.

Los ensayos iniciales muestran que se trata de un sistema verdaderamente revolucionario²¹. Según lo determinado por el National Institute of Justice standard – NIJ este material posee una resistencia balística nivel 4, la escala mayor dentro de la norma norteamericana. Esto significa que es capaz de detener el disparo de fusil con munición perforante a $878 \frac{m}{s}$. Si bien la placa SAPI posee nivel 4, las nuevas placas mostraron en los ensayos que pueden recibir múltiples disparos a velocidades de $914 \frac{m}{s}$.

FIGURA 6: BOUYANT BODY ARMOR



El Grafeno²² y su empleo para protección balística

Tras descubrir las excepcionales propiedades de este material, sus creadores **Novoselov y Geim** publicaron sus resultados en la revista *Science* en 2004. Posteriormente, en el año 2010, fueron distinguidos con el Premio Nobel de Física “por sus experimentos fundamentales sobre el material bidimensional grafeno”. Gracias a este descubrimiento el mundo cuenta con un nuevo material de variadas propiedades, por lo que resulta de interés exponer acerca de su resistencia mecánica, ante la aplicación de cargas a altas velocidades.

Propiedades mecánicas

De las investigaciones realizadas, se determinó que el módulo de Young²³ del material en cuestión es de 1TPa mientras que el del acero es de 210MPa; aunque tales experimentos nos proporcionan información valiosa, no resultan exactos para describir su comportamiento, ante la aplicación de cargas a muy alta velocidad, como es el caso de los impactos de proyectiles. Si bien existen métodos de caracterización mecánica de alta velocidad y altas cargas, no son apropiados para

20 SAPI: *Small Arms Protective Insert*. El inserto protector de armas pequeñas es una placa de trauma de cerámica utilizada por las Fuerzas Armadas de los Estados Unidos. Fue utilizado por primera vez en el sistema interceptor Multi-Threat Body Armor System (MTBAS). Se trata de un chaleco antibalas que fue utilizado por las Fuerzas Armadas de los Estados Unidos desde fines de la década de 1990 hasta fines de la década de 2000

21 LtCol Andrew Winthrop (2016), “FORCE PROTECTION: Flexible Buoyant Body Armor *Flexible Lightweight Body Armor with Multi-Hit Capability Rapid Reaction Technology Office*”. Consultado en https://www.acq.osd.mil/ecp/Articles/FP_2016MAR.html

22 Grafeno: El grafeno es una sustancia compuesta por carbono puro, con átomos dispuestos en un patrón regular hexagonal, similar al grafito. Es un material casi transparente. Una lámina de un átomo de espesor es unas 200 veces más resistente que el acero actual más fuerte, siendo su densidad más o menos la misma que la de la fibra de carbono, y unas cinco veces más ligero que el aluminio. Siendo su densidad de 0.54 g/cm^3 .

23 Parámetro que caracteriza el comportamiento de un material elástico, según la dirección en la que se aplica una fuerza.

capas muy finas de material, teniendo en cuenta que el espesor de la capa del grafeno es un solo átomo, formando una red hexagonal 2D covalentemente unidos.

Ensayos balísticos

Los ensayos balísticos que se realizaron en la universidad de Rise por un equipo liderado por Edwin Thomas, no son las clásicas pruebas en las que un proyectil de determinado calibre impacta a una probeta de grafeno.

Las pruebas se han realizado sobre probetas de 30 a 300 capas de grafeno, lo que equivale a un espesor de 10 a 100 nanómetros. Los investigadores descubrieron que el grafeno disipa la energía cinética de las microsferas al deformarse primero en forma de cono en el lugar del impacto y luego fisurarse a lo largo de sus direcciones cristalográficas. Estas fisuras se extienden radialmente, mucho más allá del área de impacto, lo que implica emplear parte de la energía cinética para realizar el trabajo en cada fisura²⁴.

Mercado

El mercado de materiales balísticos, aramidas y polímeros, principalmente, es estudiado anualmente por un ente denominado "HTF Market Intelligence" que produce un informe del mercado global, especialmente en Norteamérica, China, Europa, Asia Suroriental, Japón y la India, con la producción, volúmenes de venta, consumos, importación y exportación en estas regiones.

El informe consultado estudia el período de 2013 a 2018 con pronósticos al 2025. De este informe podemos apreciar los siguientes gráficos:

FIGURA 7: CONSUMO DE FIBRAS DE ARAMIDAS EN MILLONES DE DÓLARES POR APLICACIÓN EN 2012 Y 2017, CON ESTIMACIONES PARA EL 2022

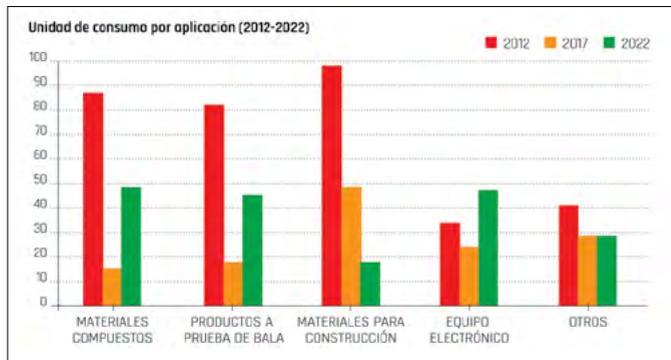
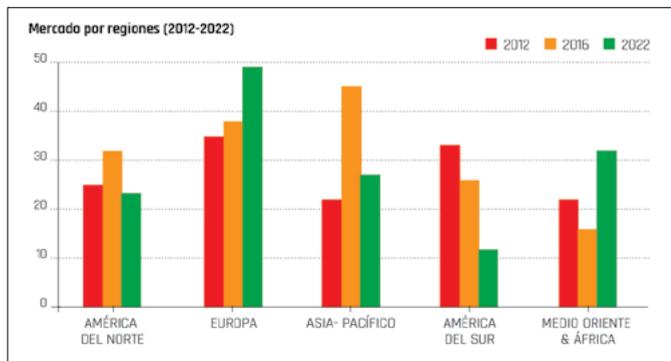
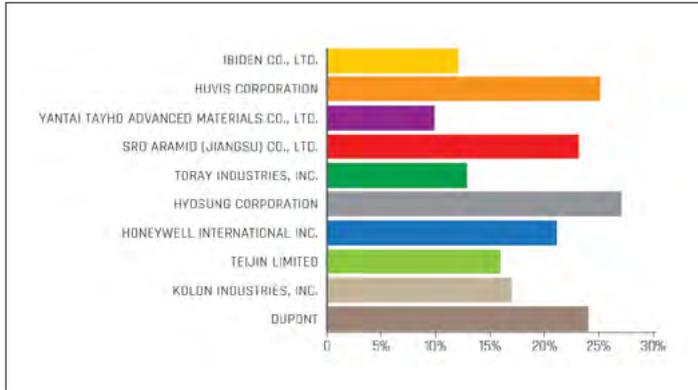


FIGURA 8: CONSUMO DE FIBRAS DE ARAMIDAS EN MILLONES DE DÓLARES POR REGIÓN EN 2012 Y 2017, CON ESTIMACIONES PARA EL 2022



24 Dume, B. (Diciembre de 2014). "Supersonic bullets test graphene's strength" Consultado en Physicsworld: <https://physicsworld.com/a/supersonic-bullets-test-graphenes-strength/>

FIGURA 9:
PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN
DE LAS EMPRESAS EN EL MERCADO
DE MATERIALES DE FIBRA DE
ARAMIDA PARA EL AÑO 2025



TECNOLOGÍAS DE PROTECCIÓN REACTIVAS Y ACTIVAS

A partir de los años 70, Israel y Rusia comenzaron a investigar y desarrollar otros tipos de protecciones blindadas diferentes a las pasivas. Los blindajes tradicionales hasta ese momento habían alcanzado un máximo de espesor y al estar limitados por su peso, los vehículos necesitaban motores con mayores potencias, debido a que perdían velocidad y maniobrabilidad. Además, en esos años hacen su aparición en el campo de combate los ATGW (Antitank Guided Weapons) transportables y con cargas huecas, capaces de penetrar cualquier tipo de blindaje pasivo de la época. Por ello, ya no era suficiente ni posible seguir aumentando el espesor del blindaje, al menos para el estado de arte de la tecnología de los materiales de la época. Surgen así diferentes proyectos que darían lugar a los llamados blindajes reactivos y más tarde se le sumarían los activos o APS (Active Protection System).

Sistemas de protección reactiva

Este tipo de blindaje reacciona al contacto del proyectil con una superficie, dando lugar a un efecto de amortiguamiento o de una fuerza en sentido opuesto a la del proyectil, con la finalidad de neutralizarlo o disminuir sus efectos terminales en el blindaje pasivo del vehículo.

Entre las tecnologías de blindajes reactivos podemos destacar al ERA (*explosive reactive armour*), el SLERA (*self-limiting reactive armour*), el NERA (*non-energetic reactive armour*), el NxRA (*non-explosive reactive armour*) y los blindajes reactivos eléctricos y electromagnéticos aún en fase de proyecto.

Explosive reactive armour

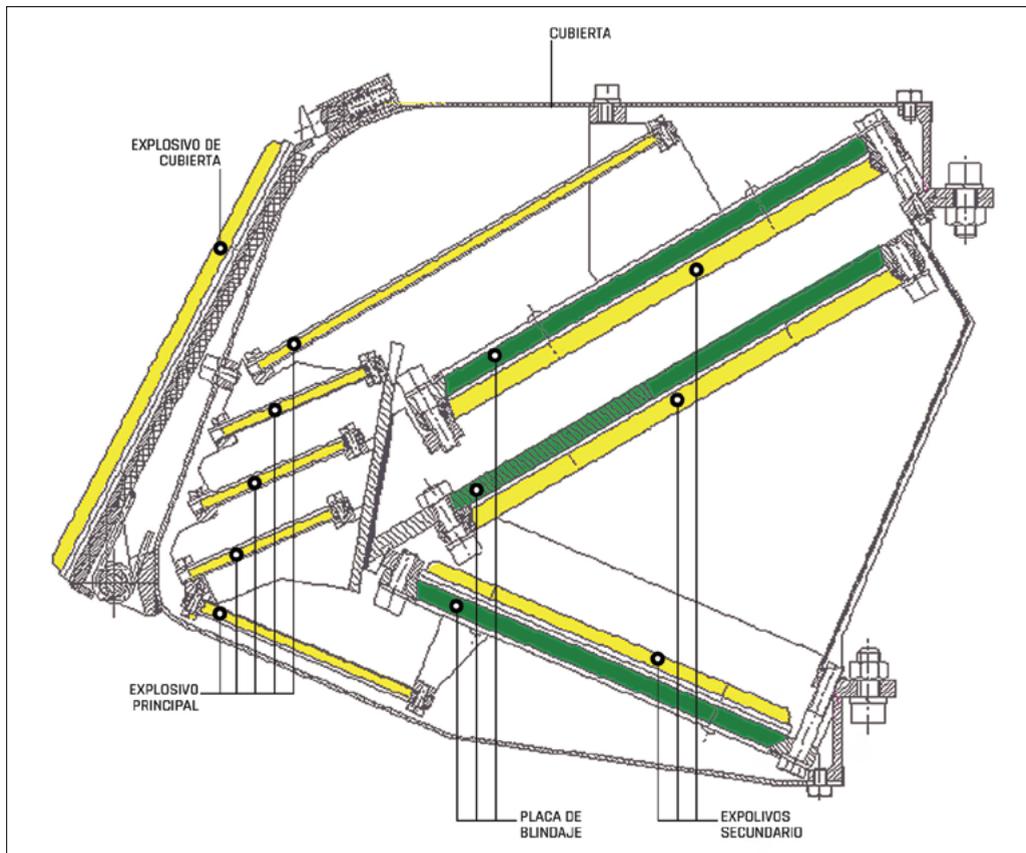
El primer intento para desarrollar armaduras “energéticas” comenzó en la década de los 60, después de que las costosas armaduras de acero y cerámica resultaran deficientes para vehículos cada vez más pesados.

El objetivo de las primeras investigaciones fue esencialmente utilizar la liberación controlada de energía, para destruir de alguna manera el jet de un proyectil HEAT en formación. La mayoría de estas ideas se basaron en emplear la energía química de explosivos para impulsar una placa de metal contra el jet entrante, desviándolo o haciéndole perder velocidad o masa. Una de las primeras ideas incorporó la alternativa de usar “píldoras” explosivas. Este explosivo fue inicialmente confinado o aplastado entre paredes laterales de metal. Este tipo de configuración se adhería en la superficie de un vehículo blindado y el explosivo detonaba en el instante en que la

punta del jet HEAT hacia contacto con él. Sólo la onda de choque causada por la detonación del explosivo era la responsable de neutralizar el jet. Esta idea fue posteriormente abandonada ya que el diseño requería de una gran cantidad de explosivos.

Alrededor de 1969, el Dr. Manfred Held que trabajaba para la empresa de defensa israelí Rafael, propuso un nuevo diseño con placas metálicas rectangulares denominadas elementos reactivos o dinámicos. En esta configuración se le agregaba al alto explosivo otra placa metálica sobre el explosivo. Las placas están dispuestas en un ángulo de 60 grados respecto de la dirección de ataque del jet. Paradójicamente, este ángulo es el mismo que el que posee el cono de cobre de la cabeza de guerra HEAT. Cuando el chorro penetra en la placa exterior, el explosivo es detonado por las presiones involucradas y las placas se separan rápidamente. La aceleración se completa en alrededor de 6 microsegundos. La orientación de las placas hace que la detonación acelere la placa frontal hacia arriba y ligeramente hacia adelante. La placa trasera se mueve hacia abajo y atrás. La placa frontal que se traslada a través de la trayectoria del jet HEAT produce ondas elásticas longitudinales. El chorro desestabilizado experimenta así un movimiento ondulatorio luego de ser impactado por la placa frontal y sigue desplazándose hasta que alcanza la placa trasera. La fuerza ejercida sobre la placa trasera se transforma en un par de torsión, cuando el chorro ya desestabilizado la alcanza, la placa gira y golpea al jet rompiéndolo en partes más pequeñas que

FIGURA 10: CORTE LATERAL DE UNA CAJA MODULAR DE BLINDAJE ERA DE LA EMPRESA MSM ESLOVACA



se destruyen al alcanzar el blindaje pasivo. Si bien no llegan a penetrarlo, le causan cierto daño que depende de la eficacia del ERA.

El principal efecto del sistema ERA es la ruptura del jet de la carga HEAT; sin embargo, hay otros que complementan esa protección balística. El efecto secundario sobre el chorro es la pérdida de masa. Una vez que la carga detona, el espesor que el chorro debe penetrar es mayor, ya que la caja ERA se expande. La pérdida de caudal másico del jet es extremadamente sensible a la distancia y gran parte de su masa no alcanza a traspasar el espacio entre la primera placa y la superficie del vehículo.

Otro factor importante es el daño que este blindaje le causa a la punta del jet. Esta puede moverse a más de 8000 m/s, mientras que los bordes exteriores y la cola pueden estar más cerca de 3000 m/s. Es por ello la responsable de la penetración inicial y, esencialmente, la parte más eficiente del jet. Permite que el resto del plasma se apile en el orificio generado obligando al material objetivo a fluir hacia afuera, al igual que un chorro de agua sobre la arena. La eliminación de la punta reducirá la penetración del chorro en un 30 por ciento o más, aunque sea una parte relativamente pequeña de la masa total remanente.

La primera generación de este sistema brindaba una protección balística frente a cargas HEAT equivalentes a entre 300 y 450 milímetros de blindaje pasivo, con un peso extraordinariamente inferior. Aun así, debido a que hay partes del jet de metal fundido que logran traspasar la protección reactiva explosiva, se necesita que el vehículo en el que se coloquen disponga también de blindaje pasivo. El sistema se constituyó modularmente y cada una de las placas en “sándwich” se agrupan en diferentes ángulos y cantidades dentro una caja mayor (Fig 10). Cada una de estas cajas se ubica por encima del blindaje pasivo propio de cada vehículo de combate. La disposición interna de las placas dentro de las cajas depende del fabricante, del vehículo y fundamentalmente del lugar en el que se va a ubicar: torreta, frente, retaguardia o laterales (Fig. 11).

FIGURA 11: LA CONFORMACIÓN DE CADA MÓDULO ERA ES DIFERENTE DEPENDIENDO DE SU UBICACIÓN EN EL VEHÍCULO DE COMBATE



Contra un penetrador de energía cinética (APDS o APFSDS) o municiones perforantes de menor calibre (20 milímetros, 12,7 milímetros, 7,62 milímetros), los elementos dinámicos sirven para desviar la dirección de la punta.

La principal desventaja del blindaje reactivo ERA es el daño que puede producir a la propia tropa que acompaña al vehículo, siendo una gran limitación en los combates en áreas urbanas.

La segunda desventaja es su vulnerabilidad a un segundo impacto en el mismo lugar.

Entre sus capacidades encontramos:

- > Protección de la armadura del casco delantero y de la torreta contra las ojivas de carga conformada o HESH (High Explosive Squash Head),
- > proyectiles antitanque explosivos de artillería y contra proyectiles de energía cinética, mientras se encuentren (dependiendo del fabricante) en un rango de $\pm 40^\circ$ respecto del eje longitudinal.
- > Protección de la parte superior de la torreta contra el efecto de sub-munición inteligente de artillería antitanque tipo SADARM (Sense and Destroy Armour).

- > Protección de la armadura colocada en el costado del tanque bajo el ángulo de tiro en rango transversal $\pm 20^\circ$ en el eje longitudinal del tanque.
- > Es resistente, además, contra munición incendiaria.
- > Finalmente, es capaz de operar en las condiciones de seguridad y diseño en un rango de temperatura de -40°C y 70°C .

El peso total promedio que el sistema le suma a un MBT tipo T-72 o M1A1 es de alrededor de 3 toneladas.

Alrededor de 1978, junto con el desarrollo de las municiones con proyectiles APFSDS (*Armour Piercing Fin Stabilished Discarding Sabot*) 'Hetz' M111, se implementó un blindaje ERA llamado 'Blazer' para los tanques Mag'lach (M60A1 y M48A3) y Sho't (Centurión) del ejército israelí. Más tarde, también se produjeron versiones para tanques Ti-67S (T-55 reconstruidos).

Las experiencias surgidas tras la Guerra de los Seis Días (1967) y Yom Kipur (1973), le sirvieron de base a las fuerzas de defensa israelí para entender que necesitaban una nueva protección balística para sus blindados, capaz de hacer frente a las recientes Armas Guiadas Antitanques (ATGW). Entre ellas, las que necesitaban respuesta inmediata eran el AT-3²⁵ 'Sagger' y los lanzacohetes RPG-7 portátiles de origen soviético, ambos dotados con cargas HEAT, baratos y livianos. Las investigaciones y desarrollos en blindajes reactivos que se realizaron a lo largo de los años 70 dieron como resultado el blindaje BLAZER. Este blindaje se empleó para reforzar a los tanques MAGACH y CENTURION en la Primera Guerra del Líbano (1982).²⁶

Después de la primera demostración del comportamiento del blindaje reactivo en el Líbano, los rusos adoptaron su propio blindaje ERA, el **Kontakt EDZ** montado inicialmente sobre el T-80BV en 1983. El Kontakt EDZ se había desarrollado simultáneamente con el BLAZER, y pese a que no era una copia, no se había adoptado por cuestiones de seguridad. La abreviatura EDZ se puede traducir del ruso como "elementos de protección dinámica". Existen dos tipos de bloques Kontakt, el "bloque" estándar, así como la "cuña" que tiene un solo elemento reactivo fijo. La "cuña" se utiliza para cubrir zonas donde el blindaje pasivo presenta superficies perpendiculares a la dirección de aproximación más probable de los proyectiles enemigos, como la torreta o los laterales en algunos diseños. Su efectividad depende también del efecto de superposición de los bloques vecinos, que pueden detonar por simpatía. Alrededor de 1985, todos los modelos de tanques soviéticos desplegados en Alemania Oriental tenían paquetes EDZ.

Kontakt EDZ fue más avanzado que el modelo Blazer en un par de aspectos. En primer lugar, los bloques son del orden del 40 por ciento del tamaño de los bloques Blazer, lo que significa que la cantidad de armadura subyacente expuesta después de una detonación es menor. En segundo lugar, el bloque Kontakt es asimétrico en su capa intermedia explosiva, tiene un extremo más grueso que el otro. Esto induce la rotación en las placas y su separación y, como resultado, la armadura es efectiva contra el jet HEAT en una variedad de ángulos más amplia.

El éxito del Kontakt EDZ llevó lógicamente al desarrollo de una versión posterior, llamada Kontakt-5, que se optimizó para ser eficaz no solo contra las cargas HEAT, sino también contra los proyectiles de energía cinética APFSDS. Se implementó por primera vez alrededor de 1985 en los primeros T-80U. El Kontakt-5 equivale a aproximadamente 300 milímetros de protección balística pasiva contra un ataque de un APFSDS, lo que corresponde a un aumento de aproximadamente 160 por ciento sobre la armadura base del T-80U. Cada bloque Kontakt-5 pesa alrededor de 10,75 kilos y el peso total del sistema sobre un tanque pesado le agregaba un peso total de tres

²⁵ Misil Antitanque hiloguiado de primera generación (Rusia), uno de los más prolíficos misiles Atan hiloguiados del mundo.

²⁶ Army Guide Magazine, "Explosive Reactive Armour, Rafael". Disponible en: <http://www.army-guide.com/eng/product3849.html>

toneladas aproximadamente. Se cree que mientras están protegidos por Kontakt-5 ERA, los MBT (Main Battle Tank) rusos no pueden ser penetrados a través del arco frontal por los cañones M256 del tanque Abrams M1, que disparan municiones APFSDS M829A1.

Gracias a su placa frontal más pesada (acero duro de 15 milímetros), los elementos Kontakt-5 son más difíciles de activar con las cargas precursoras de las ojivas tándem, obligando a los diseñadores de ATGM en tándem, a asignar más masa a la carga precursora, en detrimento de la carga principal.

Otra ventaja del sistema ruso frente a los contenedores de ERA ligeros que se destruyen completamente en el proceso de detonación, es que las secciones de Kontakt-5 no lo hacen, ya que su detonación está contenida en las placas de blindaje externas. Por lo tanto, incluso después de la detonación, las secciones Kontakt-5 continúan brindando cierto grado de protección.

FIGURA 12: KONTAKT-5 EN TANQUE RUSO T-90, SE OBSERVA EL ÁNGULO DE 60 DEL SISTEMA ERA RESPECTO A LA DIRECCIÓN DE ATAQUE



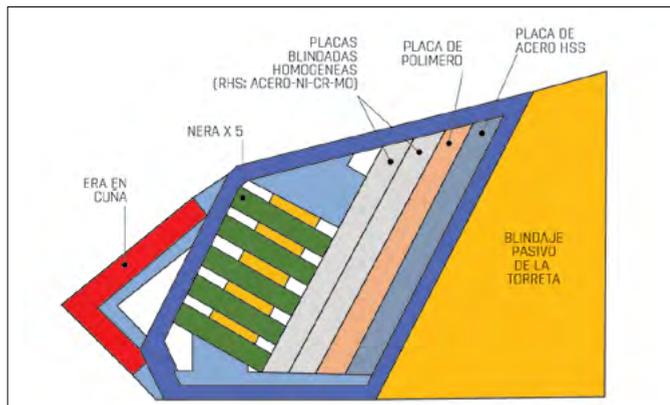
FIGURA 13: TANQUE T-90B DEL EJÉRCITO INDIO CON BLINDAJE REACTIVO KONTAKT-5 EN SU TORRETA



Non-explosive reactive armour (nera)

Este sistema funciona de forma similar a una armadura reactiva explosiva, pero sin explosivo. La diferencia radica en que, en vez de contar con una placa explosiva entre las placas metálicas, tiene un elemento inerte similar al caucho. Cuando es golpeado por el jet de plasma de un proyectil HEAT, parte de la energía de impacto se disipa en la capa de revestimiento inerte y la alta presión resultante provoca una flexión o ensanchamiento localizado de las placas en la zona del impacto. A medida que las placas se curvan, el punto de impacto del chorro se desplaza con la placa, aumentando el espesor efectivo de la armadura y haciendo que el proyectil se desvíe de su dirección inicial, redirigiendo su energía cinética lejos de su punto de contacto deseado.

FIGURA 14: INTEGRACIÓN DEL SISTEMA ERA, NERA Y PROTECCIÓN PASIVA, EN PERFIL DE TORRETA DE UN MBT (T-90)



Dado que el revestimiento interno no es explosivo, el ensanchamiento de la zona de impacto se produce a una velocidad menor que el que ocurre en un blindaje reactivo explosivo y, por lo tanto, ofrece una menor protección que un ERA de tamaño similar. Tiene como ventaja que es más ligero y, al no contener explosivo, es seguro de almacenar, transportar y manipular, además de que cuando reacciona no produce daños colaterales a infantería cercana. Teóricamente se pueden ubicar en cualquier parte del vehículo y empaquetar en múltiples capas si es necesario. En esta configuración de múltiples capas, pueden detener también algunos tipos de cargas HEAT en tándem.

Aunque su concepto de funcionamiento se asemeja más al ERA, se emplea como recubrimiento del blindaje pasivo, y se lo puede considerar hoy en día como una capa más de este último (Fig. 14).

Estado del arte de los sistemas reactivos

RELICT (Rusia)

Rusia ha presentado recientemente la modernización de su MBT, el T-90, denominado T-90M Proryv-3. El sistema ERA usado es el **RELICT**, desarrollado por el Instituto de Investigación en Defensa NII Stali. Puede considerarse un híbrido entre un sistema APS y el ERA, ya que cuenta con un radar que detecta el proyectil aproximándose y hace detonar la carga ERA, justo antes de que un penetrador de energía cinética lo golpee, rompiéndolo y reduciendo su efectividad en un 50 por ciento. También funciona de manera efectiva contra los cohetes de carga hueca en tándem y ATGM, ya que la primera placa de blindaje hace detonar la carga secundaria antes de que alcance la armadura principal, mientras que la segunda placa de blindaje anulará la carga principal. A diferencia del Kontakt-5, funciona de manera igualmente confiable, contra misiles de baja y alta velocidad. El Relict es capaz de neutralizar el APFSDS de uranio empobrecido M829A3 que dispara el M1A2 Abrams, apodado "super sabot" que fue especialmente construido con un penetrador segmentado, destinado a contrarrestar la efectividad de Kontakt-5. Sin embargo, el nuevo M829A4 DU APFSDS, que entró en servicio en 2016, con un penetrador multisegmentado más largo, está diseñado para contrarrestarlo.²⁷

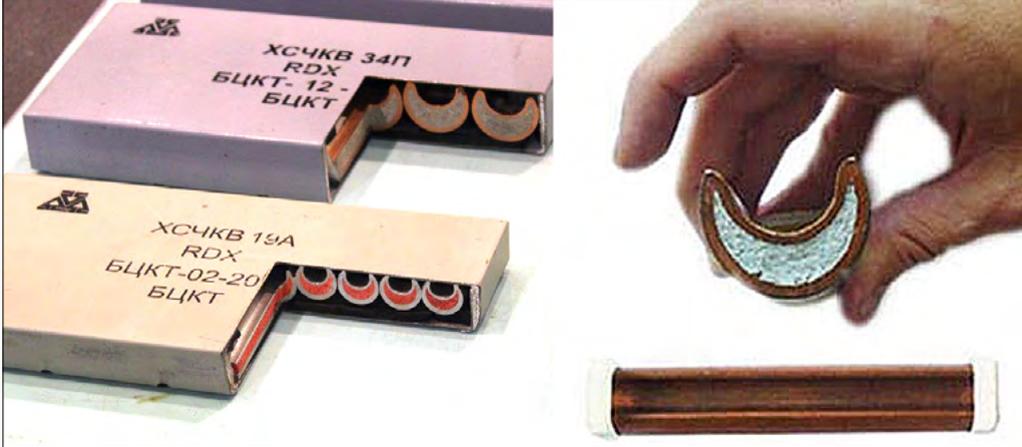
NOZH (Ucrania)

La empresa estatal ucraniana KMDB (Kharkiv Morozov Machine Building Design Bureau) diseñó un nuevo sistema ERA, el NOZH (cuchillo en ruso). Este sistema reactivo explosivo, a diferencia de los demás, no sigue el clásico diseño de sándwich, con una placa de explosivo entre dos metálicas, sino que está compuesto por tiras en forma de medialuna rellena de explosivo, dispuestas paralelamente (Fig. 15). Una vez que el proyectil golpea un módulo, se produce una detonación puntual de las cargas (cuchillos) que efectivamente están en contacto con el penetrador del proyectil. Este concepto de aplicación puntual, le permite crear un sistema ERA que, en teoría, es capaz de neutralizar cualquier tipo de penetrador, ya sea cinético, de carga HEAT simple o en tándem. Las detonaciones puntuales aumentan la supervivencia de todo el sistema en un 200 a 300 por ciento, debido a que no se destruyen módulos adyacentes, como en el caso de los modelos ERA más antiguos. Este diseño se considera más eficiente que el modelo clásico de disposición de placas en 'sandwich' de los ERA rusos, estadounidenses e israelitas, principal-

²⁷ NII STALI, "Relict". Disponible en: <http://www.niistali.ru/en/products-and-services/#RELICT>

mente para hacer frente a penetradores APFSDS, con un menor daño colateral y mayor supervivencia de todo el sistema en el campo de combate.²⁸

FIGURA 15: MÓDULOS DEL SISTEMA ERA NOZH CON SUS CARGAS EXPLOSIVAS DISPUESTAS EN TUBOS CON FORMA DE MEDIALUNA



M-TAPS - Armour Shield R (Israel)

Este sistema, al igual que el Relict, también puede considerarse un híbrido, pero entre el ERA y un sistema de protección pasiva. Desarrollado, fabricado y comercializado por **Rafael Armament Development Authority**

Ltd, el M-TAPS (*Multi-Threat Armour Protection System*), también llamado Armour Shield R se considera una tecnología de protección balística adicional de última generación para vehículos de combate. Es un sistema modular que se puede instalar fácilmente en cualquier vehículo a ruedas o sobre orugas, ofreciendo así una versatilidad mayor que otros modelos destinados sólo a vehículos con protección pasiva o MBT.

Es capaz de neutralizar granadas propulsadas por cohetes (RPG), dispositivos explosivos improvisados (IED), proyectiles deformados por explosión (EFP), fragmentos de alta velocidad de bombas de artillería y proyectiles perforantes de ametralladoras pesadas (20 milímetros y 12,7

FIGURA 16: SUPERPOSICIÓN DE PLACAS CON SISTEMA ERA NOZH DE LA EMPRESA UCRIANA KMDB

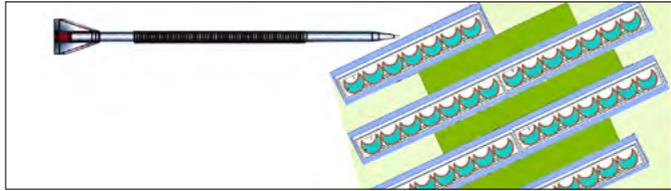
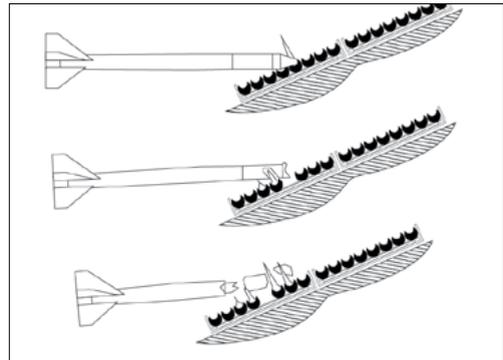


FIGURA 17: SECUENCIA DE RUPTURA DE UN PENETRADOR DE ENERGÍA CINÉTICA TIPO APFSDS AL IMPACTAR SOBRE UNA PLACA DE BLINDAJE NOZH



28 Kharkiv Morozov Machine Building Design Bureau. Disponible en: <http://morozov.com.ua/ru/>

milímetros). La tecnología M-TAPS es una actualización del sistema de protección reactiva insensible probado en combate de Rafael, que se ha aplicado con éxito a los VC Bradley de Estados Unidos, a los vehículos de las FDI (Fuerzas de Defensa de Israel) y una variedad de APC de la OTAN. El sistema ha sido probado de manera intensiva en las instalaciones de la empresa Rafael, y en combate por las FDI. Ha demostrado su capacidad para neutralizar exitosamente a los poderosos explosivos EFP y cargas HEAT de los RPG, que constituyen las principales amenazas para los vehículos de combate y transporte en los conflictos de Medio Oriente.²⁹

SISTEMAS DE PROTECCIÓN ACTIVA (APS)

Desarrollo y evolución

Más allá de todo lo desarrollado anteriormente, son las tecnologías **APS** las que se encuentran en la frontera del estado de arte en los sistemas de defensa de los vehículos de combate. Este tipo de tecnología consiste en un complejo sistema de radares, sensores y contramedidas que detectan la trayectoria del proyectil o misil que se dirige al vehículo y lo interceptan antes de que alcance su superficie. Con esto se reducen notablemente los daños colaterales causados por los módulos ERA.

El primer desarrollo comenzó en la Unión Soviética en 1977 con el programa **Drozd**, continuó con el **Shtora** en los 80 y la serie **Arena** en la década de los 90. Esta tecnología se volvió verdaderamente eficiente y viable a raíz del mejoramiento de los últimos diez años en los procesadores electrónicos, el aumento en la calidad de radares y sensores y la consecuente reducción de los costos de sus componentes electrónicos. Un aspecto interesante de esta tecnología es que puede ser colocada en cualquier tipo de vehículo.

En comparación con un sistema ERA, las ventajas son:

- > Destrucción de armas antitanque lejos de la armadura del blindado.
- > Capacidad de interceptar objetivos con ojivas en tándem.
- > Capacidad para proteger los puntos vulnerables del tanque (periscopios, articulaciones, etc.).
- > Mayor cobertura en dirección (360°).

Sin embargo, la protección activa no debe considerarse una alternativa a todos los tipos convencionales de protección. Por el contrario, el problema de aumentar la protección debe resolverse a través de un sistema de protección híbrido o complementario con protección pasiva, contramedidas optoelectrónicas, ERA y protección activa. En este caso, el desarrollador del blindado debe determinar la proporción óptima del sistema híbrido a emplear que le permita garantizar el nivel requerido de protección en función de la factibilidad tecnológica y financiera del proyecto.

Estado del arte de los sistemas de protección activa - aps

ARENA (Rusia)

Sistema que fue desarrollado en Rusia en los años 90 para mejorar las prestaciones de los **APS Shtora** y la serie **Drozd**. El objetivo de **Arena** es proteger los tanques de granadas antitanques y ATGM, incluidas algunas variantes de ATGM de ataque superior (Top attack)³⁰ como el JAVELIN. El sistema se describe en la patente rusa RU 2102678 C1.

²⁹ Rafael Advance Defense Systems, "Maneuver & Survivability", Armour Shield R. Disponible en: http://www.rafael.co.il/SIP_STORAGE/FILES/5/2205.pdf

³⁰ Top Attack: Se suele denominar así a la capacidad que poseen los más modernos sistemas ATGW (Anti-tank Guided Misiles) para impactar sus blancos con un gran ángulo de ataque. Los blindados son especialmente vulnerables a este tipo de impacto ya que en la mayoría de los casos no poseen blindaje en la parte superior de la torreta.

El sistema está compuesto por los siguientes subsistemas:

- > Un radar milimétrico multifuncional, con escaneo “instantáneo” de todo el sector protegido, para detectar y rastrear objetivos antitanques.
- > Munición de interceptación de efecto instantáneo para la destrucción dirigida de objetivos entrantes a la zona de acción.
- > Equipo de control, representado por una computadora especializada que proporciona control automático sobre el funcionamiento del radar y el sistema en su conjunto, así como un dispositivo para el control de servicio del sistema y sus partes y unidades integradas.

La munición se encuentra en módulos lanzadores dispuestos alrededor de la torreta y el radar se fija en su parte superior. Todos los demás equipos se encuentran dentro del vehículo. Los cables de conexión se encuentran dentro del bastidor del radar, sin afectar el sellado del compartimiento de combate. Se enciende desde el panel de control del jefe de vehículo y luego funciona automáticamente. Toda la información sobre los modos de operación, servicio del sistema y sus unidades integradas se muestran en el panel de control.

En el modo de combate, el radar escanea continuamente el campo de combate buscando posibles trayectorias de impacto contra el vehículo. Una vez que se detecta la amenaza, el radar cambia al modo de seguimiento del objetivo, obteniendo los datos del objetivo en movimiento que se ingresan en la computadora. En base a estos datos, asigna automáticamente el módulo lanzador más adecuado, determinando el momento justo de su activación. Cuando llega ese momento, la computadora activa la eyección de la munición seleccionada, que se lanza hacia arriba y detona creando un flujo dirigido de elementos destructivos. Las esquivas, junto a la onda de choque propia de la detonación, destruyen los proyectiles, o reducen su eficiencia a niveles que no son peligrosos para el vehículo.

Funciona en cualquier clima, las 24 horas del día, detecta y neutraliza objetivos dirigidos desde cualquier dirección y bajo todas las condiciones de empleo en combate del tanque, tanto detenido como en movimiento empleando su cañón principal.

El diseño estructural del circuito del radar y los métodos de procesamiento de datos, garantizan la alta inmunidad del sistema a las contramedidas electrónicas (ECM).

El sistema **Arena** no reacciona frente a amenazas que se encuentren a más de 50 metros del vehículo o frente a aquellas cuya trayectoria pase por encima de este. Tampoco lo hace si las amenazas son de pequeño tamaño (astillas, proyectiles de pequeño calibre) u objetos voladores lentos (pedazos de tierra, aves, etc.).

Cada munición protectora cubre un determinado sector, con zonas de destrucción de municiones adyacentes que se superponen entre sí, interceptando amenazas múltiples que provengan de la misma dirección. Se espera que la cantidad de municiones protectoras montadas sean suficientes para neutralizar todas las amenazas dirigidas desde una misión de fuego enemiga, sin tener que reponer municiones en el transcurso de esta, en condiciones normales.

En caso de emergencia, el comandante (operador) puede accionar manualmente y detonar municiones de protección desde el panel de control. El número de municiones de protección no utilizadas se muestra en la pantalla del panel de control.

Se prestó mucha atención al problema de seguridad durante el desarrollo del sistema. Hay varios bloques de seguridad en los circuitos de lanzamiento de APS, que solo pueden liberarse cuando el vehículo está en modo de combate, se detecta el objetivo peligroso y hay una alarma que indica que está a punto de impactar el tanque.

No hay peligro para los miembros de la tripulación cuando opera una munición protectora.

El nivel de presión y el estruendo provocado por la detonación de las amenazas entrantes no exceden las normas convencionales cuando las escotillas están cerradas. El sistema no funciona cuando las escotillas están abiertas.

Debido al pequeño tamaño de la zona peligrosa (20-30 metros alrededor del tanque), se reduce la amenaza de daño colateral para los equipos de infantería y de otros vehículos cercanos cuando una munición de intercepción neutraliza un proyectil enemigo. El sistema también está equipado con luces de advertencia externas que generan señales a la infantería que sigue al blindado, cuando el sistema se activa ante una amenaza. Este APS está protegido contra proyectiles de pequeño calibre y esquirlas, por lo que las municiones no detonan en sus módulos cuando son impactados por estos.

Especificaciones:

- > Peso del sistema: 1100 kilos.
- > Tiempo de reacción: 0,07 segundos.
- > Tasa de empleo: 0,2 – 0,4 segundos por amenaza
- > Rango de velocidad de amenaza: 70 - 700 m/s
- > Radio de detección: 50 metros.
- > Consumo de energía: 1 KW
- > Potencia de funcionamiento: 27 Voltios
- > Número de elementos de protección: 22-26

SHTORA EOCMDAS -*electro-optical counter-measures defensive aids suite-* (**Rusia**).

El sistema **SHTORA** es fundamentalmente un sistema de contramedidas electromagnéticas y es una de las características exclusivas de los MBT rusos que los distinguen del resto. Fue desarrollado por VNII Transmash en San Petersburgo en colaboración con Elers-Elektron en Moscú, y se introdujo alrededor de 1988. Este sistema protege efectivamente un MBT contra los ATGW de segunda y tercera generación, los sistemas SACLOS (Semi Active Command to Line of Sight) como el TOW o el MILAN I y los FaF (Fire and Forget) como el JAVELIN o el SPIKE.

Consta de un panel de control especializado, dos emisores electroópticos de interferencia ubicados a cada lado del cañón, cuatro sensores láser ubicados en la parte superior de la torreta y racks de granadas de humo anti-láser. Cuando se detecta una emisión infrarroja dirigida hacia el vehículo, ya sea proveniente de un marcador externo (segunda generación: SACLOS) o del propio misil (tercera generación: FaF), el sistema informa a la tripulación con luz y sonido, para luego lanzar granadas de humo que envuelven el tanque, neutralizan la emisión y confunden el guiado del misil. El jefe del tanque también puede presionar un botón que girará el frente de la torreta hacia el láser, para alinearlo con la dirección del ATGM entrante, ofreciéndole la sección más protegida del vehículo y ponerse en posición para abrir fuego contra el lanzador del misil.

AFGHANIT (Rusia)

Este sistema presentado en el temible T-14 ARMATA, considerado el MBT más moderno del mundo, se conforma con la integración de los sistemas Arena M y Shtora, que junto a los blindajes Relic, NERA y composite se complementan para neutralizar de manera escalonada ATGW, granadas RPG, APFSDS, proyectiles perforantes de ametralladoras pesadas, submuniciones SADARM y esquirlas de proyectiles de artillería. A las capacidades del **Arena**, el **AFGHANIT**, le incorpora proyectiles de intercepción individuales, similares al sistema **TROPHY israelí** y al **Iron Fist**. Moderniza también las capacidades del sistema de contramedidas electromagnéticas Shtora con la proyección de cartuchos antirradar, además de los fumígenos.

Este sistema que estaría en capacidad de neutralizar cualquier tipo de munición antitanque provistas a las fuerzas de la OTAN fue presentado públicamente en 2015³¹. Rusia prevé terminar de construir sus primeros 100 vehículos de la familia ARMATA en 2020, integrada por el T-14 como MBT, el T-15 como un vehículo de combate de infantería (APC) y el T-16 como vehículo recuperador.

FIGURA 18: TANQUE T-14 ARMATA DURANTE SU PRESENTACIÓN EL 9 DE MAYO DE 2015, POSEE EL QUE SE CONSIDERA EL SISTEMA APS MÁS MODERNO Y COMPLETO DEL MUNDO, EL AFGHANIT



IRON FIST (Israel - EUA)

El IRON FIST fue desarrollado por la empresa *Israel Military Industries* y a partir del año 2011 se incorporó al proyecto la norteamericana *General Dynamics* con el fin de incorporarlo a sus APC (Armoured Personnel Carrier)³². Este sistema APS integra contramedidas electromagnéticas para neutralizar la señal infrarroja emitida por los señaladores de los ATGW, junto a un subsistema de detección e intercepción directa de la amenaza. Tiene dos versiones: una general para todo tipo de vehículos y otra exclusiva para vehículos ligeros y medianos, siendo el sistema escogido para el APC Bradley del Ejército de los Estados Unidos en el marco del programa MAPS (Modular Active Protection System).

Proporciona cobertura de protección de 360 grados de corto alcance, tanto en terrenos abiertos como en entornos urbanos. A través de sus dos técnicas de detección, un radar de búsqueda y el seguimiento con un sensor de infrarrojos, el sistema ofrece una capacidad única de actualización de la situación, mediante una detección de amenazas integrada y confiable, predicción precisa de la trayectoria y corto tiempo de reacción en todos los entornos de terreno. El diseño minimiza las dimensiones del APS mientras mantiene la eficacia de combate y la protección de la tripulación. Sus características posibilitan la integración en toda la gama de vehículos de combate; además de brindar nuevas posibilida-

FIGURA 19: SISTEMA APS IRON FIST Y SUS DIFERENTES SUBSISTEMAS



31 "Russia unveils new Armata tank for WW2 victory parade", BBC, 2015. Consultado en <https://www.bbc.com/news/world-europe-32478937>

32 (Judson, Iron Fist revealed: The likely interim active protection system for Bradley, 2017). Consultado en: <https://www.defensenews.com/land/2017/06/19/iron-fist-revealed-the-likely-interim-active-protection-system-for-bradley/>

des a plataformas en servicio antiguas donde el tamaño, el "peso y las limitaciones de potencia son factores limitantes, permitiendo con ello su modernización.

El Iron Fist Light escogido para proteger al APC Bradley tiene un peso total de 250 kilos. Puede interceptar RPGs y ATGM, pero no es capaz de interceptar proyectiles de energía cinética APFSDS.

IRON CURTAIN (Estados Unidos)

Sistema de Protección Activa de la empresa estadounidense Artis, que comenzó su desarrollo en 2004 como un proyecto de DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*)³³. A diferencia del Iron Fist de IMI, este sistema no lanza una munición que intercepta la amenaza. Tal como lo dice su nombre (*Cortina de Hierro*), cuando la amenaza se encuentra a una corta distancia de la superficie del vehículo, se detona una carga longitudinal que la impacta de arriba hacia abajo neutralizándola.

Emplea un radar para detectar el proyectil entrante y una vez que lo hace, se arman las cargas. A medida que el proyectil se acerca, el sensor óptico perfila la amenaza y la rastrea con una precisión de un centímetro para seleccionar un "punto a apuntar" y determinar qué contramedida balística disparar. Debido a su diseño, el sistema se puede modificar para proteger casi cualquier superficie, desde los lados del vehículo hasta la protección total, incluida una torreta.³⁴

Si bien está diseñada originalmente para defender vehículos contra granadas RPG, el

FIGURA 20: ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA APS DEL IRON CURTAIN DE LA EMPRESA ARTIS

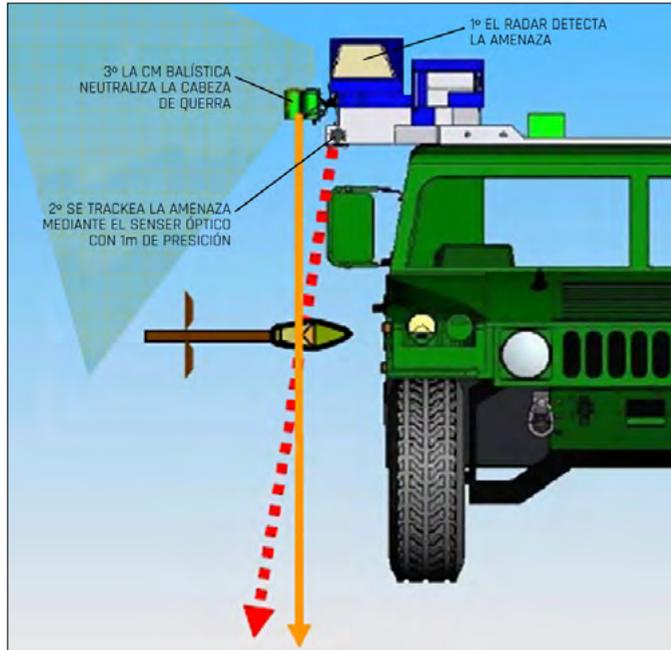


FIGURA 21: APC STRIKER EQUIPADO CON EL SISTEMA IRON CURTAIN, FINALMENTE NO FUE ADOPTADO



³³ Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados de Defensa de Estados Unidos: es la responsable del desarrollo de nuevas tecnologías para el uso militar.

³⁴ (Artis, 2018). Consultado en: http://artisl.com/iron_curtain_active_protection_system/

sistema Artis también sería eficaz contra los ATGM. El sistema tiene una cobertura de 360°, es de tiro múltiple, de bajo costo respecto de otros sistemas APS, de bajo consumo, ligero, resistente y confiable. Al igual que el sistema Iron Fist y el Trophy, el Iron Curtain estuvo desde 2016 hasta agosto del 2018, bajo pruebas de campo para ser adoptado en el vehículo APC ligero Stryker en el marco del programa de modernización MAPS.

Sin embargo, el 24 de agosto de 2018, el US Army a través del gerente del programa para el Stryker, Cnl Glenn Dean, anunció a los medios que el Iron Curtain no sería finalmente adoptado y se buscaría como alternativa otro tipo de sistema. Las pruebas de campo comenzarían en noviembre de 2018, entre ellas una versión liviana del Trophy y el propio Iron Fist Light, confirmado para el Bradley.³⁵

TROPHY (Israel)

El sistema TROPHY, también israelí, fue desarrollado por las empresas *Rafael Advanced Defense Systems* junto a *Israel Aerospace Industries*, la cual aportó el sub-sistema de radares y sensores. Se encuentra operativo en los tanques del ejército israelí MERKAVA desde 2010, siendo el único de los sistemas APS probado oficialmente en combate, habiéndose registrado la neutralización exitosa de granadas RPG-29 con carga en tándem y también contra un ATGM KORNET ruso de segunda generación.

Al igual que el sistema Iron Fist, tiene actualmente dos versiones, una para vehículos medianos y pesados y otra para vehículos livianos.

Ambas tienen la capacidad de detectar y neutralizar ATGM de segunda generación a través de su sub-sistema de radares y contramedidas electromagnéticas ELM-2133. Si la amenaza logra atravesar esta primera defensa lejana o se lanza una carga desde corta distancia, el sub-sistema de detección la “trackea” y activa la contramedida balística que la neutraliza.

En la versión pesada, esta contramedida es similar al Iron Fist con una carga que intercepta la amenaza en vuelo mediante una detonación. La versión liviana posee un sistema similar al Iron

FIGURA 22: BÚSQUEDA, DETECCIÓN Y NEUTRALIZACIÓN MEDIANTE CONTRAMEDIDAS ELECTROMAGNÉTICAS Y BALÍSTICAS DEL TROPHY, EL RADAR EMPLEADO ES EL ELM-2133 DE IAI ELTA (ISRAEL AEROSPACE INDUSTRIES LTD)



35 (Judson, Iron Curtain is out as possible active protection system for Striker, 2018). Consultado en: <https://www.defensenews.com/land/2018/08/24/iron-curtain-is-out-as-possible-active-protection-system-for-stryker/>

Curtain, y aunque detiene exitosamente granadas RPG y ATGM, es vulnerable frente a munición HEAT de tanques, que poseen una velocidad mayor.

Ninguna de las versiones puede neutralizar proyectiles de energía cinética APFSDS, pero desde RAFAEL aseguran que en un futuro próximo la versión pesada tendrá esa capacidad, que se podrá anexar al sistema en su versión actual sin necesidad de cambiarlo completamente.

Luego de un extenso período de pruebas en el marco del programa MAPS, el Ejército de los Estados Unidos ha decidido adoptar el sistema **TROPHY** para proteger a la familia de sus MBT Abrams.³⁶ El 26 de junio de 2018 se anunció la firma de un contrato inicial por 193 millones de dólares con Leonardo Finmeccanica, para la dotación y mantenimiento en el tanque Abrams M1A2.³⁷

El precio estimado para la instalación del sistema TROPHY en un MBT es de aproximadamente 350.000 dólares.³⁸

FIGURA 23: M1A2 ABRAMS Y MERKAVA MK 4M WINDBREAKER DOTADOS CON EL SISTEMA APS TROPHY HEAVY



FIGURA 24: VEHÍCULO LIGERO 4X4 EQUIPADO CON LA PROTECCIÓN APS TROPHY LIGHT



CONCLUSIONES

1. Desde la aparición de las fibras sintéticas y materiales cerámicos, no se han logrado desarrollar, hasta la fecha, protecciones que disminuyan sustancialmente el peso total que debe cargar el combatiente, más allá de una reducción del orden del 25 por ciento.
2. Las variables de confort y protección siguen siendo el gran problema de los sistemas de protección balística y no existen en la actualidad chalecos, cascos ni paneles que proporcionen al combatiente una protección total y un alto grado de confort, en función de los requerimientos actuales. La disminución de los efectos del “trauma” sobre las diferentes partes del cuerpo humano, en especial el tórax y abdomen, constituyen aún desafíos tecnológicos por resolver.
3. Quizás el desarrollo del exoesqueleto militar pueda suplir las necesidades de alivianar la carga. Pero lo cierto es que tanto el TALOS y RATNIK 3, están todavía muy lejos de su empleo operacional, no solo por su alto costo, sino también por la falta de una solución adecuada a

³⁶ (LeonardoDRS, Q4 2017). Consultado en: <https://www.leonardodrs.com/sitrep/q4-2017-defensive-protection-systems-and-technologies/us-army-decides-on-aps-for-m1-anti-armor-threat-protection/>

³⁷ (Zitun, Us Army purchases Trophy active defense system, 2018). Consultado en: <https://www.ynetnews.com/articles/0,7340,L-5297227,00.html>

³⁸ (Mizokami, U.S. Army Tanks to Get Active Protection Systems by 2020, 2017). Consultado en: <https://www.popularmechanics.com/military/weapons/news/a28576/us-army-tanks-to-get-active-protection-systems-by-2020/>

la provisión de energía necesaria para su funcionamiento, con autonomía suficiente para las exigencias propias de largas jornadas de combate.

4. Los nuevos desarrollos de materiales básicamente resultan una combinación de materiales ya existentes, que reducen el peso y aumentan algunas de las prestaciones. El blindaje líquido con su capacidad para distribuir significativamente la energía de un impacto, como todo fluido, debe resolver aún los inconvenientes derivados de su confinamiento y que se mantenga uniformemente distribuido en todo el panel.
5. No podemos considerar todavía a estos desarrollos como revolucionarios, ya que solo aportan, en algunos casos, diversas mejoras a lo ya existente, con relación a niveles de protección, durabilidad, modularidad, peso y confort.
6. La aparición de materiales como el **Grafeno**, una tecnología emergente que evidencia enormes potencialidades para su aplicación en infinidad de campos, entre ellos el de los sistemas de protección balística, podría sí convertirse en algo revolucionario y que hasta cambiaría el mercado de los denominados "*Bulletproof Materials*".
7. Por su alto costo de producción actual, pasarán muchos años hasta que la industria pueda adecuarse como para implementar el proceso de obtención del **Grafeno**, a costos admisibles y con las especificaciones técnicas y la calidad requeridas para ser empleado masivamente como componente principal del equipamiento de protección balística individual de los combatientes.
8. La mayor parte de los combates de los conflictos armados de los últimos 20 años se han producido en ambientes urbanos compartimentados. El desarrollo tecnológico de los MANPATS (*Man Portable Antitank Systems*) de la mano del abaratamiento de sus costos, les han arrebatado a los MBT el protagonismo como sistema de armas terrestre en este tipo de escenarios. Así, los blindados no fueron determinantes en ningún conflicto en los últimos 20 años; su baja movilidad y poca capacidad de reacción en ambientes de combate en 3D, los hicieron especialmente vulnerables a los ataques antitanque de la infantería y han tenido que relegar su protagonismo al control de las avenidas de aproximación principales en las periferias de las ciudades. Colocar una columna de vehículos blindados en un ambiente urbano parecería hoy un suicidio. A lo largo de la historia el protagonismo dentro del campo de combate entre la caballería y la infantería fue siempre fluctuante y esta vez no es la excepción.
9. Los desarrollos de proyectos que buscan dar una respuesta a la vulnerabilidad de los blindados modernos han comenzado a implementarse con éxito en el campo de combate. Los nuevos sistemas integrados de tecnología de protección balística descritos en el presente trabajo brindarán una oportunidad a los MBT o a los vehículos de combate de infantería de volver a ser determinantes en los combates en ambientes urbanos, al menos en el futuro cercano.
10. La integración de los diferentes sistemas de protección balística debe estar cuidadosamente organizada, de manera tal de permitir la neutralización de amenazas al menor costo posible, de manera escalonada, desde las largas distancias, produciendo el mínimo daño colateral y velando en todo momento por la supervivencia del vehículo y del propio sistema de protección.
11. Un sistema de protección balística no puede considerarse moderno si no cuenta con los siguientes sub-sistemas: activo de búsqueda, detección y neutralización mediante contramedidas electromagnéticas y contramedidas balísticas (APS); reactivo explosivo (ERA), reactivo no energético (NERA o NxRA) y pasivos compuestos. En esta línea de desarrollo tecnológico se encuentran los vehículos MERKAVA Mk 4M, T-14 ARMATA y próximamente el M1A2 Abrams (en 2020).

12. El próximo desafío de los sistemas APS o ERA es la neutralización de los penetradores de energía cinética tipo APFSDS. Si bien Rusia argumenta que el sistema de T-14 Armata puede hacerlo o también la empresa KMDB ucraniana con su innovador NOZH reactivo explosivo, aún no está efectivamente verificado o probado en combate.
13. Relacionado con el punto anterior, es necesario destacar que de los más modernos sistemas APS, el único que ha sido probado en combate es el TROPHY de Rafael, no sólo contra RPG, sino también contra los ATGM de segunda generación. Y constituye, además, el único sistema de occidente en haber sido probado en combate y que simultáneamente ha pasado las exigentes pruebas de campo del programa MAPS (*Modular Active Protection System*) para su empleo en el MBT del Ejército de Estados Unidos.
14. Los sistemas APS más livianos como el Iron Fist Light, el Iron Curtain o el Trophy Light, brindan una solución eficiente en la protección blindada para vehículos que tienen un espacio y peso limitado como para dotarlos de un mayor blindaje pasivo.
15. Los principales países desarrolladores de la tecnología de protección balística reactiva y activa siguen siendo Rusia e Israel, seguidos por Estados Unidos, Alemania, Ucrania, Eslovaquia y Polonia. Inglaterra se ha destacado en el desarrollo de blindajes reactivos no energéticos.
16. El estado de arte de las tecnologías APS y ERA de los principales proyectos que se están implementando muestra la tendencia evidente de dotar no sólo a los MBT con estos sistemas de protección, sino también a vehículos livianos de combate y transporte.
17. Un proyecto de integración de tecnologías de protección moderno debería al menos poder neutralizar cualquier tipo de proyectil HEAT, ya sea proveniente de sistemas MANPATS o de munición de tanque, y en los MBT a la mayor parte de los proyectiles de energía cinética tipo APFSDS.
18. Finalmente, la tendencia que se observa indica que, durante la próxima década, toda la línea de vehículos de combate de las principales potencias militares contaría con sistemas de protección activa, de contramedidas electromagnéticas y balísticas, integrados con sistemas reactivos explosivos (ERA), no energéticos (NERA) y pasivos.

BIBLIOGRAFÍA

- > Brown, L. K. (2017). "Product Manager Soldier Protective Equipment Program Overview To Joint Advanced Planning Brief for Industry". Consultado en <http://www.dla.mil/Portals/104/Documents/TroopSupport/CloTex/2016%20JAPBI/22%20Ballistic%20Items.pdf>
- > D'Costa, I. Military Times. Consultado en "This is Russia's next generation combat armor suit and it's straight out of RoboCop": <https://www.militarytimes.com/off-duty/gearscout/2018/09/05/this-is-russias-next-generation-combat-armor-suit-and-its-straight->, septiembre de 2018.
- > DARPA. Consultado en "Our Research": <https://www.darpa.mil/our-research>, agosto de 2018.
- > Dume, B. "Supersonic bullets test graphene's strength". Obtenido de Physicsworld: <https://physicsworld.com/a/supersonic-bullets-test-graphenes-strength/>, diciembre de 2014.
- > Ejército Argentino, F. d. *Manual de Mecanismos Especiales*. Buenos Aires, 2017.
- > Gao, C. (2018). "Russian Infantry Could Be Getting a Big Upgrade". Consultado en septiembre de 2018, de <https://nationalinterest.org/blog/buzz/russian-infantry-could-be-getting-big-upgrade-31787>
- > Intelligence, H. M. "Global Aramid Market Professional Survey Report 2018". Consultado en <https://www.htfmarketreport.com/reports/1037451-global-aramid-market-10>, marzo de 2018.

- > Kubinka. “*Third generation of Ratnik combat gear with active exoskeleton expected by 2025*”. Consultado en http://tass.com/defense/1018615?fbclid=IwAR2WSC_6wJEG1RqCyG14Z7MdKUwpcUgTCHOVxL1_PRCZByYUefMQ_VvBjPk, 2018.
- > Main, D. J. “*Sodier Protection Systems*”. Consultado en <https://www.darpa.mil/program/soldier-protection-systems>, 2018.
- > Murray, M. “*Liquid Armor: University of Delaware’s innovation*”. Delaware University. Consultado en <https://www.delawareonline.com/story/life/did-you-know/2015/03/03/liquid-armor-university-delawares-innovation/24354971/>, 2015.
- > Body Armor News, B. “*Exciting Opportunities in the Soft Body Armor Industry*”. Obtenido de <https://www.bodyarmornews.com/exciting-opportunities-in-the-soft-body-armor-industry/>, 2018.
- > Vivienne Machi (Jun2017), “*Iron Man’ Suit On Track, But Hurdles Remain*”. Consultado en <http://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2017/5/22/iron-man-suit-on-track-but-hurdles-remain>, junio de 2017.
- > Wang, B. “*US Army and Navy have multiple projects to reduce body armor weight by 20-50% while maintaining or improving protection*”. Consultado en <https://www.nextbigfuture.com/2016/09/us-army-and-navy-have-multiple-projects.html>, septiembre de 2016.
- > Artis. “*Artis Active Protection System*”. Consultado en http://artisllc.com/iron_curtain_active_protection_system/, 2018.
- > BBC. “*Russia unveils new Armata tank for WW2 victory parade*”. BBC. Consultado en <https://www.bbc.com/news/world-europe-32478937>, 5 de mayo de 2015.
- > Cohen-Arazi, Y., Sokol-Barak, E., Friling, S., & Tzalik, M. (2006). “*Rafael Advanced Defense Systems Ltd*”, Israel Patente nº US7357061B2. Consultado en <https://patents.google.com/patent/US7357061B2/en>
- > Judson, J. “*Iron Fist revealed: The likely interim active protection system for Bradley*”. Defense News, 19 de junio de 2017.
- > Judson, J. “*Iron Curtain is out as possible active protection system for Striker*”. Defense News, 8 de agosto de 2018.
- > LeonardoDRS. “*US Army decides on APS for M1 anti-armour threat protection*”. (Q4 2017).
- > Mixon, L. Estados Unidos Patente nº US5413027A. Consultado en <https://patents.google.com/patent/US5413027>, 1993.
- > Mizokami, K. “*U.S. Army Tanks to Get Active Protection Systems by 2020*”. Obtenido de Popular Mechanics: <https://www.popularmechanics.com/military/weapons/news/a28576/us-army-tanks-to-get-active-protection-systems-by-2020/>, 10 de octubre de 2017.
- > MSM. (2018). “*Explosive reactive armour (ERA)*”. “*NEXREARM*”. Consultado en <https://www.msm.sk/en/portfolio/army-technology/modernization-and-overhaul-of-vehicles-reverse-engineering/explosive-reactive-armour-era-nexrearm/>, 2018.
- > Ogorkiewicz, R. M. Impenetrable Russian tank armour stands up to examination. *Jane’s International Defence Review*, 15. (7 / 1997)
- > Shevach, H., Rosenberg, G., Partom, Y., Friling, S., Benyami, M., & Yoav, E. “*Rafael Advanced Defense Systems Ltd*”. *Israel Patente nº US5070764A*. Consultado en <https://patents.google.com/patent/US5070764/un>, 1991.
- > Zitun, Y. (27 de Junio de 2018). “*US Army purchases Trophy tank active defense system*”. Ynetnews, 27 de junio de 2018.

(*) **Fernando Daniel Quinodoz** es Capitán de Infantería del Ejército Argentino. Licenciado en administración y paracaidista militar. Posee una especialización en Ciencias Militares por la Escuela de Perfeccionamiento de Oficiales del Ejército de Brasil (EsAO). Alumno de la carrera de Ingeniería Mecánica (especialidad armamentos) en la Facultad de Ingeniería del Ejército Argentino. Se desempeña, además, como observador tecnológico del área de armamento del Centro de Estudios "Grl MOSCONI".

(*) **Luciano Damián Morales** es Capitán de Infantería del Ejército Argentino. Licenciado en administración e ingeniero mecánico con la especialidad de armamentos. Presta servicios en la Facultad de Ingeniería del Ejército Argentino en el Laboratorio de Armamentos. Se desempeña, además, como observador tecnológico del área de armamento del Centro de Estudios "Grl MOSCONI".

3. INFORMÁTICA

3.1

Seguridad de la Información. Riesgos y desafíos crecientes

Por el Coronel (R) VGM Ing. José Fernando López (*)

ABSTRACT

Yahoo (2013), Equifax (2017), Adobe (2013), JP Morgan (2014), eBay (2014), Home Depot (2014), Target (2014), TJX Companies (2006), LinkedIn (2016) y Facebook (2018) son algunas grandes empresas que han sufrido en carne propia el impacto y los daños, pérdidas, consecuencias y repercusiones de una “brecha de seguridad” dentro de su esquema de seguridad de la información. Estar preparado para estos incidentes de seguridad es un mandato obligatorio en toda organización seria, aunque lamentablemente la información que se dispone siempre es escasa y con poco detalle, debido a la resistencia a reconocer y revelar fugas de información que evidencian una debilidad institucional y una vulnerabilidad concreta.

Al ver estos ejemplos, la idea que subyace entonces es que “nadie está a salvo”, lo cual tiene su parte de verdad; sin embargo, tenemos que saber que hay muchas formas de prevenir estos incidentes de seguridad o mitigarlos en caso de ocurrencia.

Palabras clave: Seguridad de la información - amenazas y riesgos - Defensa

Introducción

“El único sistema seguro es aquél que está apagado, en el interior de un bloque de hormigón protegido en una habitación sellada y rodeada por guardias armados”.

Gene Spafford¹

A fines de la década del 80 y principios de los 90, Windows 3.0 no había hecho su aparición en el mercado y el sistema operativo dominante entre las PC de escritorio era el MS-DOS. En el mundo

¹ <https://spaf.cerias.purdue.edu/>

de los mainframes, IBM introduce el System/390 de arquitectura CISC de 32 bits utilizando DB2 como motor de base de datos (ya presentado en 1984).

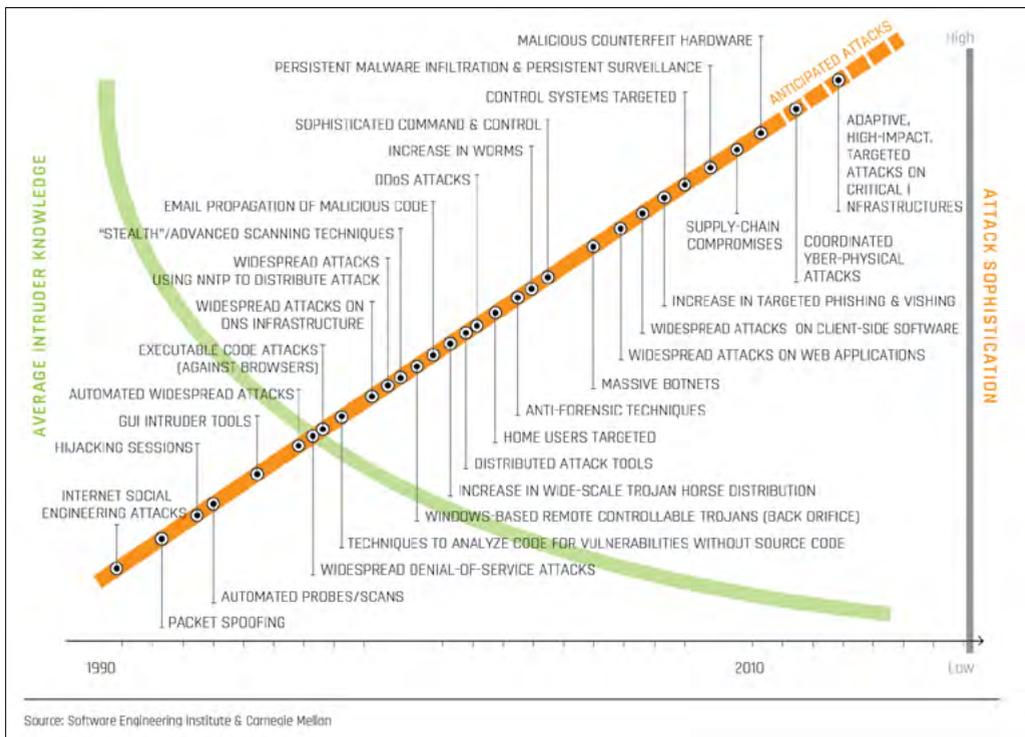
En ese momento, los usuarios con mayores conocimientos técnicos eran quienes sacaban verdadero provecho a los recursos informáticos disponibles. El factor limitante a la masividad sobre esos recursos era en todos los casos su alto costo. Los componentes "valiosos" incluían el procesador, la memoria y el almacenamiento. La información se transportaba a otro dispositivo en diskettes o cintas magnéticas en caso de mainframes.

En 1989, Tim Berners-Lee, un científico británico del CERN², presenta la World Wide Web (WWW)³ con el objeto de facilitar la cooperación e intercambio de documentos entre la comunidad científica. Pocos años después, en 1993, el software de la WWW fue puesto en el dominio público, con licencia abierta y libre reproducción, produciendo ese hecho un verdadero salto disruptivo a nivel global.

Hasta ese entonces, podríamos acordar que las precauciones, resguardos, medidas de seguridad y alertas quedaban en general circunscriptas a problemas mecánicos, eléctricos u otras causas naturales.

Quiénes pretendían acceder a recursos de información ajenos a su entorno, debían poseer muy sólidos conocimientos tecnológicos y dominar en forma fluida lenguajes de máquina o de bajo nivel utilizados para diseñar sus herramientas. En general, el objetivo perseguido detrás de la cons-

FIGURA 1: RELACIÓN ENTRE LA SOFISTICACIÓN DEL ATAQUE Y LOS CONOCIMIENTOS DEL ATACANTE



2 Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire (Consejo Europeo para la Investigación Nuclear) Suiza. <http://home.cern/>

3 Vista del primer website (recuperado y disponible en el sitio web del CERN) <http://info.cern.ch/>

trucción de pequeñas y elaboradas aplicaciones con capacidad de tomar acciones sobre otra máquina de ese entonces era demostrar el conocimiento, ingenio y habilidad de su creador, llamando la atención de su víctima, difundiendo una proclama, ralentizando el uso del sistema y en el peor de los casos destruyendo información. Podríamos aceptar que el objetivo no era económico.

El transcurso del tiempo nos muestra otra realidad: los problemas de seguridad, su relevancia y el perfil de los atacantes han cambiado; ya no se requiere contar con importantes conocimientos de base, la Deep Web ha tentado con sitios “non sanctos” de Internet⁴ a muchos aprendices con intención de daño donde tienen disponible o pueden obtener con cierta facilidad herramientas o programas maliciosos y, por otro lado, la complejidad e intensidad de los incidentes ha crecido de manera importante. Se puede afirmar que el objetivo económico ha pasado a ser dominante.

En este escenario actual, crece la cantidad y variedad de dispositivos conectados, crece la diversidad de sistemas operativos y aplicaciones, consecuencia directa de este crecimiento es el inevitable aumento de la superficie de ataque para un agresor.

Los atacantes no son fácilmente identificables, los actores pueden ser lobos solitarios, grupos activistas, otros antisistema, comunes ciberdelincuentes o estructuras de estados nación.

Las empresas y organizaciones incrementan sus gastos en seguridad, crece la cantidad de datos almacenados y crece el volumen del tráfico a través de internet, cada día es más complejo controlar la información en tránsito y al mismo tiempo proteger los datos almacenados, consecuencia directa de

FIGURA 2: MOTIVACIÓN DETRÁS DE LOS ATAQUES - COMPARACIÓN 2016/2017

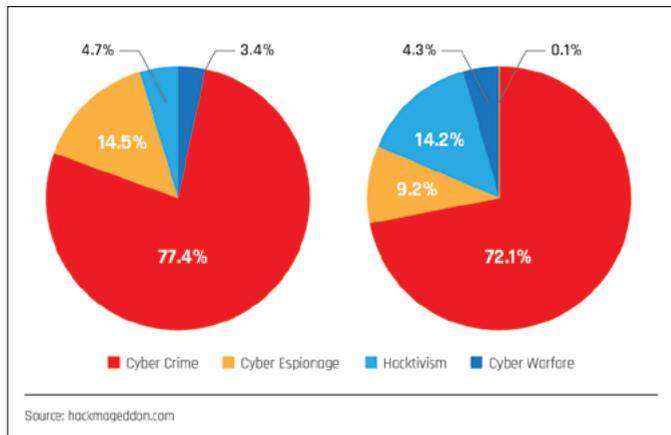
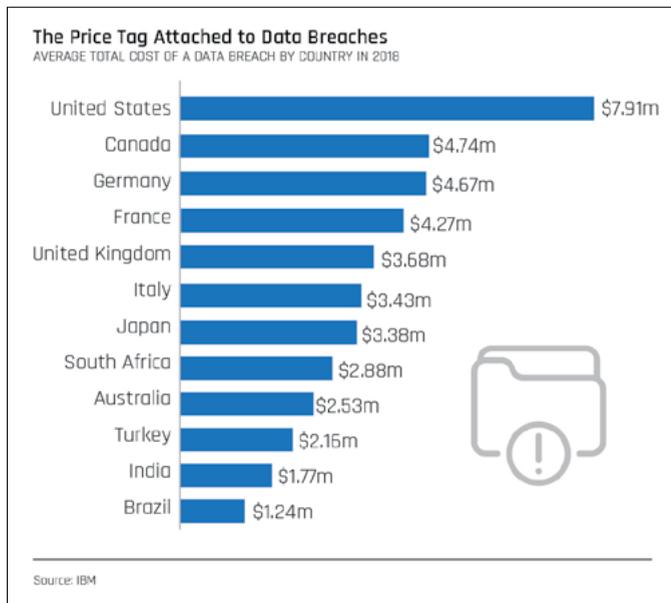


FIGURA 3: PÉRDIDAS ECONÓMICAS EN 2018 DETRÁS DE LA FUGA DE INFORMACIÓN



4 <https://www.ft.com/content/98c87542-3c7b-11e7-821a-6027b8a20f23>

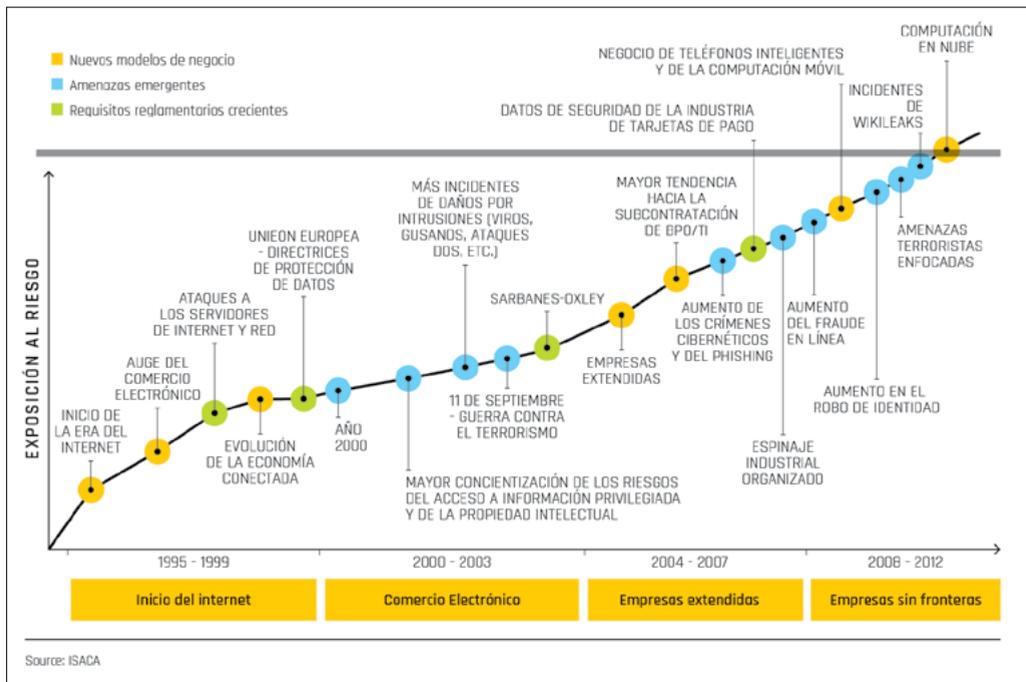
esto es el aumento del riesgo, y daños por pérdidas económicas, pérdida de credibilidad o daños a la imagen institucional.

Estos problemas pasan a ser de gravedad extrema cuando las víctimas involucradas en los incidentes pertenecen o están vinculados con el ámbito de la defensa, o los incidentes afectan infraestructuras consideradas críticas.

Las intrusiones, fuga de datos y brechas de seguridad se han incrementado en los últimos años. En una reciente investigación patrocinada por IBM Security y conducida por Ponemon Institute LLC⁵, tomando una muestra de 477 empresas en 15 países y regiones, se concluye que han aumentado las violaciones de datos de magnitud así como su relevancia (+6,4% respecto de 2017), generando mayores costos como consecuencia de los daños.

Esa hiperconectividad ha crecido exponencialmente a partir de la aparición de la world wide web (www) y nos presenta una realidad donde todos los actores del sistema deben estar obligados a comprender, interpretar y actuar, no solo sacando provecho de los aspectos beneficiosos de la tecnología, sino tomando acciones que promuevan una reducción o minimización de las vulnerabilidades subyacentes del funcionamiento real del sistema, y en el cual los modelos de negocio han cambiado y crecen graves amenazas acompañando ese modelo.

FIGURA 4: EVOLUCIÓN DE MODELOS DE NEGOCIOS, REGULACIONES Y AMENAZAS



Para contextualizar lo expresado, debemos comenzar a comprender el objeto de la seguridad de la información y su ámbito de aplicación.

5 <https://www.ibm.com/security/data-breach>

Seguridad de la información y sus objetivos

“Si piensas que la tecnología puede solucionar tus problemas de seguridad, está claro que ni entiendes los problemas ni entiendes la tecnología”.

Bruce Schneier⁶

Conceptualmente, la seguridad de la información es el conjunto de medidas activas y pasivas que buscan proteger la *confidencialidad, integridad y disponibilidad*, mediante la aplicación de un proceso sistemático de gestión de riesgos sobre los activos de la información de una organización.

Adicionalmente, pueden también incluirse otras condiciones como *autenticidad, confiabilidad, auditabilidad, legalidad y no repudio*, que son definidas al final del artículo para una mejor comprensión.

Dentro de ese contexto, la seguridad de la información está orientada a normar o regular la protección de la información durante su ciclo de vida (creación, difusión, modificación, almacenamiento, preservación y eliminación), así como sobre los medios, sistemas y procesos que sostienen dicho ciclo, generalmente a través del establecimiento de pautas, así como el fomento de buenas prácticas y conductas de seguridad respecto de las personas que acceden, manipulan o gestionan la información.

Es importante aceptar que cuando hablamos de seguridad de la información no estamos acotando su definición a “información digitalizada” sino que el concepto es más amplio y abarca toda información con valor, independientemente del medio, formato o soporte.

Para facilitar la comprensión y reducir la cantidad de referencias, se agrega al final de estas líneas un brevísimos glosario de los términos más comúnmente utilizados.

Los **activos** de información constituyen el valor estratégico clave de una organización, y se desprende de allí la obligación implícita de concretar una rigurosa **clasificación e inventario** de activos, como punto de partida para identificar la información existente en la organización y su grado o nivel de importancia.

Por otro lado, cada activo de información es sujeto de un riesgo, el cual debe ser evaluado en un proceso sistemático, que determinará la forma en que será tratado. Finalmente ese análisis determinará si el riesgo puede ser: **mitigado**, mediante la aplicación de medidas y controles que reduzcan su efecto; **aceptado**, con criterios de aceptación establecidos; **evitado**, suprimiendo su causa; o **transferido**, en caso de riesgos asociados a otros interesados o terceros.

FIGURA 5: MATRIZ BÁSICA PARA EL ANÁLISIS DE UN RIESGO

Magnitud o severidad del daño posible	ALTO	RIESGO MODERADO	RIESGO IMPORTANTE	RIESGO CRÍTICO INTOLERABLE
	MEDIO	RIESGO TOLERABLE	RIESGO MODERADO	RIESGO IMPORTANTE
	BAJO	RIESGO ACEPTABLE	RIESGO TOLERABLE	RIESGO MODERADO
		BAJO (Poco Probable)	MEDIO (Posible)	ALTO (Cierta)
		Probabilidad de ocurrencia de la amenaza		

Fuente: Propia

⁶ <https://www.schneier.com/blog/about/>

Si nos detenemos a analizar las **amenazas** posibles, el conjunto es verdaderamente extenso y variado en su forma de agrupamiento o tipificación.

Así podemos identificar amenazas físicas y lógicas, o aquellas producidas por personas, por software específico o por fenómenos naturales.

Si las agrupamos por su origen, vemos amenazas naturales, de agentes externos o de agentes internos; si agrupamos por intencionalidad, podrán ser accidentes, errores o actores malintencionados; y si agrupamos por su naturaleza, podemos verlo a través de su forma de actuación en la interceptación, modificación, interrupción y emulación.

Las noticias y publicaciones nos permiten identificar fácilmente algunas amenazas comunes a través de su nombre. Así se conoce la existencia de hackers, virus, malware, spyware, troyanos, gusanos y, en el último tiempo, ransomware con una importante expansión a nivel global.

Mucho menos conocidas, existen otras amenazas que destacan por su masividad, gravedad o daño. Solo para mencionar algunas amenazas de cada tipo, hay -1- Criptográficas: ataque de diccionario, ataque de fuerza bruta, *man in the middle*, *CryptoLocker*, *Keylogger*, *Password cracking*. -2- De Denegación de servicio (DDoS): *Storm Worm Botnet*, *Ping of death*, *Fork bomb*, *Ping flood*. -3- De Hacking: Ataque de día cero, *SQL Injection*, *XPath Injection*, *Botnets*, *Cross-Site Request Forgery*, *Clickjacking*, *Cross-site scripting*, *Phreaking*, *Heartbleed*, *Defacement*, *Stack overflow/overrun*, *DNS rebinding*, *Hijacking*, *IP Spoofing*, *MAC Spoofing*, *Pharming*, *Phishing*, *Smishing*, *Rootkit*.

Respecto de las vías de acceso más frecuentes utilizadas como vector de muchas de las amenazas mencionadas son: los archivos adjuntos en los correos (el más común); las redes *peer to peer* (P2P) con descargas habilitadas; los sitios web engañosos o fraudulentos; los sitios web legítimos pero que han sido infectados; los dispositivos de almacenamiento infectados (pendrives, discos rígidos removibles, CDs, DVDs) y las redes sociales, entre otros.

Nos preguntamos, entonces, cómo debería encarar una organización estos temas de seguridad de manera adecuada.

La RFC 1244 de IETF⁷ define la política de seguridad como “*una declaración de intenciones de alto nivel que cubre la seguridad de los sistemas informáticos y que proporciona las bases para definir y delimitar responsabilidades para las diversas actuaciones técnicas y organizativas que se requerirán*”⁸ estableciendo dos claras estrategias al momento de implementar esas políticas de seguridad y los procedimientos sobre Internet, -1- **Proteger y Proceder** o -2- **Seguir y Perseguir**, lo cual definirá en cada organización la actitud y el formato de respuesta ante eventos e incidentes.

Definida la estrategia, se agregan al análisis otras consideraciones para establecer las políticas de seguridad, como el nivel de riesgo aceptado, características del entorno, los activos que se debe proteger y aspectos que hacen a la sensibilidad del negocio.

Esquemas de seguridad clásicos se ajustan a modelos de defensa en profundidad o en capas (por analogía a capas de cebolla) que incluyen medidas de seguridad y protección en las distintas capas de la red. En general, la seguridad se planifica desde el nivel más bajo (del sistema) hasta el nivel más complejo (de las transacciones). Es conveniente desarrollar una estrategia de seguridad individual para cada capa, contemplando la seguridad en los distintos niveles: a nivel de sistema, a nivel de red, a nivel de aplicaciones y a nivel de transmisión.

⁷ Las RFCs (Request For Comments) son un compendio de documentación sobre protocolos, estándares o tecnologías de internet, mantenidas por el IETF (Internet Engineering Task Force) y de libre acceso en la web.

⁸ RFC 1244

Conceptualmente, la idea es que en cada una de las capas del modelo ISO/OSI pueda actuar algún tipo de control, que por medio de reglas preestablecidas, establezca condiciones seguras para el tráfico de la red, pudiendo actuar a través de medidas pasivas (IDS⁹, alertas, logs, etc.) como de medidas activas (IPS¹⁰). La diferencia entre IDS e IPS es que el primero de ellos analiza los datos del tráfico y genera alertas ante actividades sospechosas y el IPS, además del análisis de rigor, toma acción inmediata ante incidentes, en base a un conjunto de reglas determinadas.

En línea con la optimización del esquema de seguridad, resulta también de aplicación incorporar modelos de defensa en altura, asociados a conceptos basados en principios de uso militar.¹¹

Por último, adoptar los mayores recaudos sobre el eslabón más débil de la cadena de seguridad: el usuario. Muchos sistemas robustos son violados por medio del aprovechamiento involuntario del conocimiento de las personas que los utilizan. Para ello, la técnica común es el ataque a través de *Ingeniería Social*. Según Kaspersky¹² “La ingeniería social es un conjunto de técnicas que usan los cibercriminales para engañar a los usuarios incautos para que les envíen datos confidenciales, infecten sus computadoras con malware o abran enlaces a sitios infectados.”

Tal vez resulte más clara la visión de Kevin Mitnick¹³, quien fundamenta en sus libros las cuatro características que facilitan la ingeniería social y, según su afirmación, son compartidas por casi todas las personas: 1. Todos queremos ayudar, 2. El primer movimiento hacia otra persona siempre es de confianza, 3. No nos gusta decir “NO” y 4. A todos nos gusta que nos alaben.

Riesgos y desafíos crecientes

“Hoy en el mundo en que vivimos, cualquier persona con la motivación, el tiempo suficiente, sin novia ni esposa, puede vulnerar cualquier sistema informático”.

Johan Manuel Mendez¹⁴

Las amenazas, estafas en línea, robo de información y ciberataques son una realidad y muchas empresas y organizaciones públicas y privadas hacen un gran esfuerzo para proteger la información privada o confidencial, gastando importantes cantidades de dinero para mantener esa información segura.

En 2014, en un estudio de McAfee con CSIS¹⁵ se estimó que los daños por delitos informáticos costaban a la economía mundial casi 500 mil millones de dólares, aproximadamente el 0,7 por ciento de la renta global. Actualmente, en el estudio 2018¹⁶ el estimado de costos por este tipo de delitos continúa creciendo hasta en el orden de los 600 mil millones de dólares; es decir el 0,8 por ciento del Producto Bruto Interno.

⁹ Sistemas de Detección de intrusos (Intrusion Detection System)

¹⁰ Sistemas de Prevención de intrusos (Intrusion Prevention System)

¹¹ Corletti, Alejandro - http://www.ieee.es/Galerias/fichero/OtrasPublicaciones/Nacional/2018/Libro-Ciberseguridad_A.Corletti_nov2017.pd.pdf

¹² <https://latam.kaspersky.com/resource-center/definitions/what-is-social-engineering>

¹³ <https://www.britannica.com/biography/Kevin-Mitnick>

¹⁴ <https://about.me/johanmmendez>

¹⁵ Center for Strategic and International Studies (CSIS)

¹⁶ <https://csis-prod.s3.amazonaws.com/s3fs-public/publication/economic-impact-cybercrime.pdf>

En un mundo digitalizado en el cual el 55,1 por ciento de la población mundial utiliza Internet¹⁷, los datos y la información son el combustible crítico del sistema. Nuestra información personal está en línea, reunida o distribuida en diferentes instalaciones indeterminadas, en bases de datos de terceros con información de otros muchos usuarios de regiones diversas, procesada localmente o en la nube bajo condiciones de seguridad que no regulamos. Se suma a lo descripto, el tráfico, los datos y la pobre protección¹⁸ con que cuentan 8.400 millones de dispositivos IoT¹⁹ conectados en 2017, con el pronóstico de alcanzar los 20.400 millones de dispositivos en 2020²⁰ según estudios de Gartner, Inc.

Sobre detalles de violaciones de datos en países centrales se presenta cierta coincidencia en las últimas encuestas. El *Department for Digital, Culture, Media & Sport* (Reino Unido) reveló que el 43 por ciento de las empresas reportaron ataques o violaciones de sus datos durante este año, aunque solo un 27 por ciento adopta políticas formales para cubrir esos riesgos²¹. En el mismo sentido una encuesta de la Universidad de Phoenix concluye que el 43 por ciento de ciudadanos adultos había sufrido una violación de datos personales en los últimos tres años,²² y el Reporte de delitos sobre internet (*Internet Crime Report*) que presenta anualmente el FBI en Estados Unidos confirmaba el sostenido crecimiento de delitos así como el aumento de pérdidas por estas violaciones de datos durante el último año.²³

Como contrapartida y para enfrentar esos riesgos, varios estudios confirman que empresas públicas y privadas comienzan a volcarse con una mayor inversión en tecnología y seguridad de la información.

En un estudio reciente de Gartner Inc. se pronosticó que para 2019 el gasto mundial en seguridad de la información superará los 124 billones de dólares,²⁴ y que el incremento de ese gasto será producto de la utilización de nuevas plataformas tecnológicas, por la búsqueda de mayor competitividad y por la entrada en vigor de un marco regulatorio más restrictivo a partir de la implementación del GDPR²⁵ en Europa.

FIGURA 6: Gasto mundial en seguridad de la información, por segmento, 2017-2019

Worldwide Security Spending by Segment, 2017-2019 (MILLIONS OF U.S. DOLLARS)			
Market Segment	2017	2018	2019
Security Services	52.315	58.92	64.237
Infrastructure Protection	12.583	14.106	15.337
Network Security Equipment	10.911	12.427	13.321
Identity Access Management	8.823	9.768	10.578
Consumer Security Software	5.948	6.395	6.651
Integrated Risk Management	3.949	4.347	4.712
Data Security	2.563	3.063	3.524
Application Security	2.434	2.742	3.003
Other Information Security Software	1.832	2.079	2.285
Cloud Security	185	304	459
TOTAL	101.544	114.152	124.116

Fuente: Gartner (agosto de 2018)

17 <https://www.internetworldstats.com/stats.htm>

18 <https://www.aspi.org.au/report/InternetOfInsecureThings>

19 Internet of Things (Internet de las cosas)

20 <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2017-02-07-gartner-says-8-billion-connected-things-will-be-in-use-in-2017-up-31-percent-from-2016>

21 https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/702074/Cyber_Security_Breaches_Survey_2018_-_Main_Report.pdf

22 <https://www.phoenix.edu/news/releases/2018/10/upox-survey-reveals-nearly-half-us-adults-experienced-personal-data-breach.html>

23 https://pdf.ic3.gov/2017_IC3Report.pdf

24 <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2018-08-15-gartner-forecasts-worldwide-information-security-spending-to-exceed-124-billion-in-2019>

25 (GDPR) Global Data Protection Regulation. <https://eugdpr.org/>

Dentro del marco legal, en nuestro país tiene vigencia la Ley 25.326 de Protección de datos personales, reglamentada por el Decreto 1558/2001, que bien pudo atender la necesidad de su época, hasta el día de hoy donde el incremento del riesgo y la cantidad y tipo de brechas de seguridad de datos de los últimos años, ha impulsado la presentación de un anteproyecto²⁶ de ley para su aprobación, con características similares al GDPR europeo.

Hay más probabilidades de éxito si las organizaciones se preparan de la mejor manera. Para tener una aproximación sobre el formato que encontramos en general detrás de estas brechas de seguridad, las podemos agrupar en tres etapas: los ataques pasivos, los ataques activos y la exfiltración. Es importante hacer una breve descripción de algunos mecanismos y técnicas comunes utilizadas por los atacantes en esas etapas.

Ataques pasivos o de estudio del terreno: El atacante busca deficiencias en la seguridad de la organización (personas, sistemas o redes). Busca analizar de distintas maneras el tráfico de la red para intentar conocer alguna información. Este tipo de ataque se puede basar en la red (rastreando puertos y enlaces de comunicaciones) o en el sistema (insertando o sustituyendo un componente del sistema por un troiano que recoja datos en forma oculta). Es difícil detectar este tipo de ataque.

Ataques Activos: El atacante realiza acciones para abrirse paso y llegar a los sistemas de la red tratando de sortear cualquier defensa instalada.

- > Con ingeniería social: Implica engañar a miembros de la organización para lograr el acceso a la red. Se puede engañar a un empleado para que revele sus credenciales de inicio de sesión o se lo puede engañar para que abra un archivo adjunto malicioso.
- > Con intentos de acceso al sistema: el atacante intenta aprovechar exploits o vulnerabilidades para acceder a la red o a un sistema para controlarlo.
- > Con ataques de engaño de identidad: el atacante intenta penetrar utilizando cualquier credencial que haya obtenido o haciéndose pasar por un sistema de confianza o tratando de convencer a un usuario para que revele un dato o envíe información de valor.
- > Con ataques de denegación de servicio (DDoS): el atacante intenta interferir en las operaciones o detenerlas, canalizando o redirigiendo el tráfico o buscando saturar el sistema con archivos y correo basura.
- > Con ataques criptográficos: el atacante intenta robar contraseñas del sistema, obtenerlas por ataque de diccionario, de fuerza bruta o descriptando datos cifrados con herramientas especializadas.

Exfiltración: una vez que el atacante logra ingresar a una computadora del puesto de trabajo, utilizando las credenciales lícitas de ese puesto puede avanzar en su objetivo a través de la red, construyendo un canal que le permita obtener activos de información de valor de la organización. El ataque es exitoso cuando el atacante consigue extraer datos sin que se generen alertas en el sistema o si se generan que sean desatendidas. Este proceso es variable en el tiempo, y puede durar hasta que la fuga de información sea detectada.

Tomemos el caso EQUIFAX, una de las tres empresas norteamericanas más importantes dedicada a calificación crediticia, en este caso ocurrido en 2017, la brecha de seguridad se extendió por 76 días exfiltrando lentamente los datos de 51 bases de datos, que permitió el robo de datos personales de 143 millones de clientes (la mitad de la población de Estados Unidos y una cantidad importante de clientes de otras nacionalidades), de acuerdo al informe GAO²⁷. Ese informe identi-

²⁶ <https://www.argentina.gob.ar/normativa/proyecto-de-ley-de-proteccion-de-los-datos-personales>

²⁷ <https://www.gao.gov/assets/700/694158.pdf>

fica 5 motivos como sus causas principales: Identificación ineficaz, mala detección, redes no segmentadas, pobre gobernanza de datos y errores de programación (no había límites de consulta).

En 2013, una brecha de seguridad de Yahoo²⁸ dejó expuestas más de mil millones de cuentas, que involucran nombres de usuarios, contraseñas con hash utilizando el algoritmo MD5, direcciones de correo, números de teléfono y preguntas de seguridad con sus respuestas, entre otros datos. La causa: debilidad de contraseñas. La empresa modificó sus políticas a partir de allí y comenzó a promover buenas prácticas, haciendo cambiar las claves en forma periódica y utilizando doble factor de autenticación.

También en 2013 la empresa Target²⁹ se vio afectada por una violación de datos que comprometió sistemas de punto de venta minorista y exponen datos como el PIN de 40 millones tarjetas de pago de clientes de Target con el riesgo de robo de identidad. Este incidente y la debilidad del sistema de pago impulsaron la evolución del sistema hacia las tarjetas Chip-and-Pin para 2015. La causa: Los atacantes penetraron en la red del proveedor e infectaron todas sus máquinas de punto de venta (PoS).

La firma Deloitte fue atacada a través de un sofisticado truco que comprometió documentos que contenían planes de negocio de algunos de sus clientes más importantes, así como correos electrónicos confidenciales. El ataque se descubrió en marzo de 2017, aunque se estima que la brecha de seguridad se inició alrededor de noviembre de 2016.

Vale mencionar también el caso llamado *Panamá Papers* (mayo de 2015). La fuente de la filtración fue una sola persona que se comunicaba a través de correo encriptado y "quien manifestó estar preocupada por lo que él o ella vio en los documentos". Esa filtración produjo una de las mayores fugas de documentos de la historia: una base de datos de 2.6 Tb (11.5 millones de archivos³⁰) de información ocurrida entre 1977 y 2015 de la firma de abogados panameña Mossack Fonseca.

El publicitado caso Facebook ocurrido este año con al menos 87 millones de registros violados, que comenzó con la aplicación "*This Is Your Digital Life*", de Aleksandr Kogan³¹, que ofrecía realizar un test de personalidad, el que fue descargado y usado por 270 mil personas. Cada vez que se descargaba la aplicación, consentía el acceso a sus datos personales y adicionalmente a los de todos sus contactos. Este sencillo truco le sirvió a Kogan para escalar de 270.000 cuentas a 50 millones.

La lista de casos sigue y es verdaderamente alarmante. Para tener cierta dimensión, es posible visualizar en internet una gráfica interactiva actualizada de las fugas de información más importantes de los últimos años, y se encuentra disponible en la url: <https://informationisbeautiful.net/visualizations/worlds-biggest-data-breaches-hacks/>

Cabe aclarar sobre los incidentes comentados que, a partir de su ocurrencia, cada empresa tomó nuevos recaudos, ajustaron sus políticas de seguridad, establecieron parámetros más seguros, adoptaron mejores prácticas y en ese proceso aprendieron.

A modo de breve ejemplo para comprender la importancia en el cuidado de los datos, consideremos que por una brecha de datos se filtra el *password* de una persona con la cual accede a su cuenta bancaria, seguramente será posible remediar el daño a través de un blanqueo de clave y sugiriendo el uso de una clave más robusta. Si en cambio el caso fuera la filtración de

²⁸ <https://www.trendmicro.com/vinfo/us/security/news/cyber-attacks/yahoo-discloses-2013-breach-exposed-over-1billion-accounts>

²⁹ <https://www.trendmicro.com/vinfo/us/security/news/security-technology/emv-chip-and-pin-cards-and-target-breach>

³⁰ Correos electrónicos con sus documentos adjuntos: escrituras, certificados bancarios, documentos de identidad, pasaportes, fotocopias de cheques, declaraciones juradas, facturas y correspondencia clasificada.

³¹ Académico ruso de la Universidad de Cambridge.

un *password biométrico*, la gravedad es mayúscula y la remediación nula, ya que no es posible “blanquear” un dato biométrico.

Una alternativa posible para algunos casos es la implementación de cifrado de datos, la encriptación, en muchos casos, mejorará el nivel de confianza, protección y seguridad, tanto de propietarios como de los usuarios.

Conclusiones

“Las organizaciones gastan millones de dólares en firewalls y dispositivos de seguridad, pero tiran el dinero porque ninguna de estas medidas cubre el eslabón más débil de la cadena de seguridad: la gente que usa y administra los ordenadores”.

Kevin Mitnick³²

Las tecnologías siempre nos presentan sus dos caras: dentro de lo positivo, nuevas aplicaciones, eficiencia y mejoras en los procesos y como contracara, lo negativo, los aprovechadores de fallas del sistema, cazadores de errores y vulnerabilidades posibles de explotar.

Los avances y descubrimientos más significativos en el más alto nivel de conocimiento actual en Inteligencia Artificial (IA), Internet de las Cosas (IoT), Criptografía, y otras áreas, son un imán para quienes buscan aprovecharse de individuos, empresas y organizaciones explotando cualquier débil estrategia en la gestión del ciclo de la información.

Lamentablemente hay una débil conciencia del daño, y muchos actores asumen posturas voluntaristas de “a mí no me va a pasar...”. En esa línea, el desafío es construir siempre una buena política de seguridad cuyo objetivo sea fomentar hábitos y buenas conductas estableciendo procedimientos seguros para la organización y para las personas que son usuarios, en la convicción de que la seguridad **comienza y termina** con personas.

Por ello, resulta una verdadera obligación para toda organización, independientemente de su actividad o dimensión, capacitar en buenas prácticas y especialmente adoptar procesos rigurosos en la gestión de la seguridad de la información, ajustando las políticas, procedimientos y actividades para estar dentro de normas y estándares internacionales comúnmente aceptados por orientarse a enfoques de la seguridad basado en el riesgo como ISO/IEC 27000³³ o COBIT 5.

En el ámbito de la seguridad, la certeza no existe y el escenario se hace extremadamente complejo cuando el objeto a preservar es información de naciones soberanas, de infraestructuras críticas o vinculadas al ámbito de la Defensa; pese a ello, utilizando con inteligencia los recursos adecuados y adoptando buenas estrategias, se pueden establecer condiciones que se aproximen al ideal.

La Seguridad de la Información **no es un problema tecnológico**, es una **construcción cultural de la organización**, en la cual los procedimientos sencillos y los hábitos seguros “de las partes” aseguran la fortaleza en la seguridad “del todo”.

³² <http://www.biosiglos.com/kevin-mitnick-biografia/>

³³ <https://www.iso.org/isoiec-27001-information-security.html>

BREVE GLOSARIO

Activo

- > Cualquier cosa que tenga valor para un individuo, una organización o un gobierno. [ISO-27032:2012]
- > Recurso del sistema de información o relacionado con este, necesario para que la Organización funcione correctamente y alcance los objetivos propuestos por su Dirección. [Magerit³⁴:2012]

Análisis de riesgo

- > Proceso que permite comprender la naturaleza del riesgo y determinar el nivel de riesgo. [ISO³⁵ Guide 73:2009]

Auditabilidad

- > Asegura que todos los eventos de un sistema puedan ser registrados para su control posterior.

Autenticidad

- > Propiedad consistente en que una entidad es lo que dice ser [ISO/IEC³⁶ 27000:2016]
- > Propiedad o característica consistente en que una entidad es quien dice ser o bien que garantiza la fuente de la que proceden los datos. [UNE-71504:2008]

Confiability

- > Propiedad que asegura que la información sea adecuada para el apoyo a la toma de decisiones y funciones del organismo.

Confidencialidad

- > Propiedad de la información que se mantiene inaccesible y no se revela a individuos, entidades o procesos no autorizados. [ISO/IEC 27000:2016]
- > Principio de seguridad que requiere que los datos deberían únicamente ser accedidos por el personal autorizado a tal efecto. [ITIL³⁷: 2007]

Disponibilidad

- > Capacidad de ser accesible y estar listo para su uso a demanda de una entidad autorizada. [ISO/IEC 27000:2016]

Evaluación del riesgo

- > Proceso de comparación de los resultados del análisis del riesgo con los criterios de riesgo para determinar si el riesgo y/o su magnitud son aceptables o tolerables. [ISO Guide 73:2009]

34 Metodología de Análisis y Gestión de Riesgos de los Sistemas de Información (<https://www.ccn-cert.cni.es/documentos-publicos/1789-magerit-libro-i-metodo/file.html>)

35 International Organization for Standardization (<https://www.iso.org/home.html>)

36 International Electrotechnical Commission (<https://www.iec.ch/>)

37 Information Technology Infrastructure Library (<https://www.axelos.com/best-practice-solutions/itil>)

Gestión del riesgo

- > Actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización, con respecto al riesgo. [ISO Guide 73:2009] [ISO/IEC 27000:2016]

Incidente de seguridad de la información

- > Evento singular o serie de eventos de seguridad de la información, inesperados o no deseados, que tienen una probabilidad significativa de comprometer las operaciones del negocio y de amenazar la seguridad de la información. [ISO/IEC 27000:2016] [ISO-18028-1:2006] [ISO-18044:2004]

Integridad

- > Propiedad de exactitud y completitud. [ISO/IEC 27000:2016]
- > Propiedad de los elementos esenciales de ser exactos y completos. [EBIOS³⁸: 2005]

Legalidad

- > Propiedad que asegura que la información y su tratamiento están ajustados al cumplimiento de las leyes, normas, reglamentaciones o disposiciones vigentes.

No Repudio

- > Capacidad para corroborar que es cierta la reivindicación de que ocurrió un cierto suceso o se realizó una cierta acción por parte de las entidades que lo originaron. [ISO/IEC 27000:2016]
- > No Repudio en Origen: Servicio de seguridad que proporciona al destinatario de los datos pruebas que comprueban el origen de los datos y, por lo tanto, protege al destinatario contra un intento por parte del originador de negar falsamente el envío de los datos. [RFC4949:2007]
- > No Repudio en Destino: Servicio de seguridad que proporciona al originador de los datos pruebas que comprueban que los datos se recibieron como tratados y, por lo tanto, protege al originador contra un intento por parte del destinatario de negar falsamente la recepción de los datos. [RFC4949: 2007]

Sistema de gestión de la seguridad de la información (SGSI)

- > Parte del sistema de gestión global, basada en un enfoque hacia los riesgos globales de un negocio, cuyo fin es establecer, implementar, operar, hacer seguimiento, revisar, mantener y mejorar la seguridad de la información.
- > Marco de Políticas, Procesos, Estándares, Líneas Maestras y herramientas que aseguran que una Organización puede alcanzar sus objetivos en la Gestión de la Seguridad de la Información. [ITIL: 2007]

Tratamiento del riesgo

- > Proceso destinado a modificar el riesgo. [ISO Guide 73: 2009].

38 Método de análisis, tratamiento y gestión de riesgos relativos a la seguridad de los sistemas de información. (https://www.ssi.gouv.fr/archive/es/confianza/documents/methods/ebiosv2-methode-plaquette-2003-09-01_es.pdf)

BIBLIOGRAFIA

- > RAND Corporation “*Data Thieves - The Motivations of Cyber Threat Actors and Their Use and Monetization of Stolen Data*”, (2018) - https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/testimonies/CT400/CT490/RAND_CT490.pdf
- > DiGiacomo John “*Top Data Breaches of 2018: Hackers Find New Methods*” (2017) - <https://revisionlegal.com/data-breach/2018-statistics/>
- > ISACA - *Information Systems Audit and Control Association* - <https://www.isaca.org/about-isaca/Pages/default.aspx>
- > Sam Jones and Hannah Kuchler “*The shadow arms bazaar that fuels global cyber crime*” (2017) - <https://www.ft.com/content/98c87542-3c7b-11e7-821a-6027b8a20f23>
- > RFC 1244 - *Site Security Handbook* (1991) - <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc1244.txt>
- > Trend Micro “*Data Breaches 101*”(2018) <https://www.trendmicro.com/vinfo/us/security/news/cyber-attacks/data-breach-101>
- > Corletti Estrada, Alejandro “*Ciberseguridad - una Estrategia informatico/militar*” (2017) http://www.ieee.es/Galerias/fichero/OtrasPublicaciones/Nacional/2018/Libro-Ciberseguridad_A_Corletti_nov2017.pdf
- > Ponemon Institute - 2018 Cost of a Data Breach Study - <https://www.ibm.com/security/data-breach>
- > EU General Data Protection Regulation (GDPR) (2018) - <https://eugdpr.org/>
- > Cyber Security Breaches Survey 2018 - <https://www.gov.uk/government/statistics/cyber-security-breaches-survey-2018>
- > <https://www.internetworldstats.com/stats.htm>
- > United States Government Accountability Office “*Actions Taken by Equifax and Federal Agencies in Response to the 2017 Breach*” (2018) - <https://www.gao.gov/assets/700/694158.pdf>
- > Accenture “*2017 Cost of Cyber Crime study*” https://www.accenture.com/t20170926T072837Z_w_us-en/_acnmedia/PDF-61/Accenture-2017-CostCyberCrimeStudy.pdf
- > McAfee Report “*Economic Impact of Cybercrime*” (2018) - <https://csis-prod.s3.amazonaws.com/s3fs-public/publication/economic-impact-cybercrime.pdf>
- > CISCO 2018 “*Annual Cybersecurity Report*” https://www.cisco.com/c/dam/m/hu_hu/campaigns/security-hub/pdf/acr-2018.pdf
- > Identity Theft Resource Center (ITRC) - <https://www.idtheftcenter.org/wp-content/uploads/2018/09/2018-August-Data-Breach-Package.pdf>
- > Symantec “*2018 Internet Security Threat Report*” - <https://www.symantec.com/content/dam/symantec/docs/reports/istr-23-executive-summary-en.pdf>
- > ISO/IEC 27000 - <https://www.iso.org/standard/73906.html>
- > Verizon DataBreach Report 2018
- > https://www.verizonenterprise.com/resources/reports/rp_DBIR_2018_Report_execsummary_en_xg.pdf

(*) José Fernando López: Coronel de Infantería (retirado) del Ejército Argentino; Ingeniero en Informática (IUE/EST); Veterano de Guerra de Malvinas; Ex Director de Educación a Distancia del Ejército; Docente Universitario de la Facultad de Ingeniería del Ejército; Analista del Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Grl. Mosconi (CEPTM Mosconi).

4. ELECTRÓNICA

Una mirada desde las actividades de contramedidas de vigilancia técnica (Technical Surveillance Counter Measures)

Por el Teniente Coronel (retirado) OIM Carlos Federico Amaya (*)

ABSTRACT

Poco se escribe y publica sobre este capítulo de la seguridad, que supone un largo y profundo conocimiento de tecnologías desde el punto de vista de la ciencia básica y nos obliga a reflexionar sobre las capacidades y concientización que debe desarrollar el líder de seguridad ante el ataque de la infiltración electrónica.

El presente artículo no pretende bajo ningún concepto sentar jurisprudencia sobre los procedimientos del buen arte en lo que respecta a lo específico de la seguridad técnica de la información y las telecomunicaciones.

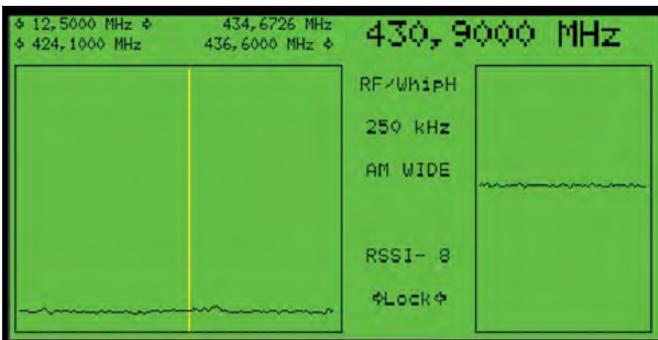
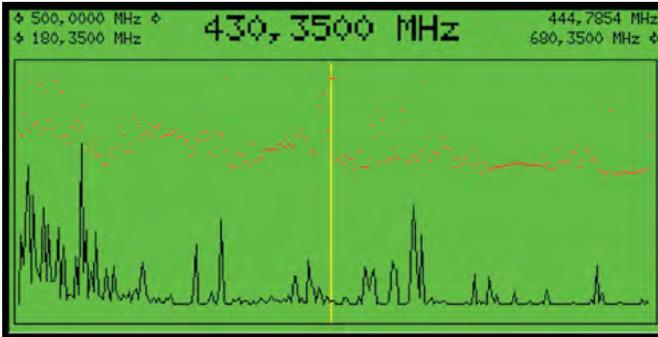
Solo busca volcar experiencias por mí recogidas a lo largo de algo más de 40 años de trabajo técnico en las áreas de la guerra electrónica, en lo específicamente referido a contramedidas de vigilancia técnica y su aplicación en las actividades cívico-comerciales.

Trataré de desarrollar los temas en forma absolutamente coloquial y muy sintética, enfocando los conceptos técnicos hacia las actividades netamente gerenciales o de liderazgo de los equipos humanos que materializan la seguridad de empresas e instituciones, ello con el objeto de despertar inquietudes y sentar algunos principios que considero de utilidad para la gestión de mis colegas.

Lo expresado en el párrafo anterior no implica el hecho de que el líder del equipo de seguridad no deba tener en su preparación ciertos conceptos de ciencia básica, dado que el teatro de operaciones donde se desarrolla principalmente la actividad de telecomunicaciones es precisamente el espectro electromagnético.

Hago hincapié en ello dado que la evolución de la **ciencia aplicada** es tan rápida que hace prácticamente imposible para el líder vivir en la “**cresta de la ola**” de la tecnología como auxilio de su gestión. Pero la cosa cambia si entendemos el fenómeno físico conceptualmente, dado que el mismo no varía y, de esta manera, rápidamente podremos interpretar por dónde pasa la evolución dándonos cuenta de que “**lo que cambia y evoluciona son los ingenios y no la ingeniería**”.

Es de destacar que el propósito de los estudios de TSCM (*Technical Surveillance Counter Measures*) es localizar y neutralizar dispositivos de vigilancia electrónica instalados subrepticiamente con el objetivo de robar información. Para ello, es necesario, en primer término, identificar las características de la “firma electromagnética” del predio en análisis, de modo que la misma se constituya en un antecedente de análisis por comparación sobre el área en cuestión en futuros trabajos.



Entendemos por “firma electromagnética” en nuestro ámbito de trabajo al registro de las características de las emisiones radioeléctricas que predominan en el predio en estudio.

Esto se logra por medio del empleo de equipos que genéricamente se denominan “anlizadores de espectro”, muchos de los cuales se ofrecen en el mercado, adaptados al uso específico de las actividades que nos ocupan. Ellos detectarán en mayor o menor grado las emisiones producto de la activación de transmisores (emisores de radiofrecuencia) desde frecuencias del orden de los pocos megahertz hasta algunas decenas de gigahertz.

De esta manera, se detectarán en mayor o menor grado, todos aquellos ingenios que hayan sido “sembrados” en forma clandestina y estén activados. Dentro de las leyes físicas que describen el fenómeno de radiación electromagnética, es importante destacar que el parámetro físico que varía es la densidad del ambiente en el cual la perturbación se propaga y es por ello que aunque la perturbación electromagnética se desplace por el aire, el agua (incluyendo la humedad y el rocío) o los sólidos (metales y desde los años 60, la fibra de vidrio que da el puntapié inicial al uso masivo de la fibra óptica), podemos ver que las leyes que describen su comportamiento son las mismas.

Dentro de las leyes físicas que describen el fenómeno de radiación electromagnética, es importante destacar que el parámetro físico que varía es la densidad del ambiente en el cual la perturbación se propaga y es por ello que aunque la perturbación electromagnética se desplace por el aire, el agua

(incluyendo la humedad y el rocío) o los sólidos (metales y desde los años 60, la fibra de vidrio que da el puntapié inicial al uso masivo de la fibra óptica), podemos ver que las leyes que describen su comportamiento son las mismas.

(incluyendo la humedad y el rocío) o los sólidos (metales y desde los años 60, la fibra de vidrio que da el puntapié inicial al uso masivo de la fibra óptica), podemos ver que las leyes que describen su comportamiento son las mismas.

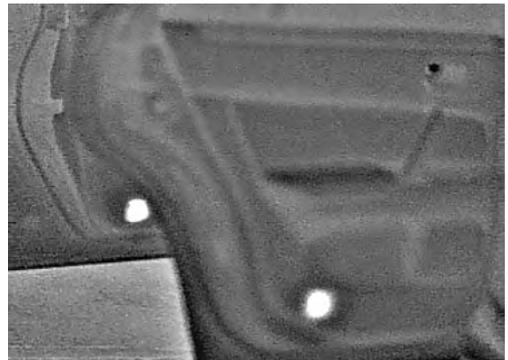
La pregunta es ahora ¿con qué instrumento contamos para ayudarnos a detectar ingenios electrónicos que no emiten electromagnéticamente?

La contestación es múltiple y partiremos nombrando y describiendo brevemente los que por experiencia personal más he usado y ellos son, en primera instancia, los medidores de juntas no lineales, que basan su funcionamiento sobre el hecho de provocar una emisión electromagnética como producto de la diferencia de potencial inducida entre los elementos electroquímicos y bimetálicos que conforman los componentes electrónicos de los circuitos. El fenómeno descrito se materializa al someter los componentes al “bombardeo” de un campo electromagnético que el mismo analizador de juntas produce.

La tercera gran ayuda con que contamos para la detección la brindan equipos que trabajan bajo las características de la región de la optoelectrónica. Allí consideramos la imagen térmica y en cierto modo también la amplificación de luz residual.

Para el caso de las cada vez más difundidas cámaras de imagen térmica, tan usadas para actividades de seguridad. En las actividades de TSCM, su uso es especialmente como detección de la energía electromagnética disipada en forma de calor, producto en la mayoría de los casos de desadaptaciones de impedancias en el diseño de los ingenios subrepticios. Debemos tener en cuenta que los objetos que buscamos para neutralizar, juegan con el inconveniente de superar la dificultad de diseño que implica su miniaturización.

Por último, las líneas telefónicas, las de transporte de energía eléctrica, de audio etc. Para la detección de conexiones clandestinas necesitan del empleo de distintas variedades e ingenios de equipo “ecómetros” y analizadores de líneas, basando su uso en principios de RADAR para localizar la



infiltración los primeros y la medición de parámetros técnicos (impedancias características, diferencias de potenciales, modulaciones, transmitancia, capacitancia etc.), los segundos.

Estas son, a mi criterio, las tecnologías básicas con que todo equipo de TSCM debería contar.

Pero atención, **“nada reemplaza al hombre, su experiencia y entrenamiento”**. De nada vale tener equipamiento si para cada una de las tecnologías no tenemos el hombre especializado en el equipo.

La experiencia me indica que la mayor cantidad de casos de éxito en la búsqueda y detección han sido materializados por la experiencia y entrenamiento del hombre que “sabía mirar” y conocía sobre el estado del arte de lo que se usaba en

cada época, en cada caso y en cada lugar del mundo. Esto solo se consigue con un profundo y serio entrenamiento respaldado por igual sentido de responsabilidad, profesionalismo y lealtad.

El hombre que realiza este tipo de actividades sabe mucho de su protegido, conoce hasta los últimos rincones donde él desarrolla sus actividades, en muchos casos conoce el lugar donde se mueve con su familia y es por ello que el potencial humano en esta actividad de TSCM es el principal factor a considerar y cuidar.

Es recomendable realizar estos estudios en forma asistemática y dentro de un adecuado programa de análisis de riesgo y salvaguarda de la información, en especial sobre aquellas áreas que comprendan los lugares de trabajos de ejecutivos, grupos de toma de resoluciones estratégicas o donde se procese información de valor.

Antes de iniciar una actividad de TSCM, al igual que cualquier actividad de gerenciamiento de seguridad, es necesaria la realización de un análisis de riesgo.

Entendemos por **análisis de riesgo** a la gestión que realizamos tendiente a:

- > Establecer el contexto donde los riesgos se desarrollan.
- > Evaluarlos.
- > Consultar y tratarlos con la organización.
- > Por último, monitoreo y revisación que a su vez lo realimenta.

Las tareas deben ser ejecutadas por una estructura capaz de soportar todos los procesos sin intervenir en ellos y en función de los objetivos de la seguridad y de aquellos estratégicos de la organización.



Es recomendable proponernos, gestionar los riesgos repensando la seguridad como integrada a la empresa, uniendo todos los programas bajo una única gestión.

Los trabajos de TSCM, terminan con la presentación de un detallado informe escrito de lo analizado con propuestas, observaciones y análisis de procedimientos, hábitos y emisiones radioeléctricas internas o externas en “tiempo real”.

Es conveniente, con el auxilio de los responsables del mantenimiento y programación, auditar la configuración lógica del conmutador (PABX) en caso de existir o del servidor local para el caso que se cuente con telefonía IP, ello con el fin de determinar la situación de riesgo de los siguientes parámetros:

- > Niveles de accesibilidad al sistema.
- > Normativas de control de visitas de mantenimiento.
- > Auditoría periódica de los internos.
- > Procedimientos de verificación que eviten reprogramaciones encubiertas que permita:
 1. Llamadas sin costo.
 2. Correo de voz.
 3. Monitoreo de extensiones ocupadas.
 4. Creación de puentes a otras extensiones.

Por último, para acceder a la información necesaria para la planificación del servicio, así como para el desarrollo de este, el contratado debe ofrecer la firma de un Acuerdo de Confidencialidad para las informaciones a las que tenga acceso por la realización de los trabajos.

Este breve artículo, como expresara al comienzo, constituye solo un planteo general de experiencias recogidas del trabajo cotidiano de TSCM en el marco mundial, no se ha entrado a analizar el ataque informático o el cibercrimen, temas estos de los cuales mucho se habla y hablará.

He expuesto temas cotidianos de los cuales cada uno de ellos supone un largo y profundo desarrollo en futuras publicaciones, dejando como reflexión final el valor de la actividad de concientización que debe ejercitar el líder responsable de la seguridad de contra infiltración.

(*) Teniente coronel (retirado) OIM Carlos Federico Amaya: Oficial retirado del arma de Comunicaciones del Ejército Argentino, egresado del Colegio Militar de la Nación, es Ingeniero Militar de la especialidad Electrónica, recibido en la Escuela Superior Técnica del Ejército “General de División Manuel Nicolás Savio”; Perfeccionó su especialización en Institutos de Investigaciones científico-técnica de su país (CITEDEF) y en la Ecole National Supérieure de Techniques Avancees (ENSTA-París).

Es Diplomado en Alta Dirección de Seguridad en Empresas (DSE) por el Instituto de Posgrado y Formación Continua de la Universidad Pontificia Comillas de Madrid, entidad en la que además se desempeña desde 2002 como Profesor Invitado de las materias “Protección de la Información”, “Contra Medidas de Seguridad Técnica (TSCM)” y “Seguridad en Telecomunicaciones” en el Programa que esta Alta Casa de Estudios imparte en América Latina.

Se desempeñó como Jefe y Gerente de Seguridad en las Telecomunicaciones e Información de Telefónica de Argentina Sociedad Anónima, con responsabilidad sobre todas las actividades de contramedidas de seguridad técnica y seguridad de la información.

>>

Fue docente de la UADE, de la UCA Salta, asesor del Estado Mayor Conjunto en ciberdefensa, desde 2017 y hasta la actualidad es Subdirector de la Maestría en Ciberdefensa y Ciberseguridad de la Universidad de Buenos Aires en convenio con la Escuela Nacional de Inteligencia.

Es Investigador *Senior* en el Observatorio Argentino del Ciberespacio en la Escuela Superior de Guerra Conjunta de las Fuerzas Armadas y miembro del Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar "Gral. Enrique Mosconi" – Antena Territorial de Defensa y Seguridad de la Facultad de Ingeniería del Ejército.

5. QUÍMICA

Guerra de nervios

Los agresivos neurotóxicos en el contexto del renacer de la guerra fría entre Rusia y el resto de Europa

Por el Coronel A (RE) OIM Carlos Hugo Trentadue (*)

ILUSTRACIÓN 1: DOS TRAJES DE PROTECCIÓN USADOS PARA TRABAJOS EN ÁREAS CONTAMINADAS POR AQ.



Fuente: OPAC

INTRODUCCIÓN

Desde mediados de los años 80, se difundió la sospecha de que la entonces Unión Soviética estaba desarrollando una nueva serie de agentes químicos neurotóxicos que, entre otras características, no podrían ser detectados por los sensores en servicio en la OTAN, serían sencillos de producir a partir de sustancias usadas en el agro, y que fueron diseñados como armas binarias para minimizar sus riesgos (y detección) durante su almacenamiento y manipulación.

Estas sospechas fueron reforzadas por las declaraciones de Vil Mirzayanov, un científico que trabajó 26 años en el Instituto Estatal de Investigación Científica en Química Orgánica y Tecnolo-

gía (GosNIIOKhT de sus iniciales en ruso), quien manifestó que en 1989 y 1990 se desarrolló un tipo de agente denominado Novichok-5, cinco veces más tóxico que el VX.

El atentado sufrido por el Coronel Sergei Skripal, ex miembro del GRU, y doble agente que trabajó para el MI6 (formalmente el Secret Intelligence Service -SIS del Reino Unido), su hija Julia, y también un agente de policía que acudió en su auxilio, el 4 de marzo de 2018, ha revivido esas sospechas y el interés sobre estos agentes, los que podrían echar un manto de dudas sobre el cumplimiento de la Convención de Armas Químicas (CAQ) por parte de algunos estados.

Los agentes neurotóxicos

Dentro del arsenal de las llamadas armas químicas, los agentes neurotóxicos (también llamados agentes o gases nerviosos) son los de mayor peligrosidad, no sólo por su altísima toxicidad, sino por las diferentes vías de acceso al ser humano, bastando el simple contacto con la piel para actuar, pudiendo ser mortales en dosis del orden de los miligramos.

El primero de ellos fue descubierto accidentalmente por el Dr. Gerhard Schrader mientras realizaba una investigación sobre nuevos tipos de insecticidas en una planta en Leverkusen perteneciente a la IG Farben, en 1936. A principios de 1937, un derrame de una gota de la sustancia que preparaban se volcó sobre la mesa de trabajo del laboratorio, provocando que tanto Schrader como su asistente sufrieran inmediatos efectos incapacitantes. Informado el Waffenamt (WaA), que era la agencia encargada del desarrollo de armamento del ejército alemán en esa época, este clasificó todo lo relacionado con el producto y lo incluyó para su desarrollo como arma. En ese momento, el compuesto descubierto fue llamado Trilon 83, aunque luego se lo conoció como Tabún.

Continuando con sus investigaciones, ya bajo dirección del estado alemán, el Dr. Schrader, desarrolló el Sarín, que debe su nombre a las iniciales de quienes trabajaron en el proyecto. Poco después se desarrolló el Somán y más tarde el Ciclosarín.

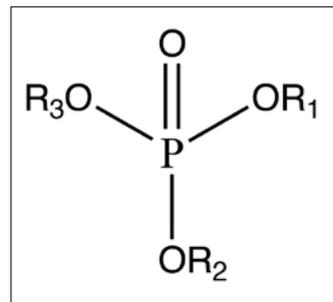
Los alemanes construyeron una planta piloto para la producción de Tabún en Munster, en donde ya habían funcionado varias instalaciones de producción a armas químicas durante la Primera Guerra Mundial¹. Al finalizar el conflicto, habían producido en el orden de 20 mil toneladas de Tabún, las que fueron capturadas por los soviéticos al ocupar la planta de producción construida en territorio de lo que es hoy Polonia, y que trasladaron a Dzerzhinsk, en Rusia.

Todos los agentes mencionados pertenecen al grupo de sustancias conocidas como **organofosforados** (OF).

Estos compuestos nunca fueron usados durante la Segunda Guerra Mundial, y solo los poseían los alemanes, por lo que fueron una sorpresa para los países vencedores al capturar los stocks de los vencidos al término de la contienda. Debido a la nación que los creó, en la literatura de origen norteamericano fueron llamados agentes G.

Otros compuestos neurotóxicos fueron desarrollados posteriormente, tales como el VX, en el Reino Unido, también descu-

ILUSTRACIÓN 2: ESTRUCTURA GENERAL DE LOS ORGANOFOSFORADOS- NÓTESE QUE LAS PROPIEDADES DEPENDERÁN FUERTEMENTE DE LOS GRUPOS SUSTITUTIVOS R



¹ Cerca de 6000 efectivos trabajaron en las plantas de AQ en Munster, denominadas Gasplatz Breloh, construidas en 6.500 hectáreas, donde se produjeron cerca del 25 por ciento de la munición química de los alemanes en la Primera Guerra Mundial. Hoy funciona en esa misma área el Grupo para la Desactivación de Munición (Gruppe für Kampfmittelbeseitigung), el Instituto de Investigación sobre Defensa Química (Wehrwissenschaftliches Institut für Schutztechnologien) y la Sociedad para la Eliminación de Agentes de Guerra Química y Armamentos (Gesellschaft zur Entsorgung chemischer Kampfstoffe und Rüstungsallasten)

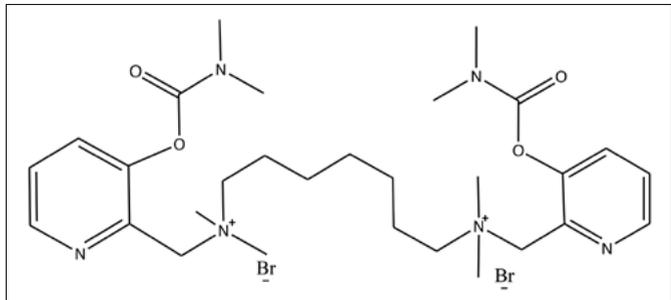
bierto durante tareas de investigación y desarrollo sobre insecticidas en los laboratorios de ICI². Uno de ellos, el Amitón, comercializado en 1954 como insecticida, fue rápidamente retirado del mercado cuando se descubrió su gran toxicidad en humanos y muestras de esta clase de productos, también OF, fueron enviadas al, en ese entonces, Instituto Experimental de Defensa Química (*Chemical Defence Experimental Establishment-CDEE*) en Porton Down³, donde luego de su evaluación fueron transformadas en el VX. Este tipo de sustancia fue considerado un “agente de denegación de área”, pues su consistencia oleosa los hace poco volátiles, permaneciendo en las zonas contaminadas durante largos períodos sin degradarse y requiriendo rigurosas medidas de protección y descontaminación para quienes quieran transitar por esas zonas.

No todos los neurotóxicos son organofosforados. Algunos carbamatos fueron desarrollados tanto en los Estados Unidos como en la ex Unión Soviética, por sus propiedades similares a los agentes mencionados anteriormente y con mucha mayor toxicidad, pero ninguno de ellos formó parte de los stocks declarados por estos países como integrantes de sus arsenales al unirse a la Convención de Armas Químicas.

Por último, como dijimos en la introducción, de acuerdo con lo que científicos vinculados al programa de AQ soviético declararan a los medios, ese país habría desarrollado una serie de agentes llamados genéricamente Novichok (en ruso: Новичок que significa Novato), también neurotóxicos, de mayor toxicidad que el VX, pero que nunca fue incorporado en el arsenal de sus fuerzas armadas. Más adelante volveremos a referirnos a estos.

En síntesis, esta clase de agentes, mayoritariamente del grupo de los organofosforados, fueron militarizados por algunos países que, al unirse a la CAQ, declararon poseer, entre todos ellos, aproximadamente unas 70 mil toneladas de agentes de diversas clases, en el orden de unas 27 mil toneladas de agentes tipo G y unas 20 mil toneladas de tipo V. Estas cantidades no incluyen otras sustancias que a nivel laboratorio podrían existir y que fueron declaradas bajo esas categorías.

ILUSTRACIÓN 3: ESTRUCTURA DEL CARBAMATO DIMETOBROMURO DE 1,8 - BIS (METIL - 2 (3-DIMETILCARBAMOXPÍRIDIL) METILAMINO) OCTANO - AGENTE EA3990



Efectos de los neurotóxicos

Como expresamos en el párrafo anterior, los agentes neurotóxicos que han sido preparados históricamente para su uso militar, son compuestos organofosforados que actúan mediante el bloqueo de los procesos normales que controlan la actividad del sistema nervioso, en particular afectando los mecanismos de acción de una enzima, la acetilcolinesterasa. Por ejemplo, cuando un nervio motor recibe un estímulo, la neurona correspondiente produce un compuesto químico (mensaje o neurotransmisor) llamado acetilcolina (ACo), el cual, entre otras funciones, es el responsable

² Imperial Chemical Industries (ICI) fue la mayor empresa británica, fundada en 1926 contando en su momento con más de 50.000 empleados. Fue adquirida en 2008 por AKzoNobel e integrada en sus operaciones.

³ Creado en 1916 como sitio de investigación y desarrollo de AQ, cerca de Salisbury, ocupando unas 2800 hectáreas, ha sido y es el sitio para trabajos relacionados a la defensa, tanto en las áreas química como biológica del Reino Unido. Hoy es uno de los sitios del Defence Science and Technology Laboratory (DSTL).

de insertarse en el músculo y provocar su contracción. El músculo permanecerá contraído hasta que la ACo sea neutralizada. Esa función corresponde a la acetilcolinesterasa, que reacciona con la ACo transformándola en otras sustancias. Los neurotóxicos impiden la acción de la enzima, por lo que los músculos no podrán relajarse y órganos y glándulas permanecerán en estado de excitación.

La consiguiente acumulación de ACo resultará en espasmos musculares, hipersecreción glandular y efectos tanto sobre el estado de ánimo como cognitivos. Con dosis altas aparecen convulsiones y la muerte por insuficiencia respiratoria. Los agentes neurotóxicos afectan a dos tipos principales de receptores colinérgicos, los muscarínicos y los nicotínicos.

Aunque algunos de los síntomas mencionados son comunes a otros trastornos del sistema nervioso, a los médicos y a los integrantes de los equipos de primera respuesta se los entrena para buscar estos síntomas en conjunto, como un signo de exposición a organofosforados; siendo la miosis uno de los principales elementos de diagnóstico, dado que cuando los músculos que causan la contracción de la pupila se activan completamente, esta queda como un punto en el iris. De todas formas, la gravedad de los efectos estará vinculada a la dosis y vía de acceso del agente al organismo, pudiendo, de no recibir tratamiento adecuado o siendo la dosis muy alta, representar la muerte de los afectados.

El tratamiento para contrarrestar los efectos de este tipo de agentes se basa en dos enfoques. Por un lado, se suministra una *oxima*, como la pralidoxima, para separar el agente de la colinesterasa, reactivando así la enzima.

Esto mitiga los efectos nicotínicos y muscarínicos, excepto en el caso del somán.

Por otro lado, la *atropina* se utiliza para calmar los efectos de la excesiva cantidad de ACo. La atropina actúa aun cuando el agente es resistente a la oxima o cuando los síntomas ya son graves. Estas dos sustancias mencionadas son las que se proveen en los kits de primeros auxilios militares para caso de ser afectados por este tipo de agentes durante operaciones.

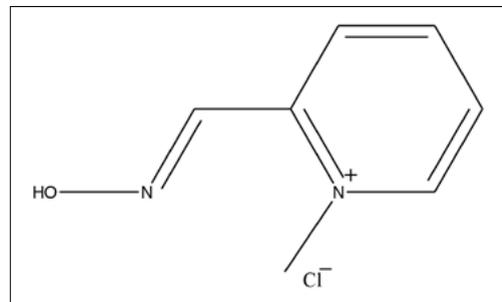
Adicionalmente a lo antedicho, se ha ensayado durante la primera Guerra del Golfo el uso de la *piridostigmina* como tratamiento previo a ser expuesto a neurotóxicos, en particular somán, pero los resultados son controversiales. También se ha empleado el *diazepam* para contrarrestar los efectos convulsivos de los agresivos⁴.

De todas formas, es necesario recalcar que todos estos tratamientos deben hacerse bajo supervisión de personal especializado, pues su uso innecesario puede generar efectos muy graves.

Empleo de neurotóxicos

Si bien los primeros neurotóxicos fueron descubiertos en la década de 1930, su uso militar hasta el presente ha sido solo en dos conflictos. El primero en operaciones en el contexto de la guerra entre Irán e Iraq durante la década de 1980, principalmente por parte de Iraq, tanto contra tropas o población iraní, como contra su propia población⁵. El segundo, más reciente, durante la guerra

ILUSTRACIÓN 4 - PRALIDOXIMA (CLORURO DE 2-PIRIDIN ALDOXIMA METILO) O 2-PAM



⁴ Public health response to biological and chemical weapons, WHO guidance, World Health Organization Geneva, 2004.

⁵ En 2003, Irán reportó que aún existían alrededor de 100.000 víctimas de AQ iraquíes, la mayoría de las cuales habían sido afectadas por vesicantes. A partir de 1984 y hasta el final del conflicto, agentes neurotóxicos fueron usados por Iraq en casi todas sus operaciones militares.

civil que se está desarrollando en Siria. Particularmente, varias operaciones contra opositores al régimen gubernamental por parte de las fuerzas armadas sirias durante 2013 y 2017, mientras que en otras oportunidades de empleo fue por parte de los rebeldes en 2015⁶.

Pero no han sido sólo las fuerzas armadas las que han usado estos medios para ejecutar sus operaciones.

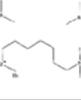
En diciembre de 1994, Aum Shinrikyo⁷, un culto originario de Japón, que suponía que el fin del mundo se produciría en 1997, comenzó una campaña terrorista contra presuntos enemigos de la secta, utilizando agentes neurotóxicos. La primera de sus víctimas fue un supuesto espía⁸. Dos miembros del culto rociaron el agente en su cuello, quien rápidamente colapsó y luego de permanecer en coma, falleció diez días más tarde. El agente usado fue VX. Poco después, en enero de 1994, el culto llevó un ataque, esta vez con sarín, sobre un conjunto de viviendas donde residían jue-

ces que estaban viendo un caso que involucraba propiedades del culto, en Matsumoto, una ciudad en el centro de Japón. En esta oportunidad, los miembros del culto usaron un vehículo para liberar una nube del agente que se dispersó sobre la zona, matando a ocho personas y afectando en diversos grados a más de 500⁹. Por último, la secta alcanzó notoriedad por el ataque realizado en marzo de 1995 sobre la red de subterráneos de Tokio. En esa oportunidad, el agente usado fue un neurotóxico similar al sarín que, arrojado en varias de las líneas de subtes, terminó causando la muerte de 13 personas y afectando cerca de 6.000¹⁰.

Además de esta secta, otros atentados con neurotóxicos han sido realizados en los últimos años, alguno de ellos sin que a la fecha se haya podido asignar responsabilidad específica a estados o individuos de manera definitiva.

Por ejemplo, el profesor Leonid Rink¹¹, quien trabajó, de acuerdo con sus declaraciones, en el

TABLA 1 - ALGUNOS AGENTES NEUROTÓXICOS Y SUS CARACTERÍSTICAS

AGENTE	IUPAC	Estructura	LCT ₅₀	LD ₅₀
Sarin	(RS)-Propan-2-il metilfosfona fluoridato		50/100	1700 mg
Soman	3,3-Dimetilbutan-2-il metilfosfona fluoridato		70	350 mg
Tabun	Etil N,N-dimetilfosforamido cianidato		450	80 mg
VX	Etil ((2-(bis(propan-2-il) amino) etil) sulfonil) metilfosfinato		30/50	10 mg
Vx	O-isopropil-S-(2-dietilaminoetil) metil fosfonotiolato		15	3,3
EA3990	Carbamato dimetobromuro de 1,8-bis(metil-2 (3-dimetil carbamoxipiridil) metilamina) octano			

LCT₅₀: Considerando inhalación del agente, concentración por tiempo en mg.min/m³.
LD₅₀: Dosis letal para un ser humano de 70 kilos por aplicación de líquido en la piel.

Diversas fuentes

⁶ Un inventario del empleo alegado de AQ en Siria puede verse en <https://www.armscontrol.org/factsheets/Timeline-of-Syrian-Chemical-Weapons-Activity>. Último acceso: 7 de noviembre de 2018.

⁷ La secta desarrolló otros tipos de AQ y también biológicas y convencionales. Aquí sólo mencionamos las relacionadas a los neurotóxicos.

⁸ Japanese cult used VX to slay member; *Chem. Eng. News*, 1998. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/cen-v076n035.p007>

⁹ Olson KB. Aum Shinrikyo: Once and Future Threat? *Emerging Infectious Diseases*. 1999; 5(4):413-416. doi:10.3201/eid0504.990409.

¹⁰ Los hospitales de Tokio atendieron ese día 5.510 pacientes, de los cuales 17 fueron considerados críticos, cerca de 40 severos y unos mil moderadamente afectados. <https://www.stimson.org/content/ataxia-chemical-and-biological-terrorism-threat-and-us-response>

¹¹ <http://www.france24.com/en/20180320-soviet-scientist-novichok-nerve-agent-spy-attack-skripal-russia-britain>

centro de investigación de Shikhany¹², donde participó en el desarrollo de alguno de los agentes del grupo de los llamados novichok, confesó haber vendido una cantidad indeterminada de dicho agente a individuos que luego asesinaron a un banquero en Rusia¹³ y su secretaria, en 1995. El agente había sido depositado en el receptor de un teléfono en la oficina de Ivan Kivelidi, el banquero en cuestión, quien, de acuerdo con lo expresado en el juicio, fue asesinado por encargo de uno de sus asociados. Rink, quien recibió una sentencia menor, declaró que varias veces había vendido cantidades de agentes para suplementar sus ingresos y pagar deudas.

Más próximo en el tiempo, el asesinato de Kim Jong-nam, hermano del líder supremo de la República Democrática Popular de Corea, Kim Jong Un, en el aeropuerto de Kuala Lumpur, Malasia, en febrero de 2017. Allí también la información pública hace suponer el empleo de un agente neurotóxico, probablemente VX, que fue usado por dos jóvenes quienes frotaron el rostro de la víctima con un paño embebido en el agente¹⁴. Kim Jong-nam sobrevivió lo suficiente para denunciar el hecho a las autoridades del aeropuerto, siendo atendido en el mismo y falleciendo en la ambulancia que lo trasladaba a un hospital.

Finalmente, el evento que sufriera el doble agente Sergei Skripal, su hija y Nick Bailey, uno de los oficiales de policía que primero asistieron al lugar de los hechos. Los dos primeros se encuentran aún inconscientes desde el 4 de marzo de 2018, cuando sucedieron los hechos mientras que el oficial de policía fue dado de alta 15 días después¹⁵. La secuencia de eventos, el modo de contaminación e incluso el tipo de agente empleado no han sido dados a conocer todavía. La investigación sigue en curso en medio de crecientes tensiones que recuerdan los picos de la guerra fría.

La policía británica removió el banco de la plaza¹⁶ donde fueron hallados los Skripal para poder ver si se encontraban restos del agresivo o de los probables productos de descomposición que permitirían inferir cuál fue. Además, se especuló sobre si el mismo pudo ser aplicado a las manijas de las puertas o la toma de aire de la cabina del BMW del Cnl Skripal. Su domicilio, varios meses después de los hechos, permanecía acordonado¹⁷ mientras los especialistas buscaban posibles rastros del agresivo empleado.

El gobierno del Reino Unido ha expresado que el agente empleado sería un neurotóxico¹⁸. Tanto el embajador del Reino Unido declarando ante el Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas el 14 de marzo de 2018, como la Primer Ministro Teresa May¹⁹, en su reunión con otros líderes europeos, el 22 de marzo, responsabilizaron a Rusia como el estado agresor, y en particular en esta última reunión, May confirmó que el agente fue del tipo de los novichok. El Reino

12 Shikhany se encuentra a unos 100 kilómetros de Saratov. El desarrollo de las actividades químicas en Shikhany comenzó en 1924. El primer laboratorio de AQ soviético inició sus operaciones en Moscú en 1923 y en 1926 se estableció una instalación secreta en Shikhany bajo el nombre de código "Tomko", conjuntamente con Alemania, de acuerdo al tratado soviético-alemán sobre producción de AQ de 1925. Actualmente es una "ciudad cerrada"; funcionan allí varias unidades militares relacionadas a AQ y particularmente el *Instituto Científico y de Investigación en Defensa Radiológica y Química* (НИИ РХБЗ, НИИ Радиационной Химической и Биологической Защиты), donde habrían sido desarrollados los agentes Novichok. Ocupa un área de 460 km².

13 <https://www.reuters.com/article/us-britain-russia-stockpiles/secret-trial-shows-risks-of-nerve-agent-theft-in-post-soviet-chaos-experts-idUSKCN1GQ2RH>

14 <https://www.nytimes.com/2017/10/02/world/asia/kim-jong-nam-trial-north-korea.html>

15 <https://www.theguardian.com/uk-news/2018/mar/22/police-officer-poisoned-in-spy-attack-leaves-hospital>

16 <https://www.theguardian.com/uk-news/2018/mar/23/officers-remove-bench-in-salisbury-where-sergei-skripals-fell-ill>

17 <https://www.theguardian.com/uk-news/2018/mar/23/police-swab-sergei-skripal-home-clues-salisbury-nerve-agent-attack>

18 <https://www.independent.co.uk/news/uk/crime/uk-russia-nerve-agent-attack-spy-poisoning-sergei-skripal-salisbury-accusations-evidence-explanation-a8258911.html>

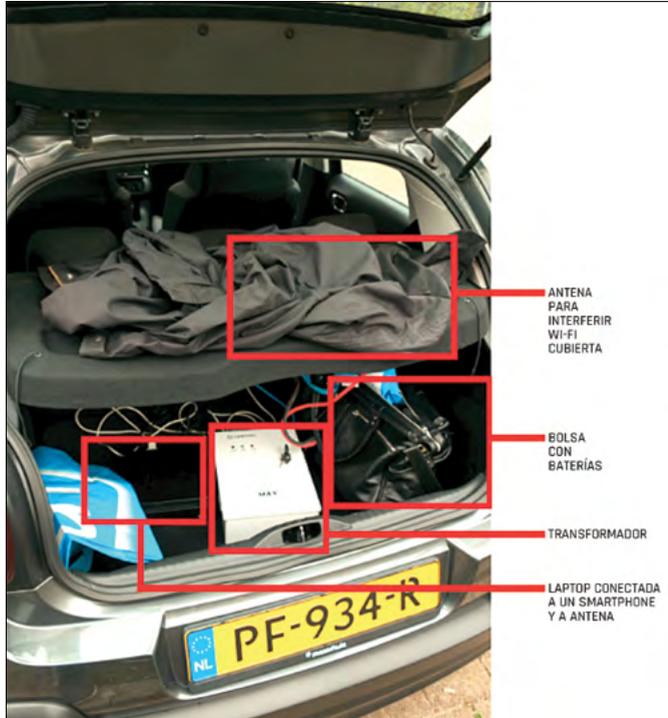
19 <https://www.gov.uk/government/news/novichok-nerve-agent-use-in-salisbury-uk-government-response>

Unido dio participación a la Organización para la Prohibición de las Armas Químicas, invocando el artículo 9 de la Convención²⁰ respectiva, para que contribuya a esclarecer este hecho.

El 13 de abril de 2018, el Servicio de Seguridad e Inteligencia Militar holandés, dependiente del Ministerio de Defensa de ese reino, (Militaire Inlichtingen en Veiligheidsdienst - MIVD), sorprendió y detuvo a cuatro agentes rusos, quienes, de acuerdo a las declaraciones oficiales del gobierno de los Países Bajos, eran miembros del GRU, que estaban llevando a cabo una operación de espionaje electrónico sobre la sede de la OPAQ en La Haya, aparentemente con el objeto de obtener información sobre el avance de las investigaciones de dicha organización internacional sobre los eventos descriptos previamente²¹.

Para complicar más la situación, una pareja que visitó la zona de los hechos, el 29 de julio de 2018, al parecer, al tomar contacto con un frasco de perfume que contendría el agente usado en el evento anterior y que encontraron por casualidad, resultó contaminada con este. Lamentablemente, en esta oportunidad, uno de los afectados fallecería el 8 de julio, mientras el otro pudo recuperarse. La OPAQ confirmó que el tipo de agente era el mismo que en el caso anterior.

ILUSTRACIÓN 5: PARTE DEL EQUIPAMIENTO INCAUTADO POR EL MIVD EN LA HAYA A LOS AGENTES RUSOS.



Fuente: Adaptado del Ministerio de Defensa del Reino de los Países Bajos

¿Quién es Sergei Skripal?

Skripal, originario de Kaliningrado, alcanzó el grado de coronel en el servicio ruso de inteligencia militar GRU, habiendo sido destinado a España poco después del colapso de la Unión Soviética. Apparentemente allí fue reclutado por el MI6 a mediados de 1995. Se le dio el nombre en clave "Forthwith"²². De acuerdo con la publicación alemana Der Spiegel, Skripal suministró al MI6 el directorio telefónico completo del GRU y la identidad de cientos de personas de esa organización.

²⁰ Convención sobre la prohibición del desarrollo, la producción, el almacenamiento y el empleo de armas químicas y sobre su destrucción. Artículo IX: Consultas, cooperación y determinación de los hechos.

²¹ <https://www.defensie.nl/actueel/nieuws/2018/10/04/mivd-verstoort-russische-cyberoperatie-bij-de-organisatie-voor-het-verbod-op-chemische-wapens>

²² <http://www.spiegel.de/international/world/nerve-agent-attack-in-england-escalates-tensions-with-russia-a-1198451.html>

Los británicos continuaron usando a Skripal hasta que fue descubierto en 2004, cuando un agente doble español habría tenido noticias de su identidad. Rápidamente fue detenido y un tribunal militar lo condenó en 2006 a una pena de 13 años en un campo de trabajos forzados. Cuatro años más tarde fue liberado como parte de un intercambio de prisioneros y se le permitió salir de Rusia para instalarse a vivir en Gran Bretaña. Su hija reside en Rusia y se encontraba visitando a su padre cuando sucedieron los hechos de público conocimiento.

Novichok

¿Qué se sabe de los novichok? Lo cierto es que poco se sabe a través de información pública sobre este agente o grupo de agentes.

De hecho, no había conocimiento específico de estos compuestos hasta que en 1992 Vil Mirzayanov y Lev Fedorov, ambos miembros del staff del Instituto Estatal de Investigación Científica en Química Orgánica y Tecnología (GosNIIOKhT) decidieron publicar²³, tanto en Rusia como en Estados Unidos, información sobre los programas de desarrollo de AQ de Rusia que, a su entender, contravenían acuerdos bilaterales entre ambas naciones. Mirzayanov, luego de un breve período de detención y un juicio que fue cancelado, emigró a Estados Unidos donde hoy reside.

El GosNIIOKhT poseía, al momento de las declaraciones de estos funcionarios, cuatro centros²⁴, uno en Moscú, con cerca de 3500 empleados; otro en Volgogrado, especializado en la investigación y desarrollo sobre el somán y agentes binarios; el centro ya mencionado en Shikhany, especializado en el desarrollo y ensayo de nuevos agentes; y por último, un cuarto centro en Novocheboksarsk, que poseía una planta de producción de AQ. Además, existía un centro en la ciudad de Nukus, Uzbekistán, dedicado a la investigación y desarrollo y al ensayo en el terreno de agentes tanto químicos como bacteriológicos.

ILUSTRACIÓN 6: SEDE DEL GOSNIIOKHT EN CALLE DE LOS ENTUSIASTAS 13 MOSCÚ



Fuente: Google Earth

23 La publicación en Rusia se tituló "Una Política Envenenada" y se hizo en el periódico Moskovskiy Novosti (Московские новости), que cesó su publicación en 2014; mientras que en Estados Unidos fue en el Baltimore Sun. http://articles.baltimoresun.com/1992-09-16/news/1992260123_1_chemical-weapons-new-nerve-gas-developing-chemical

24 Mirzayanov, V.: *Dismantling the Soviet/Russian Chemical Weapons Complex: An insider's view*. Report No. 17; Octubre 1995; The Henry L. Stimson Center; Washington.

Desde 1965 hasta 1992, Mirzayanov trabajó como experto en el campo de cromatografía de gases en el GOSNIIOKhT en Moscú. En esta institución secreta, formalmente conocida como “Casilla de Correos 702”, los soviéticos desarrollaban nuevas armas químicas. Allí sintetizaron una versión rusa del VX británico (más tarde llamado RVX, Vx o sustancia 33) y a principios de los 70, Pyotr Kirpichev descubrió la toxicidad sin precedentes de las sustancias que finalmente formarían parte del programa Novichok. A la primera sustancia le fue dado el código A-230 y a una variante que resultó más interesante se la codificó A-232. Había surgido la familia de los novichoks.

Mirzayanov fue puesto a cargo del departamento responsable de la contrainteligencia en el centro de Moscú, desde mediados de los 80, lo que le permitía conocer cuáles eran los programas que se llevaban a cabo en todos los centros del GosNIIOKhT.

Él declaró que la Unión Soviética había iniciado la búsqueda de nuevas AQ a mediados de los años 70, y que en 1978 había inaugurado la planta de producción de Novocheboksarsk con capacidad de producir hasta 20.000 toneladas por año de agentes neurotóxicos. También de acuerdo a sus declaraciones, esa planta fue la que produjo las cerca de 15 mil toneladas del Vx soviético, identificado como A208 o Tipo 33, de estructura y propiedades relacionadas al VX occidental, como puede verse en la Tabla 1).

Otros agentes organofosforados de estructuras similares comenzaron a ser evaluados, aunque nunca fueron producidos en escala industrial.

Como ya expresamos anteriormente, los tres agentes mostrados en la Tabla 2 fueron la base de la familia de los Novichok, siendo producidos en Shikhany y ensayados en Nukus. Siempre de acuerdo con la misma fuente, el Novichok 5 era en el orden de cinco a ocho veces más tóxico que el VX. Supuestamente, el Novichok 5 es la versión binaria del A-232, es decir que, a partir de dos componentes precursores de baja o nula toxicidad, al combinarse producirían el A-232 que es el AQ.

TABLA 2 - ALGUNOS AGENTES NEUROTÓXICOS SOVIÉTICOS Y RUSOS SEGÚN EL DR MIRZANOV²⁵

AGENTE	Otros nombres	Estructura
A 208	Tipo 33 - Vx	
A 230	Tipo 84	
A-232	Novichok-5	

¿Están cubiertos por las previsiones de la Convención de Armas Químicas?

Sin entrar en un análisis detallado de todas las previsiones la CAQ, podemos afirmar la visión comprensiva de los autores del texto. En el artículo II de la CAQ, que establece las definiciones, al referirse a las AQ dice:

Por “armas químicas” se entiende, conjunta o separadamente:

- Las **sustancias químicas tóxicas o sus precursores**, salvo cuando se destinen a fines no prohibidos por la presente Convención, siempre que los tipos y cantidades de que se trate sean compatibles con esos fines;*
- Las **municiones o dispositivos** destinados de modo expreso a causar la muerte o lesiones mediante las propiedades tóxicas de las sustancias especificadas en el apartado a) que libere el empleo de esas municiones o dispositivos; o*
- Cualquier **equipo destinado de modo expreso a ser utilizado directamente** en relación con el empleo de las municiones o dispositivos especificados en el apartado b).*

²⁵ Los datos mostrados en la tabla son un resumen de los que aparecen en el libro de Mirzayanov: State Secrets: An Insider's Chronicle of the Russian Chemical Weapons Program.

Es decir, a) los agentes, sus materias primas; b) los medios de empleo; y c) los medios de producción. Y a continuación define:

Por "sustancia química tóxica" se entiende:

Toda sustancia química que, por su acción química sobre los procesos vitales, pueda causar la muerte, la incapacidad temporal o lesiones permanentes a seres humanos o animales. Quedan incluidas todas las sustancias químicas de esa clase, cualquiera que sea su origen o método de producción y ya sea que se produzcan en instalaciones, como municiones o de otro modo.

Estas definiciones están basadas en el llamado "Criterio de Propósito General". Lo vemos en la primera parte de la definición de AQ, cuando expresa que todas las sustancias químicas tóxicas y sus precursores, son armas químicas. Y luego define esas sustancias químicas tóxicas como "cualquier sustancia química que, por su acción química sobre los procesos vitales puede afectar la vida temporal o permanentemente la vida de humanos y animales".

Según el criterio de propósito general, un tóxico o precursor químico puede definirse como un arma química según la finalidad con que se lo intente poseer o ya se lo disponga. Un componente básico de los criterios de propósito general es el principio de consistencia. Un producto químico tóxico en posesión de un estado parte, de acuerdo con este principio, no sólo ha de ser producido, almacenado o usado para un propósito legítimo, pero también deberá ser de un tipo y cantidad apropiada para ello.

Por lo dicho, ningún estado miembro de la CAQ puede poseer cualquier sustancia química tóxica, cuyo objetivo sea el ser usada como un arma o parte de ella, mediante la acción de las características tóxicas de dicha sustancia sobre el organismo de seres humanos o animales. Es decir, que si el uso previsto de ese producto está de acuerdo a los fines no prohibidos por la CAQ, establecidos en el párrafo 9 del mismo artículo II, el estado puede tenerlo, pero nunca para su empleo como arma.



La CAQ establece que la Organización para la Prohibición de las Armas Químicas (OPAQ) es la encargada de velar por el cumplimiento de las previsiones del tratado, que hoy reúne a 193 países.

El Reino Unido puede ahora ejercer sus derechos bajo la Convención e invocar el artículo IX de la misma para que la OPAQ investigue el supuesto programa Novichok de Rusia. Esta es la primera vez que uno de los miembros de la Convención ha acusado a otro de usar un arma química. Será un gran desafío para la OPAQ, que ha sido invitada por el gobierno británico a enviar inspectores al Reino Unido para recoger muestras de los lugares donde podrían quedar residuos de lo que haya afectado a la pareja de padre e hija. Para tratar de determinar el tipo de agente usado, la OPAQ utilizará su propio laboratorio en Rijswijk, La Haya, y probablemente, algunos de los 20 laboratorios acreditados ante la organización alrededor del mundo.

ILUSTRACIÓN 8: UNA FAMILIA LONDINENSE DURANTE UN EJERCICIO DE AQ DURANTE LA SEGUNDA GUERRA MUNDIAL



Conclusiones

Las AQ en su totalidad son una de las herramientas más temibles para ser usadas en un conflicto. No sólo por la naturaleza de las afecciones que causan, sino por los efectos indiscriminados y la poca probabilidad de protección a la población no combatiente. Dentro de esa clase de armas, los agentes neurotóxicos son sustancias de particular agresividad, probablemente uno de los grupos más mortíferos desarrollados por el ser humano.

Habiéndose confirmado cuál agente fue usado en el caso Skripal, debe verificarse si son fundadas las alegaciones acerca de la vinculación con el estado ruso. Pero en una primera mirada al tema, es preocupante que, en el lapso de menos de un año, dos atentados supuestamente vinculados a estados hayan sido perpetrados usando agentes neurotóxicos. VX en el caso de Kim Jong-nam y probablemente A-232 en este último. Sin dejar de esperar que los sobrevivientes puedan recuperarse y retomar su vida sin inconvenientes, también deseamos que el sistema internacional permita determinar qué es lo que realmente sucedió.

Durante 2018 conmemoramos el centenario de la finalización de la Primera Guerra Mundial, la cual fue llamada “*la guerra para acabar con todas las guerras*”, conflicto en el que por primera vez las armas químicas fueron empleadas de manera masiva. El rechazo que estas herramientas de destrucción generaron entre los contendientes los llevó a gestionar el tratado de Ginebra de 1925 que fue un intento de la comunidad internacional de restringir su empleo. Las experiencias posteriores hicieron ver las limitaciones de este tratado y llevaron a las naciones

a buscar un camino alternativo para permitir alcanzar el objetivo de renunciar a estas armas de forma definitiva.

Cuando se puso en marcha la OPAQ, en 1997, luego de veinte años de negociación, y de cuatro años más para que un número significativo de países ratificaran el tratado, Kofi Anam, en ese momento Secretario General de la Organización de las Naciones Unidas, manifestó que “. . . la Convención de Armas Químicas es un acto trascendental de paz. . .”. Y todos los países firmantes de la misma lo hicieron en la esperanza de que ese instrumento bastase para realmente eliminar un tipo completo de armas de la faz de la tierra.

Esperemos que la aplicación de los mecanismos previstos en el texto de la Convención permita que este episodio sea un hito que refuerce la voluntad de todos los países para reducir los riesgos del mundo en que vivimos.

GLOSARIO

- > **ACo:** Acetilcolina
- > **AQ:** Armas químicas
- > **CAQ:** Convención de Armas Químicas
- > **CDEE:** Chemical Defence Experimental Establishment - Instituto Experimental de Defensa Química
- > **GosNIIOKhT:** Gosudarstvennyy nauchno-issledovatel'skiy institut organicheskoy khimii i tekhnologii - Instituto Estatal de Investigación Científica en Química Orgánica y Tecnología
- > **GRU:** Glávnoye Razvédyvatelnoye Upravlenie - Departamento Central de Inteligencia militar ruso
- > **ICI:** Imperial Chemical Industries
- > **IG Farben:** Interessen-Gemeinschaft Farbenindustrie AG – Conglomerado de Empresas de la Industria Colorante
- > **Mi6:** Formalmente Secret Intelligence Service -SIS del Reino Unido
- > **MIVD:** Militaire Inlichtingen en Veiligheidsdienst - Servicio de Seguridad e Inteligencia Militar holandés, dependiente del Ministerio de Defensa
- > **OF:** Organofosforados
- > **WaA:** Waffenamts – Departamento de Armamento del ejército alemán durante la 2da Guerra Mundial

(*) **Carlos Hugo Trentádue:** es ingeniero militar de la especialidad química y oficial retirado del Ejército Argentino, donde alcanzó el grado de coronel de Artillería. Fue director de dos plantas productoras de materiales energéticos. Sirvió durante diez años en la Organización para la Prohibición de Armas Químicas, donde fue inspector, jefe de equipos de inspección y finalmente director de departamento en la división de Verificación. Es docente e investigador universitario. Autor de numerosos artículos y presentaciones. Es miembro activo de la Sociedad de la Industria Química del Reino Unido. También es integrante del Área de Prospectiva en Energía Eléctrica de la UTN- FRGP, y del Grupo de Interés en Energías del Mar Argentino.

6. GEOCIENCIAS

6.1

GNSS y Aumentación Pasado, presente y futuro

Por el CNL DIM (R) Alejandro Marcelo Gazpio [*]

RESUMEN

Este trabajo presenta el estado actual de los sistemas de posicionamiento global. También realiza un estudio sobre los sistemas de aumentación en uso regional para mejorar la precisión en la determinación de las posiciones de puntos fijos y móviles respecto de un marco o sistema de referencia. Culmina con una síntesis sobre la actualidad y el futuro de los GNSS. Solo busca volcar experiencias por mí recogidas a lo largo de algo más de 40 años de trabajo técnico en las áreas de la guerra electrónica, en lo específicamente referido a contramedidas de vigilancia técnica y su aplicación en las actividades cívico-comerciales.

GNSS: (*Global Navigation Satellite System*)

GNSS, son las siglas que refieren al conjunto de las tecnologías definidas sobre los sistemas de navegación por satélite que brindan posicionamiento espacial con cobertura global de manera independiente.

Los sistemas de navegación y posicionamiento por satélite permiten determinar coordenadas de un punto y de tiempo con relativa exactitud en cualquier parte del mundo, las 24 horas del día y en todas las situaciones climatológicas. Para alcanzar precisiones mayores, o sea necesarias y suficientes para el trabajo de topografía, geodesia y geomática, se deberán aplicar una serie de correcciones.

La cobertura global con el uso de sistemas GNSS se logra mediante constelaciones nominales de unos 24-27 satélites, ubicados en diferentes planos orbitales (3 o 6), elípticos, con inclinaciones respecto del plano ecuatorial que van entre los 55° y los 65°, a una altura que oscila entre los 19100 y los 28000 kilómetros (órbitas MEO), lo que supone períodos orbitales de unas 12 horas.

El primer antecedente conocido a los GNSS fue el sistema TRANSIT norteamericano, en la década de los 60, basado en el efecto DOPPLER pero no era muy preciso y la información recibida dependía de la posición del satélite. En la época en que se desarrolló fue fundamental para poder posicionar submarinos nucleares sin tener que emerger ya que con solo sacar fuera del agua la antena, era suficiente para tener información de posición. Asimismo, las precisiones obtenidas eran más que suficientes para el cometido.

Estas tecnologías fueron disruptivas hace ya más de 40 años. Entonces los orígenes de los GNSS los podemos situar allá por los años 70, con el desarrollo del sistema militar estadounidense GPS (Global Positioning System), destinado al guiado de misiles, localización de objetivos y tropas, etc. En términos generales, un receptor de GNSS es capaz de determinar su posición en cuatro dimensiones (longitud, latitud, altitud, y tiempo).

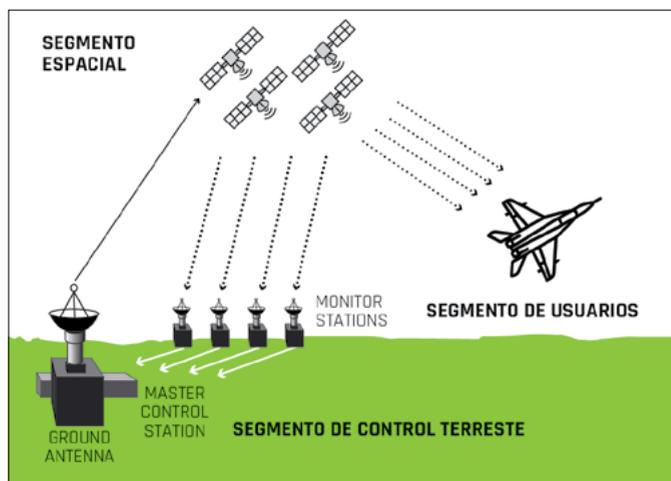
En la actualidad, los datos de posición espacial y temporal se encuentran disponibles en telefonía móvil, en aviones, autos, barcos, drones, etc. También es utilizada como antes para el guiado de misiles y distintos tipos de municiones, consiguiéndose precisiones sobre blancos fijos como nunca se había logrado antes. Prácticamente en la actualidad todas las actividades se encuentran relacionadas con algún tipo de ubicación o relación tiempo espacial provistas por los GNSS.

En un pasado reciente, como se expresó, nace el sistema estadounidense GPS, tal como es conocido, tuvo en sus orígenes aplicaciones exclusivamente militares y su cobertura, si bien mundial, no era como hoy se entiende el concepto de "Global". O sea era un sistema de uso exclusivamente militar bajo control del Ministerio de Defensa (Department of Defense) de los Estados Unidos, siendo sometido a un estricto control gubernamental. Se mantuvo así hasta que comenzaron a tomarse en cuenta sus aplicaciones civiles, es decir, así hasta que el gobierno de los Estados Unidos encargó realizar diversos estudios a distintas agencias, entre ellas la RAND (Research And Development), con el propósito de analizar la conveniencia de emplear esta tecnología con fines civiles. Hoy en día, el GPS es un éxito para la administración y economía americana no interesando a nadie que se reduzca la inversión en el sistema, sino todo lo contrario. La política de la administración de Estados Unidos es mantener a costo cero para los usuarios el sistema GPS, potenciar sus aplicaciones civiles y, a la vez, mantener y mejorar el carácter militar.

Asimismo, el patrón de tiempo que utiliza GPS es aprovechado por un sinnúmero de actividades que requieren una coordinación de Tiempo Universal como lo son todas las comunicaciones a nivel mundial. Esta información sobre el patrón tiempo está disponible para cualquier usuario en los distintos dispositivos que son empleados actualmente.

Todos los GNSS tienen una arquitectura similar, de suerte que todos cuentan con los siguientes segmentos o subsistemas:

- > **Segmento Espacial**, el cual está integrado por un número de satélites activos y otros en reserva.
- > **Segmento de control terrestre**, integrado por una red terrestre de monitoreo y antenas terrestres así como un centro de control de todo el sistema.
- > **Finalmente el segmento de usuarios**, que son los equipos individuales de posicionamiento o navegación.



EN FORMA GENÉRICA, LA POSICIONES DE PUNTOS FIJOS SOBRE LA TIERRA Y DE MÓVILES SE CALCULAN TENIENDO EN CUENTA:

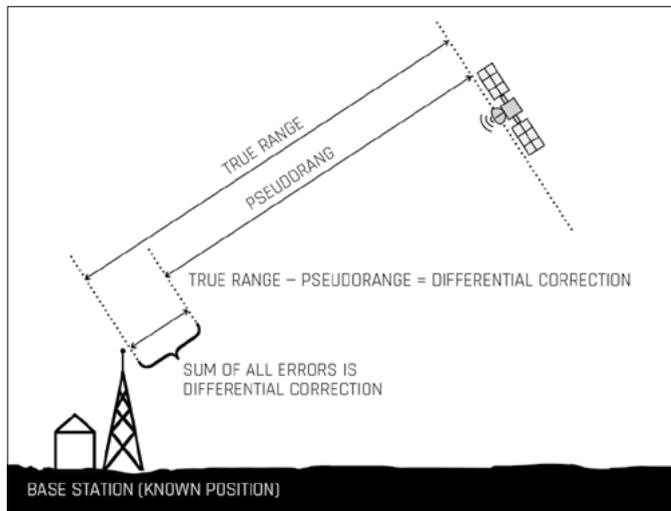
- > Determinación de la distancia entre el satélite y el usuario utilizando el tiempo de llegada o *time of arrival* (TOA).
- > Sistemas de referencia.
- > Parámetros fundamentales de las órbitas de los satélites.
- > Determinación de la posición con códigos de pseudo-ruido o pseudo-random noise (PRN).
- > Obtención de la velocidad del usuario.
- > Tiempo y GPS.

LOS PASOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA POSICIÓN DE UN RECEPTOR SON:

- > Medir el tiempo de propagación de la señal (=intervalo de tiempo que necesita la señal transmitida por un transmisor para alcanzar el receptor) y multiplicar este valor de tiempo por la velocidad de la luz.
- > Repetir el proceso para tantos transmisores como estén en el campo de visión.

PSEUDODISTANCIA:

La pseudodistancia es una primera aproximación al valor de la distancia entre el satélite y el receptor, que confía en la medida temporal realizada por el reloj de cuarzo del receptor. Este reloj tiene una desviación de 1ppm (300 m) cada segundo. Estamos ante el caso de un error constante para todas las medidas realizadas simultáneamente y se puede resolver con un cuarto satélite.



PROCESAMIENTO DE LOS DATOS PARA OBTENER LA POSICIÓN

Los pasos principales son:

- > Cálculo de la posición de los satélites a partir de los datos de efemérides.
- > Estimación de la pseudodistancia a partir del retardo medido.
- > Para encontrar un conjunto inicial de pseudodistancias, es necesario observar al menos 12 segundos de datos
- > Para pseudodistancias posteriores, el receptor desplaza los índices por ejemplo 100 ms si está configurado para calcular posiciones 10 veces por segundo.
- > Cálculo de la posición del receptor a través de la solución de las ecuaciones que siguen,

$$\rho_1 = \sqrt{(x_1 - x_p)^2 + (y_1 - y_p)^2 + (z_1 - z_p)^2} + c \delta t_1$$

$$\rho_2 = \sqrt{(x_2 - x_p)^2 + (y_2 - y_p)^2 + (z_2 - z_p)^2} + c \delta t_2$$

$$\rho_3 = \sqrt{(x_3 - x_p)^2 + (y_3 - y_p)^2 + (z_3 - z_p)^2} + c \delta t_3$$

$$\rho_4 = \sqrt{(x_4 - x_p)^2 + (y_4 - y_p)^2 + (z_4 - z_p)^2} + c \delta t_4$$

donde:

- ρ_i = PSEUDODISTANCIA AL SATÉLITE I
- x_i, y_i, z_i = COORDENADAS DEL SATÉLITE I
- C = VELOCIDAD DE LA LUZ
- δt_i = RETARDO DE LA SEÑAL
- x_p, y_p, z_p = COORDENADAS DEL PUNTO

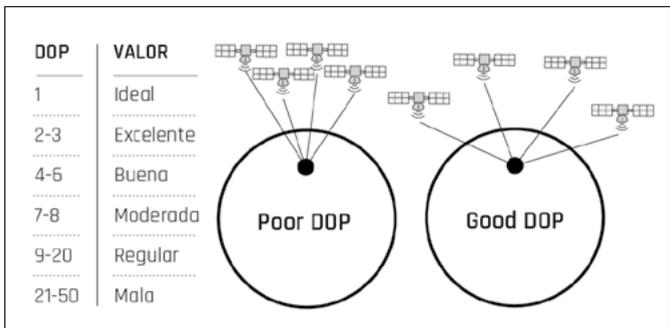
Que pueden ser más de cuatro si tenemos más satélites en el campo de recepción.

LA DILUCIÓN DE PRECISIÓN (DOP)

Es la consistencia geométrica del conjunto de satélites que se encuentran dentro del campo de observación del receptor. Cuando los satélites se encuentran muy cerca unos de otros se dice que la geometría es débil y la DOP alta y si se encuentran muy distantes angularmente la geometría es fuerte y la DOP baja. Se habla de HDOP, VDOP, PDOP, TDOP según hablemos de DOP horizontal, vertical, de posición (3D) o de tiempo.

Por ahora, existen a nivel global cuatro sistemas de posicionamiento y navegación en etapa operacional o en su etapa final previa a su operación, a saber:

> **GPS**



- > **GLONAS**
- > **BEIDOU(*)**
- > **GALILEO(**)**

(*) **BeiDou**: está siendo ultimado, cuando esté terminado contará con 27 satélites en órbita MEO (*Medium Earth orbit* - aproximadamente 22.000 kilómetros de altitud), cinco en órbita geostacionaria y tres más en órbitas geosíncronas inclinadas, a 35.786 kilómetros, brindando cobertura global GNSS con una precisión de posicionamiento de 2,5 metros. El último lanzamiento de los satélites BeiDou 35 y 36 tuvo lugar a fines de agosto de 2018, luego de aquel lanzamiento del primero de la serie en el año 2000. Con otros siete satélites agregados este año, el CNSO informa que China pretende completar la red de 35 satélites en el primer semestre de 2020. China ha lanzado 11 satélites BeiDou hasta el momento en 2018, contribuyendo a una cadencia de lanzamiento agresiva, de suerte que, Ran Chengqi, director de la Oficina de Navegación por Satélite de China (CSNO), declaró en informes publicados que seguirían siete más durante el resto del año 2018.

(**) **Galileo:** el GIOVE-A, fue el primer satélite de prueba sobre el sistema, lanzado el 28 de diciembre de 2005, mientras que el primer satélite que formó parte del sistema operativo se lanzó el 21 de octubre de 2011. En julio de 2018, 26 de los 30 satélites activos planificados están en órbita. Galileo comenzó a ofrecer la capacidad operativa temprana (EOC) el 15 de diciembre de 2016, brindando servicios iniciales con una señal débil, y se espera que alcance la capacidad operativa completa (FOC) en 2019. Se espera para 2020 que el sistema Galileo esté completo y dispondrá de 30 satélites

También hay otros tipos de sistemas regionales en distintas etapas de desarrollo, a saber:

- > IRNSS (indio)
- > ZQSS (japonés)

IRNSS (Sistema Regional de Navegación por Satélite de India):

India está desarrollando su propio Sistema de Navegación por Satélite. El IRNSS, por sus siglas en inglés, contará con una constelación de siete satélites en órbitas geosíncronicas y geoestacionarias para proporcionar servicios de navegación a una extensa región comprendida por la mayor parte de Asia, Medio Oriente, África Oriental y partes de Australia occidental, como se muestra en la figura a continuación:



Está siendo desarrollado por la Organización de Investigación Espacial de India, ISRO, con el objeto de reducir la dependencia de este país de otros sistemas de navegación por satélite controlados por gobiernos extranjeros como el GPS o el GLONASS.

IRNSS proporcionará dos tipos de servicios: el Servicio de Posicionamiento Estándar (SPS) que se proporciona a todos los usuarios y el Servicio Restringido (RS), que es un servicio encriptado proporcionado sólo a los usuarios autorizados como las fuerzas armadas y de seguridad. Se espera que el Sistema IRNSS proporcione una precisión en la posición mejor de 20

metros en el área de servicio. Las características de estos servicios se muestran en la tabla a continuación:

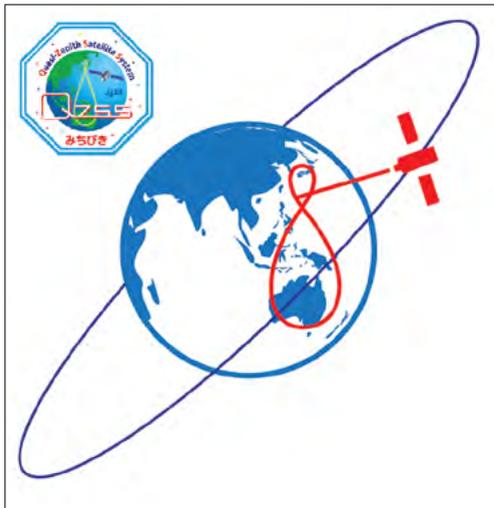
A diferencia de otros sistemas de navegación por satélite como el GPS, el Glonass y el Galileo, que son globales, el IRNSS es un sistema regional, es decir, sus servicios están restringidos a una región del planeta. En este sentido, IRNSS es parecido al sistema chino BeiDou, aunque, como se sabe, eventualmente el BeiDou se convertirá en un sistema global para dar servicio a todo el mundo. A continuación se da una descripción general de los subsistemas que conforman al IRNSS:

Desarrollo del proyecto: El gobierno de India aprobó el proyecto en mayo de 2006, con la intención de que el sistema fuera terminado en 2016. Al mes de septiembre de 2017, el sistema presentó en su construcción una serie de problemas técnicos que retrasaron su puesta en servicio operacional. El primer satélite, el IRNSS-1A, fue lanzado el 1 de julio de 2013 y tuvo problemas con los relojes atómicos. Posteriormente, se lanzaron seis satélites casi idénticos que están en operación. A fines de agosto de 2017 se intentó lanzar el reemplazo del IRNSS-1A, su lanzamiento falló debido a que no desplegó su cubierta protectora y el satélite no alcanzó la órbita deseada.

QZSS (Sistema Satelital Cuasi Cenital):

Japón está ultimando su sistema, similar a los anteriores, pero con una precisión de centímetros, lo que hará posibles aplicaciones nuevas hasta el momento difíciles de imaginar.

Resulta interesante vigilar algunas de las diferencias técnicas del QZSS japonés con los sistemas como el GPS, el GLONASS o el futuro Galileo. Todos ellos, incluso el BeiDou, se han desarrollado para no depender los unos de los otros, dado que sus aplicaciones se consideran vitales y estratégicas para cada país. Por ejemplo, que el GPS fue desarrollado por el Ministerio de Defensa y tan solo quedó 'liberado' para usos civiles en el año 2000. Antes su precisión estaba artificialmente alterada y era tan solo del orden de cientos de metros.



El QZSS se compone de varios satélites que orbitan sobre Japón. Lo diferencia de otros sistemas en que estos satélites no son geostacionarios, es decir, no se encuentran siempre en la misma posición subnadiral o traza sobre la tierra sino que se mueven dibujando ordenadamente

un analema (Lemniscata o especie de figura en forma de ocho), que cubre buena parte de Nueva Zelanda y Australia y, obviamente, Japón de manera que siempre haya algún satélite en órbita geosincrónica a 42.164 kilómetros de la Tierra y sobre el país nipón.

El proyecto comenzó con la idea de que tres satélites serían suficientes; no obstante, ya se está planteando el lanzamiento de siete. El término ‘cenital’ utilizado en la denominación se debe a que: cuando los satélites están sobre Japón quedan situados muy altos en el cielo, casi sobre la vertical de las abarrotadas ciudades.

Esto da una primera gran ventaja, la cual es que las señales lleguen a los dispositivos receptores convencionales con más calidad (cobertura) y precisión: con esa verticalidad se evita el “efecto *multipath*” que sufren estas señales en las paredes exteriores de muchos edificios, especialmente los rascacielos de las grandes ciudades niponas, que convierten las calles en los llamados ‘cañadones urbanos’ y en los que no hay una buena recepción debido al *multipath*.

Combinando esta mejor cobertura están planeadas 1.200 estaciones de referencia adicionales, bases en tierra que permiten a los receptores mejorar la precisión de los cálculos sobre la señal gracias a señales de tiempo y distancia adicionales, de modo que el posicionamiento pueda tener una precisión del orden de un centímetro para las coordenadas planas (X; Y) y tres centímetros para la altitud (Z).

Los ingenieros imaginan un gran número de aplicaciones para los dispositivos capaces de geoposicionarse con esta más que generosa precisión: conducción de vehículos autónomos, tractores y robots como los que se emplean en agricultura, localización exacta de niños y ancianos entre otros. Del mismo modo, la asistencia en situaciones de emergencia también mejoraría en gran medida, así como seguramente los sistemas de ruteos y navegación de los vehículos. Otras industrias como la de los trenes y la navegación marítima o aérea evidentemente podrán aprovechar estas mejoras, fundamentalmente desde el punto de vista de la seguridad.

El sistema gestionado por Japón es más reducido y por ende más económico que otros, aunque por el momento debido al cambiante presupuesto ya supera los 1.000 millones de euros. En cuanto a la programación, y tras haber puesto en órbita el primero de los satélites en 2010, se mantiene el 2018 como objetivo para tenerlo en funcionamiento, aunque con algunos de los satélites en órbita y las estaciones base transmitiendo, ya podrá comenzar a utilizarse en la fase de pruebas.

AUMENTACIÓN:

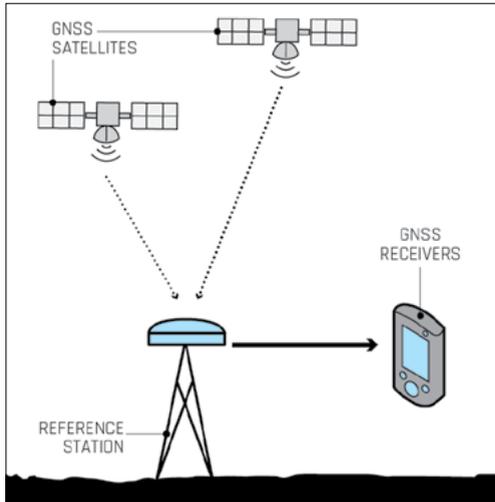
Se denomina *aumentación* a los procedimientos llevados a cabo para mejorar las prestaciones en posición de los GNSS. Por ejemplo, los Sistemas de Posicionamiento Global Diferencial (DGPS) son aquellas mejoras al Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Esas “mejoras” son las que proporcionan una precisión incrementada en la ubicación, en el rango de operaciones de cada sistema, por ello desde la precisión GPS nominal de 15 metros hasta aproximadamente 10 centímetros en el caso de las mejoras alcanzadas mediante la implementación de las denominadas correcciones diferenciales.

El RTK (*Real Time Kinematic*) o navegación cinética satelital en tiempo real es una técnica usada para la topografía y navegación marina basada en el uso de medidas de fase de navegadores con señales GPS, GLONASS y/o de Galileo, donde una sola estación de referencia proporciona correcciones en tiempo real, obteniendo una exactitud submétrica.

Cada DGPS utiliza una red de estaciones de referencia terrestres fijas para transmitir los diferenciales entre las posiciones indicadas por el sistema de satélites GPS y las posiciones fijas conocidas (con **ALTÍSIMAS PRECISIONES** o **PRECISIONES GEODESICAS** de Categoría A). Para la República Argentina, el radio de tolerancia es inferior a 1 centímetro. En las determinaciones

planimétricas, el error estándar (1 sigma) deberá ser de 4 milímetros o menos. (Comité Nacional de la Unión Geodésica y Geofísica Internacional (CNUGGI) Subcomité de Geodesia ESTÁNDARES GEODÉSICOS (GPS) 1a. Edición 1996- REPÚBLICA ARGENTINA)

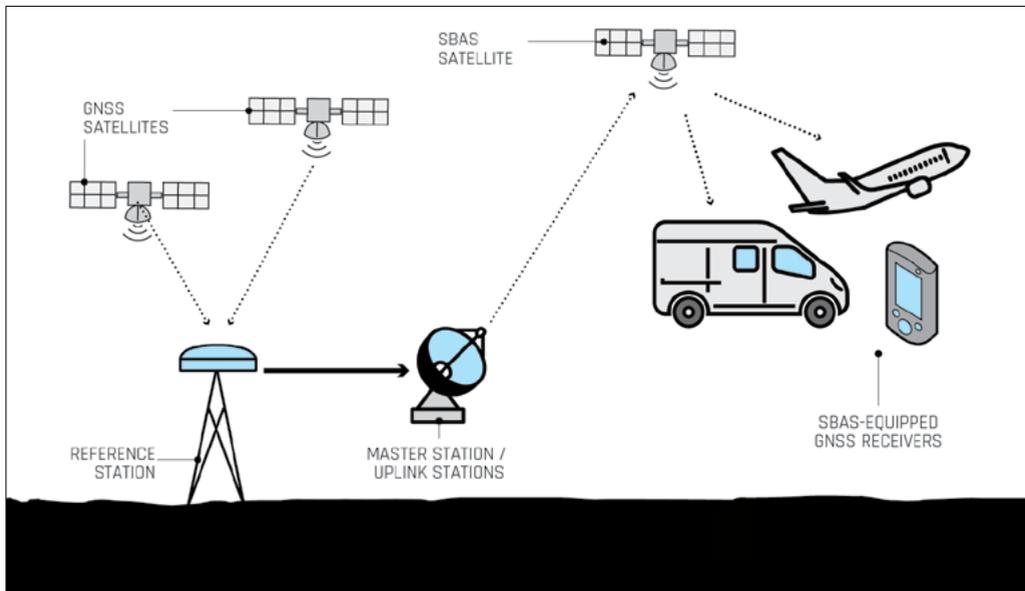
Esas estaciones fijas emiten la diferencia (o diferenciales de posición) entre las pseudodistancias del satélite medido y las pseudodistancias reales (computadas internamente), y las estaciones receptoras pueden corregir sus pseudodistancias en la misma cantidad. La señal de corrección digital generalmente se transmite localmente a través de transmisores terrestres de menor alcance.



Un sistema similar que transmite correcciones desde satélites en órbita en lugar de transmisores terrestres se llama DGPS de área amplia (WADGPS) o Sistema de aumentación basado en satélites (SBASS).

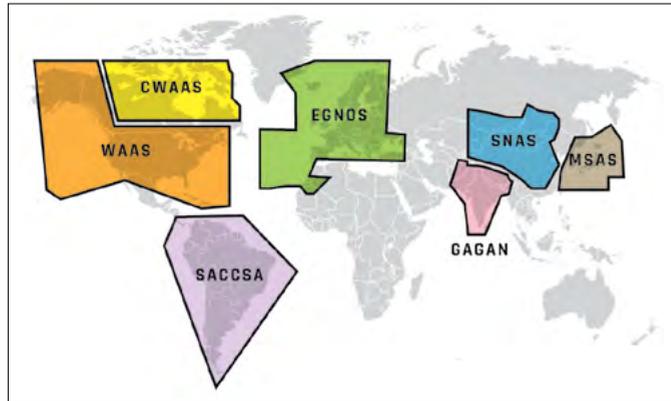
Sin embargo, en aproximación de aeronaves los GNSS no tienen la suficiente integridad y precisión aunque la Fuerza Aérea Argentina está financiando el proyecto WAAS (Wide Area Augmentation System) que refuerza el sistema GPS y será útil para aproximaciones de clase I (en Estados Unidos).

La Guardia Costera de los Estados Unidos (USCG) y la Guardia Costera Canadiense (CCG) ejecutan sistemas DGPS en los Estados Unidos y Canadá en frecuencias de radio de onda larga entre 285 kHz y 325 kHz cerca de las principales



vías fluviales y puertos. El sistema DGPS de USCG se denominó NDGPS (DGPS a nivel nacional) y fue administrado conjuntamente por la Guardia Costera y el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (USACE). Consistía en sitios de transmisión ubicados en todo el interior y parte costera de los Estados Unidos, incluso Alaska, Hawai y Puerto Rico. Otros países tienen su propio sistema DGPS.

A continuación, presentamos un gráfico mundial con las áreas de cobertura de los distintos SISTEMAS DE AUMENTACIÓN.



CLASIFICACIÓN ACTUAL DE LOS DISTINTOS SISTEMAS PARA AUMENTAR LA PRECISIÓN EN LA POSICIÓN:

- > ABAS, *Aircraft-based augmentation system*. Sistemas dedicados para aumentación a los receptores GPS con detección de fallos y mejora de la precisión.
- > GBAS, *Ground-based augmentation system*. Sistema basado en aumentación de precisión con estaciones suplementarias terrestres sin depender de estaciones geostacionarias; por ello es útil en proximidades de los aeropuertos.
- > GRAS, *Ground-based regional augmentation system*. Consiste en estaciones GBAS desplegadas en un área extensa interconectadas permitiendo contar con una aumentación SBAS de carácter regional. Australia es el país más avanzado en este tipo de sistemas.
- > SBAS, *Aircraft Satellite-based augmentation system*. Comprende todos los sistemas de aumentación basadas en satélites. Los principales que han desarrollado actualmente sistemas SBAS son: el WAAS de Europa, el EGNOS de Europa y el MSAS de Japón. Se encuentran en proceso de desarrollo el GAGAN de India, y en proyecto de China (SNAS) y Latinoamérica (SACCSA).

PRESENTE Y FUTURO:

Como se ha expresado, la tecnología actual a nivel mundial está orientada fundamentalmente a receptores para posicionamiento y navegación que reciben señales de todos los GNSS a fin de tener cobertura en todo tiempo y lugar. Las aplicaciones disponibles se orientan principalmente a sistemas de navegación y aplicaciones geotopocartográficas: topografía; cartografía; geodesia; sistema de información geográfica (GIS); etc. También el mercado de la recreación: deportes de montaña; náutica; expediciones de todo tipo, etc., patrones de tiempo y sistemas de sincronización, aplicaciones diferenciales que requieran mayor precisión además de las aplicaciones militares y espaciales.

En cuanto al reparto del mercado los más importantes son la navegación marítima, la aérea y la terrestre. Con una flota de 46 millones de embarcaciones en todo el mundo, de los que el 98 por ciento son de recreo, la navegación marítima supone un mercado nada despreciable. Recreo, pesqueros, mercantes, petroleros, dragados y plataformas petrolíferas son perfectos candidatos al uso del GNSS. El volumen de venta de equipos está en torno a los 300 millones de dólares anuales.

En cuanto a la navegación aérea con unos 300.000 aviones en todo el mundo. El equipamiento de GNSS para navegación intercontinental o entre aeropuertos tiene una penetración anual del 5 por ciento (aproximadamente unas 15.000 unidades). Pero el auténtico mercado del GPS en el mundo es la navegación terrestre. Con 435 millones de usos turísticos y 135 millones de camiones es el más amplio mercado potencial de las aplicaciones comerciales del GPS. De hecho, el crecimiento de equipamiento de GPS mundial es en torno a los 2.000 millones de dólares anuales.

El 6 de abril de 2017 un Netjets Phenom 300 aterrizó en la pista 27 en el aeropuerto de Bremen, Alemania, después de disparar el primer sistema de aumentación basado en satélites (SBAS) en Alemania. Esta fue la primera vez que un avión de pasajeros utilizó la aproximación y aterrizaje asistido de EGNOS. El sistema SBAS para Europa es el servicio europeo de navegación geostacionaria (EGNOS), que complementa al GPS y otros sistemas GNSS para proporcionar una precisión de posición de uno a tres metros de los típicos 10 a 20 metros que entrega GPS.

La aproximación SBAS en Bremen es un procedimiento LPV-200 con mínimos de clima Categoría I de 200 pies (unos 60 metros) de altura de decisión y una visibilidad de media milla. En particular, las aproximaciones SBAS no requieren ninguna infraestructura terrestre una vez que los satélites geostacionarios EGNOS estén en su lugar para complementar las señales GPS.

AERO 2018 llevó a las partes interesadas de la industria de la aviación de Europa y de todo el mundo a Friedrichshafen, Alemania, en abril. En el evento, la Agencia Europea GNSS (GSA) mostró los beneficios de EGNOS, con un enfoque particular sobre sus beneficios en materia de seguridad para la aviación general.

El GSA está trabajando con la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA) para habilitar los enfoques de LPV en pistas sin instrumentos, y este trabajo incluye la celebración de consultas con las partes interesadas de la aviación y la preparación de materiales de promoción de seguridad para la comunidad de aviación general. Esto fue subrayado por el Equipo de Desarrollo de Mercado de GSA durante un taller específico que destaca las oportunidades de financiamiento para la aviación general.

Observando que EASA había establecido la introducción de los procedimientos de reglas de vuelo por instrumentos (IFR) como uno de sus objetivos estratégicos, la Oficial de Innovación para el Desarrollo de Mercados de Aviación de GSA, Katerina Strelcova, dijo que EGNOS estaba apoyando este objetivo, lo que permitía a un gran número de aeropuertos aumentar su accesibilidad a través de procedimientos IFR basados en GNSS. Anteriormente, esto solo era posible utilizando equipos terrestres muy caros, como los sistemas de aterrizaje por instrumentos (ILS). Strelcova hizo hincapié en que la mayoría de los modelos de aviones de aviación general ya son compatibles con LPV y, para muchos otros, hay soluciones de adaptación disponibles, que les permitirán aprovechar el hecho de que más de 500 procedimientos basados en EGNOS están operativos en aeropuertos europeos. No fue todo lo que se habló en AERO 2018: los visitantes del espectáculo aéreo tuvieron la oportunidad de conocer los beneficios de EGNOS para la aviación general, volando con EGNOS en un simulador, un elemento muy popular del stand de GSA.

El GPS es un actor económico y militar fundamental. Corea del Norte ha interferido el sistema GPS de Corea del Sur. Los satélites y el control de tierra son sometidos a ataques de tipo cibernético. Hay equipos (el ruso R-330ZH Zhitel) para producir interferencias. El programa GPS OCX está para renovar la infraestructura del control terrestre. Raytheon está encargada para su desarrollo. OCX está retrasado al menos dos años al igual que los nuevos satélites GPS III que usarán el software OCX. Mayflower ha sido designada para el programa MGUE, sobre un módulo receptor de avanzadas prestaciones militares. Para 2020 habrá un nuevo GPS.

¿Y después qué? Cuando el nuevo GPS quede obsoleto, el DARPA ya trabaja en conceptos de posicionamiento mixtos, ASPN (*All Source Positioning and Navigation*), que combinan satélites y sistemas inerciales, e incluso podrán utilizar otro tipo de señales de radio (radio comercial, de televisión o incluso de wifi).

Existe un futuro promisorio con respecto a los denominados acelerómetros cuánticos, el Ministerio de Defensa del Reino Unido ha desarrollado una nueva tecnología de localización: el acelerómetro cuántico, un sistema 1000 veces más preciso que el GPS. El funcionamiento de este nuevo sistema de acelerómetros cuánticos está basado en un sistema de láseres que atrapan y enfrían átomos hasta llevarlos a su estado cuántico. A partir de ese punto, se utiliza otro láser, el cual se encarga de calcular las variaciones de movimiento y de gravedad o aceleración sobre dichas partículas.

(*) Alejandro Marcelo Gazpio: Ingeniero Militar de la especialidad Geográfica, Coronel en retiro del Ejército Argentino. Se desempeñó como Subdirector del Instituto Geográfico Militar. Ha prestado servicios en el IGM de la República de Bolivia. Es perito Judicial. Se desempeña como profesor en la Escuela Técnica N° 3, distrito escolar 9°. Es analista del CEPTM "Grl Mosconi".

6.2

Evolución de los sistemas de información geográfica

Por el Teniente Coronel de Artillería Ing. Mil. Walter Allende [*]

ABSTRACT

Toda actividad humana posee una localización sobre el espacio geográfico y sobre alguna forma de relieve. El escenario militar también presenta esta morfología en su relieve, producto de la interacción de procesos geomórficos externos e internos. Las operaciones militares bien planificadas han necesitado del asesoramiento de especialistas en la geografía, quienes han determinado las ventajas del terreno para usarlas a favor así como sus desventajas y que pueden ser empleados por el enemigo, como las limitaciones naturales del terreno, determinación de accesos, etc.

Las nuevas tecnologías, particularmente los sistemas de información geográfica, permiten obtener la información necesaria, precisa y oportuna que necesita cualquier comandante para emplear a sus elementos en el Teatro de Operaciones, de manera que pueda “leer” el terreno y tomar la decisión más óptima y adecuada para el cumplimiento de la misión.

La guerra es muy dependiente de las características del terreno en donde se desarrolla. Según Erdmann: “el terreno es el común denominador de la geología y la guerra”.

INTRODUCCIÓN:

La geografía es una ciencia milenaria, que logró afirmarse como disciplina científica a finales del siglo XIX, con los valiosos aportes de Humboldt, Ritter, Richthofen y Ratzel, quienes lograron su inclusión y participación en las instituciones universitarias, mientras que se consolidaba además como una disciplina científica.

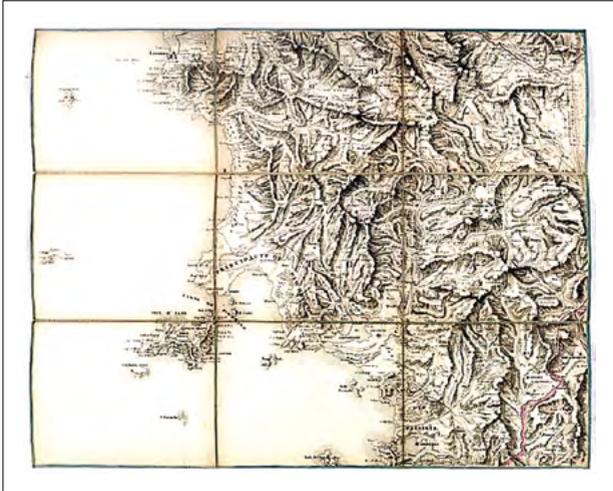
Esta disciplina trajo su interés en dos características particulares para abordar su objeto de estudio, el espacio geográfico de la superficie terrestre y el estudio de la interacción de fenómenos físicos y humanos, de las relaciones hombre – naturaleza.

El interés militar no escapa a esta disciplina, insertándose de lleno en ella, para lograr imponer su voluntad a la del enemigo.

Es sabido, a través de la historia, que el éxito de muchas operaciones militares se ve enormemente favorecido por la disponibilidad de cartas y mapas actualizados y adecuadas a la región a operar que incluyan toda la información posible de interés militar.

DESARROLLO:

Un ejemplo del éxito geográfico en las operaciones militares lo encontramos en los relatos del Teniente Coronel Bacler d´Albe, jefe de servicio cartográfico de Napoleón, quien tuvo una importante actuación en las guerras napoleónicas. A Napoleón se lo conoce como un gran consumidor de mapas, y durante la campaña de Italia de 1796 formó con los ingenieros geógrafos un servicio topográfico distinto al del Ejército, este era, el antecedente del futuro *Cabinet topographique de l'Empereur (Gabinete Topográfico del Emperador)*. Este servicio topográfico "privado" acompañó a Napoleón Bonaparte durante todas sus campañas militares, y mantiene a su disposición importantes colecciones de mapas topográficos y memorias geográficas.



Curiosamente, el Teniente Coronel Bacler d´Albe tuvo una activa participación en la Campaña Libertadora de Chile y en la Expedición Libertadora del Perú.

Participando de la campaña de Chile estuvo bajo el mando del General San Martín, levantando un plano del área que "por la exactitud absoluta y por la ejecución artística revela en su autor un verdadero ingeniero militar" y el 6 de diciembre de 1817, con el cuerpo de zapadores integró la división que, al mando de Gregorio de Las Heras, consiguió apoderarse del reduto del Morro.

Durante la campaña fue el responsable directo de la mayor parte de los trabajos topográficos realizados en apoyo a las operaciones militares, trabajo por lo cual es conocido hasta el día de hoy.

Durante la Segunda Guerra Mundial, los ejércitos emplearon una diversidad de mapas, como mapas estratégicos, mapas tácticos, mapas logísticos, mapas organizacionales, etc. Dependiendo de las necesidades, el mapa podía ser a gran escala hasta un área reducida o de escalas personalizadas, acorde a la necesidad del usuario.

En estos mapas se debía especificar con símbolos la ubicación de las fuerzas amigas y enemigas, así como de los accidentes del terreno. Además, se mostraban los movimientos de las unidades indicando no sólo su posición, sino las fechas y horas a partir de un momento determinado.

La Artillería empleaba mapas especialmente contruidos para realizar las misiones de fuego. También se confeccionaban mapas de zonas minadas indicando con precisión los senderos libres y marcas que los determinan, muy importantes a nivel táctico.

A nivel estratégico, la meteorología juega un papel muy importante, tanto para el Ejército como para la aviación y las operaciones anfibia, debiendo confeccionarse mapas climáticos con su propia simbología, y así definir los tiempos en las operaciones más importantes. Se confeccionaban, además, mapas descriptivos que garantizaban las comunicaciones siempre y cuando no hubiera obstrucciones del terreno.

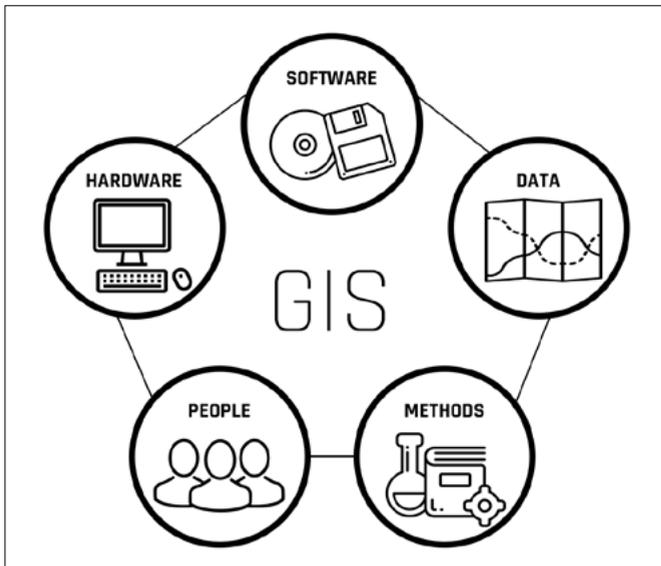
En el caso de las misiones aéreas, se empleaban mapas de navegación donde se especificaban las rutas a emplear. Los mapas de bombardeo aéreo incluían las referencias utilizadas para determinar los blancos primarios y secundarios. Los navegantes de los aviones de bombardeo contaban con mapas cartográficos, donde indicaban las zonas donde se concentraba la artillería antiaérea enemiga, de manera de trazar la ruta de regreso evitando ese peligro.

Durante esta gran guerra no existían las ayudas informáticas, por lo tanto, los cartógrafos debían recurrir a técnicas manuales donde la regla de cálculo, las tablas, nomogramas, tablero de dibujo, compás, transportador, papel, lápiz y goma de borrar eran las herramientas más importantes para su confección.



Actualmente, los sofisticados sistemas geográficos informatizados permiten imprimir mapas cartográficos para un efecto específico, tomando los datos requeridos de una base de datos que es actualizada en tiempo real.

La cartografía digital abunda en todos los sistemas y son fáciles de emplear en cualquier dispositivo que lo pueda portar. Hoy día se han reemplazado estos mapas y cartas topográficas en información digital, a través de herramientas como los sistemas de información geográfica, conocido con los acrónimos SIG en español o GIS en inglés, y que se define como un conjunto de herramientas que integra y relaciona diversos componentes (usuarios, hardware, software, procesos) que permiten la organización, almacenamiento, manipulación, análisis y modelización de grandes cantidades de datos que se encuentran espacialmente referenciados en el mundo real.



Los SIG nos permiten hacer un análisis exhaustivo del territorio en los ámbitos más diver-

sos. Son herramientas versátiles, con un amplio campo de aplicación en cualquier actividad que conlleve un componente espacial.

Es una herramienta que permite a los usuarios crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas las operaciones. El SIG toma importancia, entre otras cosas debido a que permite recopilar, almacenar, procesar y visualizar información geográfica por medio de elementos geométricos simples, como son: puntos, línea y polígonos que, en conjunto, representan entidades geográficas y variables espaciales mensurables y georreferenciadas.

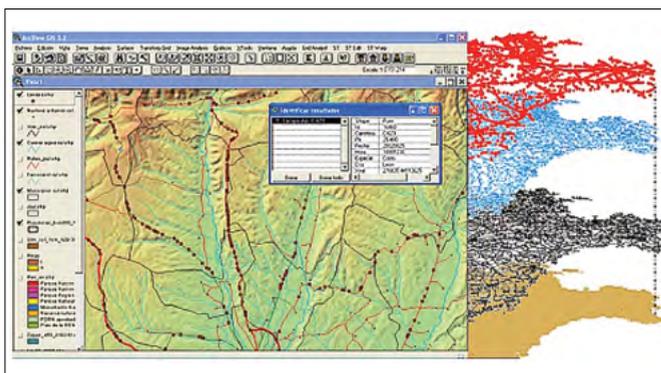
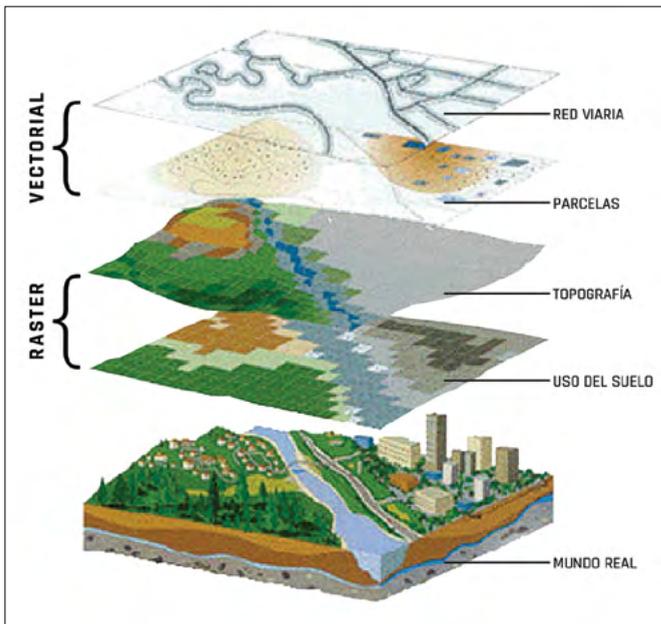
Un SIG puede verse de alguna manera como un modelo informatizado de la realidad geográfica que se vive en ese momento, para satisfacer una necesidad de información concreta y precisa, de manera que se pueda compartir y aplicar información geográfica útil basada en datos geográficos y mapas actualizados.

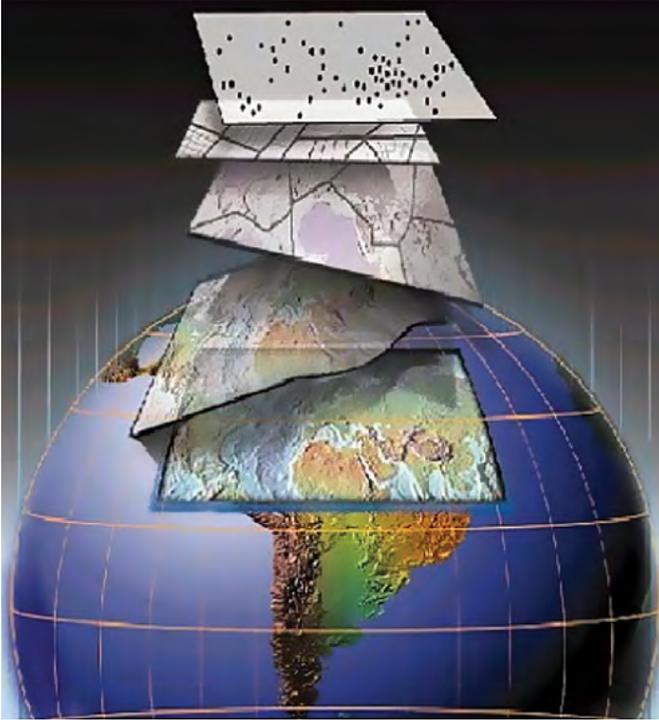
Recientemente se ha empezado a considerar el uso potencial de los SIG para otros campos y disciplinas, además de investigaciones científicas, área de minería, medio ambiente, arquitectura, agrimensura y, en particular, en la investigación en Ciencias Humanas y Sociales.

En el ámbito de la Defensa, los SIG pasan a ser considerados uno de los principales componentes de los Sistemas de Mando y Control. El Comando y Control es el ejercicio de la autoridad del Comandante para conducir las fuerzas militares puestas a su disposición para el cumplimiento de una misión determinada.

En todos los niveles de la conducción militar, los Comandantes de los distintos elementos, tienen la necesidad de información para planificar y ejecutar sus actividades operacionales, y especialmente información del tipo geográfico, debido a que será en el escenario geográfico donde deberá aplicar la fuerza para conquistar sus objetivos.

Si bien los mapas y cartas sirven a la administración del territorio, también sirve a la táctica y estrategia militar.





Toda información que es requerida por el comandante, debe ajustarse a los tres factores comunes de índole militar: enemigo, terreno y meteorología, obtenidas a través de distintos métodos, con capacidades distintas para entregar información geográfica.

La capacidad de adquirir información geográfica, detallada, actualizada, rápida, precisa y oportuna depende de las herramientas tecnológicas con que cuenta para procesar la información adquirida.

Esta información se debe sistematizar debido al gran volumen de información que se genera en los conflictos modernos, haciendo que el SIG permita brindar una respuesta rápida y eficiente, ante la demanda masiva de usuarios.

Teniendo en cuenta los niveles de la conducción y los aspectos militares que afectan el proceso de decisión, un SIG militar debería contar con los siguientes requisitos específicos:

1. Requisitos geográficos:

- > Para un mejor aprovechamiento del sistema, debe tener la capacidad de contar con información geográfica común y específica.
- > Debe contar con una cartografía del tipo digital, actualizada y con la toponimia y atributos del escenario geográfico, que sirva al nivel de la conducción en que se emplee.
- > Debe permitir que los usuarios de SIG puedan materializar cambios y/o actualizaciones del tipo general y específico.
- > Debe contar con una base de datos que incluya información estadística de clima e información meteorológica.

2. Requisitos tecnológicos:

- > Los SIG deben contar con equipos y software actualizados de manera que puedan satisfacer las necesidades y requerimientos de información geográfica acorde al usuario.
- > Capacidad de realizar consultas geográficas al SIG militar sobre existencia, localización y propiedades de entidades geográficas, de interés para la fuerza.
- > Capacidad para analizar, integrar y procesar información gráfica (base de datos espacial) y de atributos (base de datos alfanuméricos).
- > El SIG deberá permitir la interacción entre los usuarios, de manera de poder aumentar su eficiencia, especialmente en casos de rapidez y oportunidad de la información requerida.

- > Su configuración deberá ser flexible, de manera de poder utilizar y adecuar las aplicaciones específicas, como imágenes satelitales, GPS, video, ortofoto, etc.
- > Deberá contar con un sistema de integración de la información, que permita al comandante y su Estado Mayor, analizar los datos, y obtener conclusiones válidas para accionar sobre el enemigo y el terreno.

3. Requisitos de carácter administrativo:

- > Deberá poseer la capacidad de manejar una gran cantidad de datos, teniendo en cuenta que realizar de forma manual su proceso es complejo. Por ello, es necesario poder definir en forma concreta cuáles son los requerimientos de información de temática militar que requiere el sistema, de manera que constituya un aporte preciso y oportuno al comandante y su Estado Mayor, como para los escalones dependientes que harán uso de este sistema.
- > Deberá contar con personal capaz de realizar en forma correcta, las tareas de análisis y recolección de los requerimientos geográficos.
- > Para manipular un SIG, se deberá contar con personal especialista en la materia geográfica, con conocimiento informático para su adecuado uso y efectuar una detallada recopilación de los antecedentes geográficos, de manera de conformar una base de datos accesible.
- > Para el desarrollo y funcionamiento de un SIG, se deberá contar con los recursos financieros necesarios que permitan tener una herramienta actualizada y vigente conforme a los adelantos tecnológicos que se vayan originando.

Desde el punto de vista militar, los SIG pueden abarcar distintos niveles, según el tipo de conducción que lo emplee, por lo cual se realiza un ordenamiento y clasificación para una mayor claridad.

1. Personal:

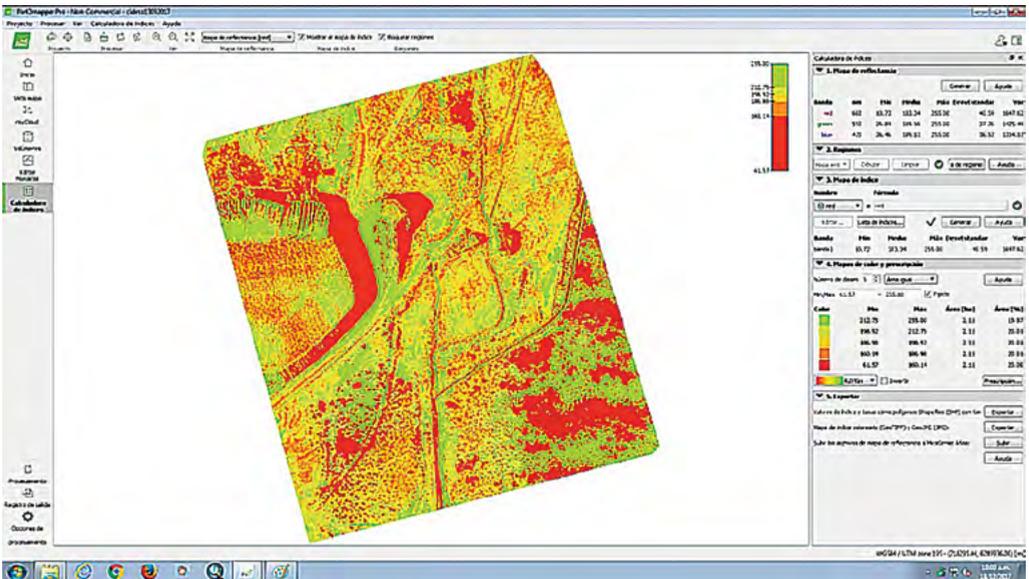
- > Ubicación y despliegue de instalaciones administrativas.
- > Ubicación y protección de zonas de obras de arte en su zona de responsabilidad.
- > Ubicación, característica y antecedentes de la población civil en la zona en que se encuentra operando.

2. Inteligencia:

- > Conocimiento del escenario, con sus características y atributos para la estructuración de futuras posibilidades de empleo.
- > Determinación de áreas peligrosas por las características del terreno y de la acción del enemigo.
- > Determinación de posibles objetivos capaces de ser atacados por el enemigo.

3. Operaciones

- > Determinación y localización de objetivos de interés.
- > Determinación de puestos de observación, patrullas de vigilancia, observadores adelantados, etc.
- > Estudio y análisis de obstáculos naturales y artificiales.
- > Determinación y localización de zonas y/o lugares aptos para la concentración y reunión de los propios elementos.
- > Determinación y localización de zonas aptas para el empleo de medios blindados, mecanizados, aerotransportados y comandos.



4. MATERIALES:

- > Determinación y localización de zonas aptas para el despliegue de las zonas logísticas.
- > Determinación de lugares de abastecimiento.
- > Determinación de zonas de explotación de agua para el personal (superficiales, mapas subterráneos, etc.).
- > Determinación y localización de lugares aptos para la explotación de la zona.

La estandarización estructural de los SIG y de los formatos empleados ha permitido el empleo de información proveniente de diferentes fuentes, ampliando la diversidad del dato geoespacial, las capacidades de análisis y de integración.

El empleo de lenguajes de modelamiento virtual como VRLM ha permitido a los SIG, la visualización del terreno en 3D con gran realismo, lo que amplía en gran medida la capacidad de simulación y el análisis causa-efecto.

Sumado a esto, la alta capacidad de integración con otras tecnologías hace que el SIG pueda ampliar sus posibilidades de uso y la eficiencia del análisis espacial, tales como la teledetección y el sistema de posicionamiento global.

Otro dato importante lo constituye la capacidad tecnológica actual de poder realizar mapas en 3D, conocidos como Modelos Digitales de Elevación (MDE), los cuales permiten ver la representación del terreno en las tres dimensiones, pudiendo con ello determinar cotas, alturas, zonas vistas y no vistas, perfiles, pendientes, etc.

Durante once días de febrero de 2000 un transportador espacial de la NASA se dedicó a realizar un alzado topográfico del 80 por ciento de las tierras del planeta utilizando un radar interferométrico de apertura sintética. Este proyecto, conocido como la Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), liderado por la NASA/NGA, ha permitido disponer de un MDE casi global del planeta con una resolución espacial de unos noventa metros y con una precisión altimétrica de unos dieciséis metros que se ha puesto a disposición de toda la comunidad geográfica.

CONCLUSIONES:

La cartografía ha tenido un cambio muy significativo desde el primer mapa encontrado en las excavaciones de Ga-Sur a 300 kilómetros de la antigua Babilonia, que consistía en una placa de barro cocido en la cual se representaba el valle del Río Éufrates, rodeado de montañas, hasta la segunda mitad del siglo XX. Se ha pasado en poco tiempo de tener una cartografía casi secreta, en manos de algunos ejércitos o estados, y de manera muy limitada, a una enorme disponibilidad e incluso de manera gratuita al acceso de esta información.

Se han creado servidores informáticos que han facilitado la cartografía temática, y colocado al alcance de cualquier usuario. Estos servidores permiten visualizar mapas, localización, identificación de atributos, consultas sencillas e incluso conexión a bases de datos remotas para crear mapas temáticos.

La cartografía topográfica y sus derivados se están extendiendo a través de la red. Disponer de la información topográfica en forma de Modelos Digitales de Elevación y visualizados en un Sistema de Información Geográfica hacen cada vez menos necesario el recurso a las tradicionales hojas del mapa topográfico.

Esta disponibilidad prácticamente global de información permite contar con estos datos de forma precisa, rápida y oportuna, de manera de poder tomar una óptima y adecuada toma de decisiones.

Todas estas capacidades mencionadas, acreditan de manera bastante sólida la importancia de tener acceso a esta herramienta, dado que su correcta explotación, puede marcar la diferencia entre la victoria y la derrota. Un ejemplo de ello lo constituyó la asimetría tecnológica que se pudo evidenciar en la guerra de Irak, en la que tropas aliadas obtuvieron con gran celeridad la victoria en el campo de batalla.

En el caso de un SIG militar, esta herramienta potencia las decisiones del comandante y su Estado Mayor, basándose en los tres puntos principales: enemigo, terreno y meteorología, logrando con ello el mejor modo de acción para el cumplimiento de la misión.

BIBLIOGRAFIA:

- > EST (1980), *Escuela Superior Técnica, Grl. De Div. D. Manuel Nicolás Savio*, Escuela Superior Técnica, Buenos Aires.
- > GARCIA ENCISA, I. J (1969) *Historia del Colegio Militar de la Nación*, Círculo Militar, Buenos Aires.
- > IGM (1912-1951), *Anuario del Instituto Geográfico Militar de la República Argentina*. IGM, Buenos Aires.
- > IGM (1951), *Reseña Histórica del Instituto Geográfico Militar. Su misión y su obra*, IGM, Buenos Aires.
- > IGM (1979), *100 años en el quehacer cartográfico del país (1879-1979)*. IGM, Buenos Aires.
- > LOIS, C. (2000) “La elocuencia de los mapas: un enfoque semiológico para el análisis de cartografías” en: *Documents d’Analisi Geogràfica*, núm. 36, Universitat Autònoma de Barcelona – Universitat de Girona.
- > LOIS, C. (2004), “La invención de la tradición cartográfica”, en *Litorales. Teoría, método y técnica en geografía y otras ciencias sociales*, N° 4
- > MENDOZA VARGAS, H. (2001), “Los ingenieros geógrafos de México: los orígenes académicos y los desafíos del siglo XIX”, en *Terra Brasilis. Dossier América Latina* N° 3.

(*) **Walter Fabio Allende:** Teniente Coronel de Artillería del Ejército Argentino; Ingeniero Geográfico por el Instituto Universitario del Ejército (Escuela Superior Técnica); Especialista en Higiene y Seguridad por el Instituto Universitario del Ejército (Escuela Superior Técnica); Licenciado en Estrategia y Organización con orientación a la Información por el Instituto Universitario del Ejército (Escuela Superior de Guerra); Docente de la Facultad de Ingeniería del Ejército.

7. CETPM “Grl. Mosconi” año 2018

INTEGRANTES

Consejo Directivo

- > Decano: Cnl My Ing Mil Marcos Horacio Mansilla
- > Dir CEPTM: Cnl Ing Mil Juan Carlos Pérez Arrieu
- > Subdirector FIE: Cnl Ing Mil Anibal Luis Intini
- > Sec Académico: Cnl Ing Mil Alejandro Miguel Dal Maso
- > Sec Investigación: Cnl Ing Mil Jorge Héctor Gandini

Director CEPTM “Mosconi”

- > Cnl Ing. Mil. Juan Carlos Pérez Arrieu

Consejo Consultivo

- > Dr. Adrián Canzian
- > Ing. Arístides Domínguez
- > Dr. Carlos Iglesias Mónica
- > Cnl Ing. Mil Miguel Ángel Juárez
- > Ing. Nicolás Méndez Guerin (†)
- > My Dr. Eduardo Serrano (†)

Analistas

- > Cnl My Ing. Mil. Hector Daniel Anfuso: Armamento; Sistemas de armas de Caballería
- > Cnl Ing Mil José Alberto Guglielmone: Simulación; Sistemas de armas de Artillería
- > Cnl Ing Mil Fernando López: Informática; Sistemas de armas de Infantería
- > Cnl Ing Mil Carlos Hugo Trentadue: Química; Sistemas de Armas de Artillería
- > Cnl Ing Mil Juan Carlos Villanueva: Armamento; Sistemas de armas de Infantería
- > Grl Ing Mil Alberto Corvalan: Informática; Sistemas de armas de Artillería
- > Cnl Ing Mil Alejandro Gazpio, Geociencias; Emergencias y Catástrofes; Sistemas de armas de Ingenieros

Antena territorial de defensa y seguridad

- > Coordinador: Grl Ing Mil Alberto Corvalan

Observatorio Tecnológico Militar Mosconi (OTM) FIE

- > Responsable: Analistas y Coordinador VT del CEPTM Mosconi

Observatorio Emergencias y Catástrofes (OEC) FIE

- > Responsable: Cnl Ing Mil Alejandro Gazpio

Observatorio Tecnológico Aeroespacial (OTA) de la ESGA FAA

> Enlace: Brig My Alejandro Moresi

Observatorio Argentino Del Ciberespacio (OAC) de la ESGC FAA

> Enlace: Tcnl Ing Mil Carlos Federico Amaya

Área Vigilancia Tecnológica

- > **Coordinadora VT** Lic. E. Magalí Minian
- > Lic. Ignacio de la Torre
- > Tte SCD Fernando Vera Batista

Observadores Tecnológicos 2018

- > Cap. Victor Julián Díaz – Agrimensura (Orientación Geográfica)
- > Sr. Facundo Carlos Pattarone – Automotores
- > Cap. Fernando Daniel Quinodoz – Armamentos
- > Cap. Luciano Damián Morales– Armamentos

Colaboradores del CEPTM

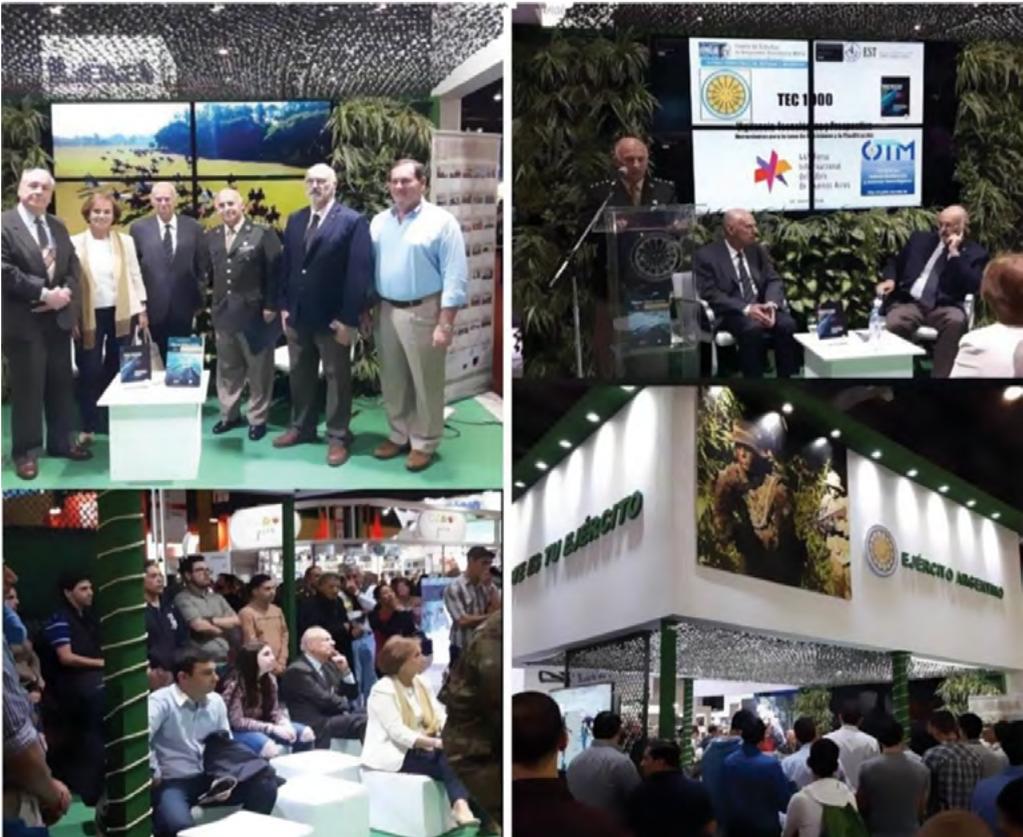
- > Tcnl Ing Mil Carlos Amaya
- > Tcnl Walter Allende
- > My Ing Mil Roberto Corti
- > Grl Ing Mil Dr. Enrique Rodolfo Dick
- > Esp Lic Rodrigo López Lío
- > Cnl Ing Mil Marcos Horacio Mansilla
- > Brig My Mag Alejandro Moresi
- > Lic. Carlos Requena
- > Cnl OEM Mg Bernardo Herrero
- > Esp. Lic. Nancy Verónica Pérez
- > Esp Ing Miguel Guagliano

PRINCIPALES ACTIVIDADES Y EVENTOS DEL CEPTM DURANTE EL AÑO ACADÉMICO 2018

El 5 de abril de 2018 se aprobó mediante Disposición Nro. 211/18 la actualización del Reglamento Interno del Centro de Estudios de Prospectiva Militar “Grl Mosconi” - CEPTM, fundado en la experiencia recogida y la evolución de la organización después de tres años de funcionamiento.

Se pone en funcionamiento la Antena Territorial de Defensa y Seguridad con la Colaboración del Programa VINTEC del Ministerio de Ciencia y Tecnología. A esto se suman los proyectos de Observatorios de Ciberseguridad y Aeroespacio, de la Escuela Superior de Guerra Aérea (ESGA) y la Escuela Superior de Guerra Conjunta (ESGC).

El 19 mayo de 2018 se realizó la Presentación de la publicación TEC1000 en la 44ª Feria Internacional del Libro de Buenos Aires.



Durante todo el año académico se realizan reuniones semanales de los miembros del Centro e invitados para discutir y compartir conocimiento sobre tecnología para la defensa.

CAPACITACIÓN

- > En el mes de marzo a solicitud del Observatorio Tecnológico Aeroespacial de la ESGAFAA se llevó a cabo un cursillo de tres clases en la **Escuela Superior de Guerra Aérea-ESGA** sobre Prospectiva, Insumos para el Planeamiento y Herramientas para la VTeIE, a la cual asistieron alrededor de 30 alumnos y que estuvo a cargo del Cnl Juan C. Perez Arrieu, Cnl Juan C. Villanueva; Cnl Jose A. Guglielmone y la Lic. Magali Minian.



- > Como es habitual en cada año, durante los meses de junio y julio se llevó a cabo la capacitación sobre Herramientas para la Vigilancia Tecnológica a los observadores tecnológicos del CEPTM, alumnos de las carreras de ingeniería de la FIE. En esa oportunidad se incorporó personal de la Fuerza Aérea Argentina (Observatorio Tecnológico Aeroespacial - OTA). Esta capacitación estuvo a cargo de la Lic. Magali Minian, coordinadora del área de Vigilancia Tecnológica del CEPTM.
- > El 15 de agosto se realizó una charla sobre Vigilancia Tecnológica y Prospectiva: Herramientas para la toma de Decisiones y la Planificación en el IIFA - Instituto de Inteligencia de las Fuerzas Armadas, a cargo del Director del CEPTM: Cnl Juan Carlos Perez Arrieu y el Cnl Alejandro Gazpio.
- > Durante agosto y septiembre se realizó por segundo año consecutivo, el Ciclo de Conferencias sobre Tecnología Militar para cadetes del Colegio Militar de la Nación, con nuevas temáticas:

- > Conocimiento C&T y poder militar en el siglo XXI. Las guerras del futuro por el Coronel Juan Carlos Perez Arrieu.
 - > Energía Nuclear y Defensa. Tendencias y nuevos proyectos por el Coronel Dr. Osvaldo Azpitarte.
 - > Seguridad en la información. Amenazas y desafíos por el Coronel (R) VGM OIM José Fernando López.
 - > GPS en el Ámbito de la Defensa por el Coronel Ingeniero Militar (R) Alejandro Gazpio
 - > Guerra Electrónica por el Coronel Ingeniero Militar Jose Alberto Guglielmo.
 - > Armas Antitanque por el Coronel Ingeniero Militar Juan Carlos Villanueva y el Teniente Primero Fernando Daniel Quinodoz.
- > Los días 18 octubre de 2018 y 1 de Noviembre se llevaron a cabo las **Jornadas de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Estratégica** con apoyo del programa VINTEC del MINCyT, cuyo objetivo es sensibilizar sobre la temática, y concientizar acerca de su utilidad para las organizaciones. Estuvo dirigido a la Comunidad Académica de la Facultad de Ingeniería del Ejército (Alumnos, docentes, investigadores), personal de las Fuerzas Armadas y Fuerzas de Seguridad.



PUBLICACIONES

La edición "TEC 1000" año 2017 se terminó de imprimir en mayo con un volumen de 200 ejemplares. En esta se presentan los distintos estudios de Vigilancia Tecnológica en el Área de Defensa y Seguridad; elaborados por los Analistas del CEPTM y Observadores Tecnológicos. Se puede acceder a su versión digital mediante el siguiente enlace: <http://www.ceptm.iue.edu.ar/tec1000-17/>



Esta ha sido registrado mediante los siguientes códigos:

ISBN 978-987-20417-4-8

ISSN 2591-4162

NEWSLETTERS del Observatorio Tecnológico Militar (OTM)

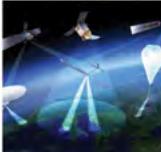
Como es habitual en el CEPTM, se envía todos los meses un newsletter en el cual se difunden las principales noticias seleccionadas por los analistas del Centro Grl Mosconi.

> ENERO <https://mailchi.mp/b1dbbcbcd1105/lw5d0r49gm-1382081>

Enero 2018



Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Grl. Mosconi (CEPTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.



**HECHOS PORTADORES DE FUTURO
CISR – ENTRE EL DRON Y EL
SATELITE. PLATAFORMAS AÉREAS
DE GRAN ALTITUD**

La Agencia Espacial Europea (ESA) se está planteando ampliar sus actividades a una nueva región del cielo gracias a un novedoso tipo de vehículo aéreo, una especie de 'estabón perdido' entre los drones y los satélites... Los 'pseudosatélites de gran altitud' (HAPS) son plataformas que flotan o vuelan a una altitud elevada (entre 10 a 20Km) como las naves convencionales, pero que funcionan como satélites, salvo porque en lugar de operar desde el espacio pueden mantener su posición en la atmósfera durante semanas o meses, ofreciendo cobertura continua del territorio que cubren.

[Leer + >>](#)



**ARMAMENTOS
CAÑÓN ELECTROMAGNÉTICO
(RAILGUN) PARA SU EMPLEO EN
BLINDADOS**

BAE Systems ha expresado que el empleo de cañones electromagnéticos en blindados es posible, inclusive como una opción para equipar a la nueva generación de VEHICULOS DE COMBATE FUTURO (Future Fighting Vehicle - FFV), que se espera reemplace al Vehículo Bradley en el US ARMY. Este tipo de armas, originalmente pensadas para su empleo desde plataformas navales, están siendo ensayadas para su utilización también en plataformas terrestres, como artillería de campaña 155mm y blindados.

[Leer + >>](#)



**ELECTRÓNICA
ENJAMBRES DE DRONES
LANZADOS DESDE
AERONAVES DE TRANSPORTE**

La Agencia de Proyectos de estacionarias DARPA, desarrolla en forma conjunta con las empresas GENERAL ATOMICS y DYNETICS, un ambicioso proyecto que permita el empleo de 'enjambres' de Drones (Swarm of drones) que puedan ser lanzados desde una plataforma aérea. Se tiene previsto presentar para el 2016, un prototipo funcional que permita validar la capacidad de lanzar y recuperar enjambres de Drones, equipados y programados para el desarrollo de misiones específicas, individuales o de conjunto. En esta primera etapa se prevé que los drones sean lanzados desde aeronaves C130.

[Leer + >>](#)



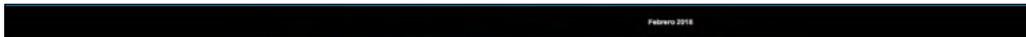
**QUÍMICA
DETERMINACIÓN DE LA LEY
DE COMBUSTIÓN DE UN
PROPULSANTE BAJO
CONDICIONES
EXPERIMENTALES
BALÍSTICAS**

Las características principales de un ensayo balístico son la máxima presión en el cámara de combustión $P_{máx}$ y la velocidad del proyectil en el momento de dejar el tubo (velocidad inicial) U_M . En este trabajo, la ley de combustión de un combustible de gran energía ha sido determinada en un ensayo. Esta ley de combustión fue utilizada para un estudio paramétrico de la función $P_{máx}$ y U_M de una carga de pólvora. Se obtuvieron las condiciones óptimas de carga para mejorar la velocidad inicial en 14,9% con presiones máximas de hasta 800 MPa.

[Leer + >>](#)



> FEBRERO <https://mailchi.mp/d9ceb60e8ea8/lw5d0r49gm-1384453>



Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Grl. Mosconi (CEPTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.



**HECHOS PORTADORES DE FUTURO
REALIDAD AUMENTADA
LA POLICÍA CHINA RECIBE
ANTEJOS PARA IDENTIFICACIÓN
DE PERSONAS**

A partir del 1ro de febrero del contenido, el sistema comenzó a funcionar en Zhengzhou, la capital de la provincia de Henan, por ahora es una prueba que revive la polémica de la relación entre Seguridad y Libertad.

La policía explora a la multitud en busca de delincuentes utilizando antojos milioi Clavis de Google con software de reconocimiento facial. Este grupo representa la primera ola de policías en China equipados con gafas inteligentes, lo que les permite una mayor seguridad en medio de la próxima fiebre del año nuevo Lunar, el período de viaje más activo del año en el país. Es un nuevo avance del mundo digital al estilo ciencia ficción de Matrix comenta el periódico chino.

Leer + >>



**ELECTRÓNICA
EL REINO UNIDO PRESENTA
EL SISTEMA DE DEFENSA
AÉREA SKY SABER CON EL
SISTEMA BMCAI DE RAFAEL**

El sistema de misiles de defensa aérea "Sky Saber" fue presentado recientemente por el ejército británico. El sistema tiene tres componentes principales: el lanzador BMCAI que dispara el misil CAMM, el sistema de orientación por radar Saab (jraf) y el sistema de gestión de batalla, comando, control, comunicaciones, computadoras e inteligencia (BMCAI) de Rafael. Se espera que Sky Saber entre en funcionamiento en el 2020.

Leer + >>



**INFORMÁTICA
PROCESADORES DE APRENDIZAJE
PROFUNDO PARA DISPOSITIVOS**



**ARMAMENTOS
NUEVOS SISTEMAS DE ARMAS QUE
LLEGARON EN 2017**

Durante el año 2017, fueron presentados algunos sistemas de armas cuya tecnología verdaderamente revolucionaria, podrá modificar los escenarios de batalla futuros.

Misiles antibuque de gran alcance, drones operando en "enambres", la versión modernizada de tanque M1 ABRAMS, el misil hipersónico ruso ZIRCON, los Hypersonic Glide Vehicle, capaces de ser lanzados desde misiles balísticos, son algunos de los sistemas que obligarán a las grandes potencias, a implementar nuevos proyectos que permitan estar en capacidad de hacer frente a estas modernas amenazas. En especial, los avances demostrados por Rusia y China, en el campo de las armas antibuque, presentan un verdadero desafío para los sistemas de defensa aérea y misilística convencionales de las más modernas Fuerzas Navales, incapaces de hacer frente a amenazas tales como los misiles hipersónicos.

Leer + >>



**INDUSTRIA
BARÓMETRO DE INNOVACIÓN
GLOBAL DE GE 2018**

Desde el año 2010, General Electric, una de las mayores empresas del mundo, publica su reporte anual sobre innovación en el mundo y acaba de publicar el de este año. El amplio informe analiza los factores que impulsan la innovación global y está construido a partir de las respuestas de casi 2100 empresarios relacionados a temas de innovación en negocios de 20 países.

Este año han sido identificados como factores críticos vinculados con el tema: el impacto de la producción aditiva; el reconocimiento de la innovación en cualquier línea de negocios para mejorar la situación de las empresas; la diferencia entre el despliegue publicitario (hype) y la realidad sobre el impacto de algunas tecnologías sobre la rentabilidad; el impacto de la

> MARZO <https://mailchi.mp/1e3d1fa9c982/lw5d0r49gm-1440549>



Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar G.H. Mosconi (CEFTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de Ingeniería.



HECHOS PORTADORES DE FUTURO

HYPERSONICS WEAPONS
EL EJERCITO EEUU PIENSA DESPLGAR LAS PRIMERAS ARMAS HIPERSÓNICAS TERRESTRES PARA EL AÑO 2022
 El Jefe de Estado Mayor del Ejército de los E.E.U.U., El General Mark Milley, le dijo al Congreso que podría desplegar armas hipersónicas operativas para el año 2022. El Ejército y la Armada, están en proceso de mejorar los cañones grandes existentes con proyectiles de hipervelocidad. Un innovador sistema llamado Hyper Velocity Projectile permitiría que los obuses pesados del Ejército y las armas de cubierta de la Armada disparen proyectiles que puedan derribar los misiles balísticos. La ayuda ahora viene de un lugar impensado, los obuses M109A6 Paladin y M777 155 milímetros del ejército de E.E.U.U. viajando a 5,900 millas por hora, los proyectiles podrían interceptar las cabezas de misiles balísticos entrantes a una proyección de \$ 86,000 por disparo.

[Leer + >>](#)



ELECTRÓNICA

EJÉRCITO DE EEUU REVIS SU RED DE COMUNICACIONES
 El Ejército de E.E.U.U. sabe que su red no funcionará en una gran guerra. Es demasiado vulnerable al hackeo y al ataque, demasiado engorroso para desplegar y configurar, muy difícil de usar para los soldados. Es por eso que el General Mayor Pete Galticher, jefe del equipo funcional cruzado que lidera la revisión de la red, expresa su punto de vista.

[Leer + >>](#)



ARMAMENTOS

HELIOS: PRIMER ARMA LÁSER INSTALADA EN UN DESTRUCTOR DE LA US NAVY

Debido a los progresos alcanzados por LOCKHEED MARTIN, en el desarrollo de Sistemas de Armas de Energía Directa, y particularmente "Laser de Alta Potencia" (HEL: High Energy Laser)" para la flota de la US NAVY, se estima que en el año 2020 el sistema HELIOS estará operativo en los modernos buques de la clase ARLEIGH BURKE. Con una potencia de hasta 150Kw y capacidad de disparo limitada, puede neutralizar la amenaza de drones, aeronaves de baja velocidad y pequeñas embarcaciones, con mayor eficiencia y menor costo que los misiles o armas de tubo, que integran actualmente los sistemas de Defensa Aérea tradicionales. De esta manera, se convertirá en el Arma de Energía Directa de mayor potencia, alistada para el combate en una plataforma naval.

[Leer + >>](#)



INFORMÁTICA

ARQUITECTURAS DE REFERENCIA PARA INTERNET DE LAS COSAS

Una arquitectura de referencia en el desarrollo de software se refiere a las soluciones de plantilla específicamente adaptadas a un dominio particular; las mejores prácticas y la orientación para la interoperabilidad.

[Leer + >>](#)

- Share
- Tweet
- Forward
- +1
- Share

Derechos Reservados © 2016, Centro de Estudios G.H. Mosconi - Prospectiva Tecnológica Militar
<http://www.ceftm.luz.edu.ar/> - cf@ceftm@ceftm.luz.edu.ar
 OTM - Observatorio Tecnológico de la Defensa
 Avenida Corrientes 29, 11400Buenos Aires
 Ciudad Autónoma de Buenos Aires
 República Argentina
 Actualizar sus preferencias o Datos de todo de esta suscripción

> **ABRIL** <https://mailchi.mp/425a204e0d6d/lw5d0r49gm-1457613>

Abril 2018



Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Grl. Mosconi (CEPTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.



**HECHOS PORTADORES DE FUTURO
MISILES HIPERSONICOS
NUEVOS DESAFIOS**

TECNOLOGICOS Y AMENAZAS
Un informe de la RAND Corporation advierte sobre el peligro de los misiles hipersónicos, viajan a una velocidad de una milla por segundo o más, al menos cinco veces la velocidad del sonido. Son capaces de evadir y ocultar sus objetivos precisos de las defensas hasta segundos antes del impacto. Esto deja a los objetivos casi sin tiempo para responder. Además, tales armas son capaces de destruir blancos sin ningún explosivo, usando solo su energía cinética. Como responder?

[Leer >>>](#)



**ELECTRÓNICA
LOS ROBOTS REEMPLAZAN A
LOS SOLDADOS EN EL
PRIMER EJERCICIO
AFECTURA Y REMOCIÓN DE
OBSTÁCULOS.**

Los humanos pasaron a un segundo plano durante un ejercicio desarrollado en GRAFENWOEHR, Alemania, cuando los vehículos de ingenieros UK Terrier controlados por control remoto limpiaron un campo mirado simulado y tendieron un puente sobre una zanja de tanques, así estos robots eliminaron los obstáculos para que puedan pasar los tanques y vehículos de combate tripulados.

[Leer >>>](#)



**QUÍMICA
PROGRAMA SIGMA (+) DE DARPA
PARA AMENAZAS CBRNE**

DARPA busca expandir la detección de amenazas Radiactivas y Nucleares en tiempo real, incluyendo sensores biológicos, químicos y de explosivos. Las tecnologías avanzadas disponibles comercialmente, como la fabricación aditiva (impresión en 3-D), los reactores químicos a pequeña escala para productos farmacéuticos y las herramientas de manipulación de genes CRISPR, han abierto un amplio acceso a la exploración y el descubrimiento.



**ARMAMENTOS
EMPLO DE 3D-PRINTING PARA LA
FABRICACION DE CABEZAS DE
GUERRA DE MISILES
HIPERSONICOS.**

El impulso que las grandes potencias como EUA, Rusia y China, están dando al desarrollo de sistemas de armas hipersónicas, ha motivado que empresas como ORBITAL ATK, inviertan anticipadamente, en el desarrollo de componentes para las cabezas de guerra de misiles hipersónicos, fabricados mediante Additive Manufacturing (3D - Printing). El crecimiento exponencial de los proyectos relacionados con Armas hipersónicas, ha promovido una verdadera "sarrera" de las grandes potencias, por estar a la cabeza en el desarrollo de estos revolucionarios sistemas. Y obviamente, ello implicará la asignación de cuantiosas partidas presupuestarias, por lo que las empresas invierten preventivamente en I+D para no quedar fuera de la competencia.

[Leer >>>](#)



**NEURÓMATICA
EL "GRAN HERMANO" INDIO HACE
ESCANEO OCULARES Y DE
HUELLAS PARA LOS SERVICIOS
PÚBLICOS**

India ha creado un sistema de identificación de un sicario sin precedentes, escaneando las huellas digitales, los ojos y rostros de sus 1300 millones de habitantes y vincula esa información con el acceso a servicios básicos y prestaciones sociales.

[Leer >>>](#)

- [Share](#)
- [Tweet](#)
- [Forward](#)
- [+1](#)
- [Share](#)

> MAYO <https://mailchi.mp/732072566ac0/lw5d0r49gm-1474633>

Mayo 2018



Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Gr. Mosconi (CEPTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.



**HECHOS PORTADORES DE FUTURO
PROSPECTIVA MILITAR
NUEVO COMANDO DEL US
ARMY "FUTURES COMMAND"**

El US Army anunció que estaba considerando 15 ciudades para la sede de un nuevo Comando de "Futuro", cuya principal finalidad es impulsar el cambio tecnológico en el ejército. Como exigencia su cuartel debería estar cerca de universidades y compañías tecnológicas y la ciudad anfitriona debe tener experiencia laboral en bionética, química, hardware y software, electrónica, materiales y sistemas mecánicos. Se espera que el próximo verano ya esté en operaciones. Los funcionarios dicen que es la reorganización más importante desde 1973.

[Leer >>>](#)



**ELECTRÓNICA
PREOCUPACIÓN DEL
COMANDO DE OPERACIONES
ESPECIALES(EEVU), POR LOS
AVANCES EN LAS
TECNOLOGÍAS COMERCIALES,
QUE SUPERAN A LOS
EQUIPOS MILITARES EN EL
CAMPO DE COMBATE.**

El jefe del Comando de Operaciones Especiales está preocupado que la tecnología más avanzada que usan sus tropas hoy en día, está envejeciendo, dados los rápidos avances en las tecnologías comerciales que han superado a los equipos de nivel militar. En cualquier enfrentamiento futuro con un enemigo similar o un grupo insurgente, no podemos asumir que vamos a tener acceso a nuestro equipo, nuestros satélites y nuestras comunicaciones", dijo el capitán Anthony Baker, comandante adjunto de los EE. UU. operaciones en Europa.

[Leer >>>](#)

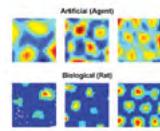
- Share
- Tweet
- Forward



**ARMAMENTOS
EL MISIL DE CRUCERO MTC-300 EN
SU ETAPA FINAL DE DESARROLLO**

En el marco del Programa de Lanzadores Múltiples de Cohetes ASTROS 2020, la compañía Brasileña AVIRBRAS se encuentra en la etapa final de desarrollo de su Misil de Crucero MTC-300. Con un alcance de 300 km y precisión de 50 m, constituye un importante avance en el desarrollo local de tecnología de Misiles de Crucero para el citado país. Se prevé la realización de ensayos en 2019 y la primera entrega al Ejército del Brasil en 2020. Este nuevo sistema, constituye la 8ta generación de Lanzadores Múltiples de cohetes y misiles, que se inició hace 35 años. De esta manera, Brasil muestra una vez más los resultados que se logran, al mantener una política de I&D sostenida en el tiempo, con programas específicos orientados al desarrollo de vectores de uso militar y civil.

[Leer >>>](#)



**INFORMÁTICA
LA IA APRENDE POR SORPRESA A
ORIENTARSE IMITANDO EL "GPS
NEURONAL"**

DeepMind ha descubierto que una red neuronal artificial puede destripar, de manera espontánea, algo similar a las neuronas de navegación del cerebro. Así, una inteligencia artificial pudo encontrar la salida de un laberinto como nunca antes lo había hecho.

[Leer >>>](#)



**QUIMICA
NUEVO PROCESO DE FABRICACIÓN
DE POLÍMEROS DE ALTA
RESISTENCIA**

Los fabricantes de automóviles, aviones y cualquier otro equipo que requiera de piezas livianas, pero además resistentes a exigencias mecánicas y altas temperaturas, se beneficiarán con este nuevo proceso de fabricación que requiere una pequeña cantidad de energía calórica para acelerar el proceso de endurecimiento y curado de un polímero. Este nuevo método industrial y proceso de polimerización, permitirá reducir enormemente los costos, el tiempo y la energía.

> JUNIO <https://mailchi.mp/9677afc00b2c/lw5d0r49gm-1493417>

Junio 2018



Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el Centro de Estudios de Perspectiva Tecnológica Militar Grl. Mosconi (CEPTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de Ingeniería.



**HECHOS PORTADORES DE FUTURO
ARMAS DE ENERGÍA DIRIGIDA
(DEW) - LASER**

**EL US ARMY BUSCA LETALIDAD
CON LASERES DE ALTA ENERGÍA**
Las armas Laser (LaW3) ya son una meta de la Ingeniería Militar, los proyectos en desarrollo en USA, Rusia, China, UK y Alemania principalmente, anticipan una solución para proteger a las tropas de misiles crucero, sistemas aéreos no tripulados (UAS), cohetes, artillería y morteros.

[Leer + >>](#)



**ARMAMENTOS
SISTEMA DE PUNTERÍA CONVIERTE
SIMPLES TRADADORES EN SNIPERS**

La empresa israelí Smart Shooters ha desarrollado SMASH, un sistema óptico para fusiles que otorga al tirador una alta probabilidad de bati los blancos en el primer disparo. Gracias a un sofisticado sistema optoelectrónico que se monta en los anclajes estándar del arma, puede adquirir el blanco, sensar su movimiento y realizar los ajustes a la puntería necesarios para convertir un tirador "regular" en un verdadero tirador especial.

[Leer + >>](#)



**ELECTRÓNICA
IAI PRESENTÓ EL
INNOVADOR RADAR ELM-
213M, DE DEFENSA
AEREA, EN LA EXPOSICIÓN
DE EUROSATORY**

Israel Aerospace Industries (IAI) presentó el radar ELM-213M (AD) en la exposición de Eurosatory. Con cuatro paneles completos AESA para una cobertura en los 360 grados y capacidades de vigilancia en movimiento. Cubre una amplia gama de objetivos aéreos como también puede proporcionar detección de cohetes, artillería y mortero (FAM), proporcionando un punto preciso de lanzamiento e impacto en tiempo real del fuego enemigo.

[Leer + >>](#)



**INFORMÁTICA
LOS SIETE PRINCIPIOS DE GOOGLE
PARA EVITAR CRÍTICAS A SUS
PROYECTOS MILITARES**

Una decena de trabajadores ha renunciado y otros han firmado una carta quejándose de que el gigante está empleando sus tecnologías de inteligencia artificial en iniciativas de defensa. El CEO ha respondido a la situación con un nuevo código ético, pero este aún le deja margen para trabajar.

[Leer + >>](#)



**QUÍMICA
MATERIALES ENERGÉTICOS -
COMBUSTIBLES
HIDRÓGENO AL RESCATE**

El Hidrógeno es considerado como el reemplazo ambientalmente adecuado para los combustibles fósiles dado que la reacción de él con oxígeno sólo produce H2O. Sin embargo, aunque el hidrógeno es el elemento más abundante del universo, en nuestro planeta se lo encuentra rara vez en su forma molecular, estando casi siempre en forma compuesta, tanto en el agua como en los mismos combustibles fósiles. La obtención convencional del hidrógeno molecular requiere gran cantidad de energía, lo que reduce los beneficios ambientales y no es sustentable a largo plazo.

[Leer + >>](#)

- Share
- Tweet
- Forward
- +1
- Share

> JULIO <https://mailchi.mp/4b148d062142/lw5d0r49gm-1502029>

Julio 2018



Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar G1. Mosconi (CEFTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.



**HECHOS PORTADORES DE FUTURO
TECNOLOGIA RADICAL PARA
FUTUROS VEHICULOS DE
COMBATE**

El programa Ground X-Vehicle Technologies (GXV-T) de DARPA tiene como objetivo mejorar la movilidad, la supervivencia, la seguridad y la eficacia de los futuros vehículos de combate sin acumular armaduras. Varios adjudicatarios de contratos de la Fase 2 recientemente demostraron avances en una variedad de tecnologías potencialmente innovadoras para cumplir con los objetivos.

Leer >>>



**INFORMATICA
CHINA, RUSIA Y LOS EE. UU. ESTÁN
CONSTRUYENDO CENTROS
INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA
USO MILITAR**

Divergen entre ellos respecto al apoyo sobre la investigación patrocinada por el estado.

Leer >>>



**ARMAMENTOS
EL US ARMY Y LAS ARMAS LASER
DE ALTA POTENCIA SOBRE
VEHICULOS**

El US Army cada vez más cerca de equipar a sus vehículos de combate con DEW (Direct Energy Weapons), para hacer frente a la creciente amenaza de los UAV's armados, proyectiles de artillería, cohetes y morteros. El Programa denominado "Ground-based High Energy Laser" busca desarrollar armas Laser de 50 a 100Kw, para ser montadas en diferentes vehículos tácticos medianos. Los sistemas Laser proporcionan capacidades orgánicas de Defensa Aérea Cercana, (SHORAD), en los menores niveles tácticos de las organizaciones, proporcionandoles capacidad de fuego limitada a muy bajo costo. Por esta razón, todas las grandes potencias llevan adelante programas específicos en el área de las DEW.

Leer >>>

🔗 Share
🐦 Tweet
📧 Forward
👍 +1
👤 Share

Derechos Reservados © 2018, Centro de Estudios G1. Mosconi - Prospectiva Tecnológica Militar
 Tel: +54 341 425 4100 - Email: ceftm@red.losoficial.com.ar
 OTM - Observatorio Tecnológico Mosconi
 Avenida Corrientes 15 - CI. ROSARIO
 Ciudad Autónoma de Buenos Aires
 República Argentina
 Actualizar sus preferencias - Darle de baja de esta suscripción

> AGOSTO <https://mailchi.mp/e5ecbab9af5a/lw5d0r49gm-1520397>

Agosto 2018



Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Grl. Mosconi (CEPTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.



HECHOS PORTADORES DE FUTURO
ARMAS DE ENERGÍA DIRIGIDA
EL US ARMY CONTINUA CON LOCKHEED MARTIN EL DESARROLLO DE SISTEMAS DE ARMAS LÁSER DE 100 KW
 El Ejército de EE. UU. otorgó a Dynetics, Lockheed Martin y sus socios un contrato de US 10 millones para continuar el desarrollo de la siguiente fase del Demostrador táctico de vehículos de alta energía láser (H-EL TVD), un sistema de armas láser de 100 kilovatios.

[Leer >>>](#)



INFORMÁTICA
NUEVO RÉCORD MUNDIAL EN SIMULACIÓN CUÁNTICA
 Físicos australianos logran la simulación de computación cuántica más importante hasta el momento, en un avance espectacular en informática.

[Leer >>>](#)



ELECTRÓNICA
DRONE DOME LA RESPUESTA CONTRA UAS.
 El Reino Unido estaría adquiriendo seis Drone Dome de la compañía RAFAEL de Israel, bajo un programa de Requisito de Capacidad Urgente (LCR), que proporciona capacidad de reacción rápida contra sistemas de aviones no tripulados (C-UAS). Cada sistema incluye radares, identificación electro-óptica (EO), sistemas de inteligencia de señales y bloqueadores electrónicos que desactivan el enlace de datos del dron o los sistemas de navegación, el cual lo montado en un vehículo todo terreno.

[Leer >>>](#)



AUTOMÓVILES
ISRAEL PRESENTA EL BARAK: SU NUEVO TANQUE CON INTELIGENCIA



ARMAMENTOS
LAS ARMAS FABRICADAS CON IMPRESIÓN 3D EN MANOS DE LOS CIUDADANOS.
 La tecnología de Fabricación Aditiva, conocida también como "Impresión 3D", que tuvo un enorme crecimiento en los últimos años, presentó un caso que generó preocupación en las autoridades, cuando un estudiante de EUA fabricó un arma de fuego mediante la citada tecnología y subió los planos a internet. La disponibilidad de documentación técnica para fabricar armas de fuego al alcance de los ciudadanos, genera un dilema acerca de la difusión de la tecnología y las limitaciones a los libertades individuales e las libertades públicas, cuanto está en riesgo la seguridad pública.

[Leer >>>](#)



QUÍMICA
PANORAMA ENERGÉTICO DE BP 2018 (BP'S ENERGY OUTLOOK)
 Todos los años, la empresa BP, antiguamente The British Petroleum Company plc., una de las siete mayores empresas del sector de combustibles del mundo, publica el panorama anual sobre el estado del sector de combustibles globales, dando las estadísticas de producción y consumo por cada uno de ellos. Asimismo, en función de distintos escenarios, las perspectivas para cada uno de esos materiales energéticos hasta el 2040. Esta publicación, junto con otras como el Key World Energy Statistics de la Agencia Internacional de Energía; o el Data and Developments Concerning German and Global Energy Supplies, del Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe - BGR) de Alemania, todas ellas anuales, son herramientas valiosas para poder analizar el sector de producción de energía primaria del mundo, su transformación en secundaria y consumo, sirviendo de base para la planificación estratégica del sector energético.
 Este año, se destacan la velocidad de la transición de las fuentes de energía convencionales hacia fuentes renovables y el crecimiento del uso de electricidad siendo esta la responsable del 70% del consumo de primarios. Asimismo se estima que continuará el crecimiento de la demanda, siendo este de un 30% para el 2040. Y por último, el panorama realista la necesidad de reducir las emisiones de GEI, pues, a pesar que la eficiencia de los medios de

> SEPTIEMBRE <https://mailchi.mp/c0c8d3f8ec06/lw5d0r49gm-1537245>

Septiembre 2018



Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Gr. Mosconi (CEPTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.



**HECHOS PORTADORES DE FUTURO
COMANDO DE FUTUROS DEL US
ARMY**

El 24 Agosto de 2018, los principales líderes del Ejército de USA inauguraron el "Comando de Futuros del Ejército" (Army Futures Command), que tiene su sede en Austin, lugar elegido entre 15 ciudades para conectarse y asociarse con lo más selecto del mundo académico, la industria y los innovadores del sector privado, en un ambiente donde las ideas y soluciones a los problemas y requerimientos del Ejército se pueden desarrollar rápidamente.

[Leer + >>](#)



**INECARMÁTICA
CÓMO SE ESTÁ PREPARANDO
EELIUI PARA COMPETIR CON EL
DESARROLLO TECNOLÓGICO DE
CHINA Y RUSIA**

La oficina de I+D del Pentágono ha proporcionado algunos números y detalles.

[Leer + >>](#)



**ELECTRÓNICA
LA SIMULACIÓN HACIA EL FUTURO**

El mundo de los simuladores de entrenamiento evoluciona según el avance de la tecnología. Los simuladores están ocupando un lugar central en la instrucción y capacitación de operadores en numerosas operaciones, en suscesos de situaciones militares e incluso civiles. En el siguiente artículo, se muestra la visión hacia el futuro en el amplio mundo de la simulación.

[Leer + >>](#)

- Share
- Tweet
- Forward
- +1
- Share



**ARMAMENTOS
CHINA REALIZA UN NUEVO ENSAYO
DE MISIL HIPERSÓNICO**

El China Aerospace Aerodynamics Research Institute anunció el 03 de Agosto de 2018, la realización del primer ensayo en vuelo de un misil hipersónico. El vector hipersónico del tipo "HGV - Hypersonic Glide Vehicle", luego de desprenderse del cohete propulsor a una altura superior a 30.000m, voló durante 400 segundos en su etapa de descenso autónomo, logrando una velocidad máxima de Mach 6.5 / 6 (4.200 / 4.600 millas/h). La carrera por el desarrollo de armas hipersónicas por parte de las grandes potencias (EUA - Rusia - China), se orienta hacia vectores del tipo HGV y misiles de crucero. Por su extrema velocidad y maniobrabilidad, se trata de una verdadera Tecnología Disruptiva, que ha obligado a replantear las capacidades de los actuales sistemas de Defensa Aérea y misilística.

[Leer + >>](#)



**QUÍMICA
LA INDUSTRIA QUÍMICA Y EL
MERCADO DE CAPITALES**

La combinación de mercados bursátiles con rendimientos altamente positivos y una perspectiva favorable para la economía global han creado un sentimiento positivo para las acciones de la industria química a principios de 2018. La industria química ha superado sustancialmente los rendimientos de los mercados de valores mundiales durante el último año y medio, contabilizando una tasa de crecimiento anual compuesta para el retorno total a los accionistas del 24 por ciento, lo que es un 20% más alto que el rendimiento del mercado mundial. En el artículo de la referencia, preparado por la consultora McKinsey & Co., se presenta un análisis del desempeño de la industria química, incluyendo una revisión de los acontecimientos desde mediados de 2016, cuando dicha consultora publicó por última vez un informe sobre los mercados de capitales, así como una actualización de la perspectiva a largo plazo sobre los rendimientos. En segundo lugar, se presenta una visión de los factores que han influido estos resultados positivos y las perspectivas de la industria.

[Leer + >>](#)

> **OCTUBRE** <https://mailchi.mp/ab4aed95f2d0/lw5d0r49gm-1555245>

Octubre 2018



Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Grl. Mosconi (CEPTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.



HECHOS PORTADORES DE FUTURO PROSPECTIVA

PROYECTO SECURITY 2040 DE RAND

El Centro RAND para Riesgos y Seguridad Global (CGRG, por sus siglas en inglés) realiza una investigación objetiva sobre las tendencias en seguridad futuras. Security 2040 explora posibles escenarios para los próximos 20 años. Todo parece que funcionará más rápido, es un hecho vital, una megatendencia. ¿Cómo preservarán los responsables de la toma de decisiones nuestra seguridad personal y nacional? ¿La inteligencia artificial incrementa el riesgo de una guerra nuclear? ¿Cómo prevenir que la delincuencia no se silva de la impresión 3D?

[Leer >>>](#)



INFORMÁTICA

DARPA ESTUDIA LAS INTERACCIONES ENTRE HUMANOS Y ENJAMBRES

Los sistemas no tripulados son ampliamente utilizados en numerosas misiones, ayudando a soldados y operadores en tareas tediosas y peligrosas.

En un futuro cercano, sistemas robóticos asumirán misiones de colaboración sin control humano, ayudando a otros robots a realizar misiones completas de forma autónoma.

[Leer >>>](#)



ELECTRÓNICA

SIN POSIBILIDAD PARA LOS FRANCOOTIRADORES

Los francotiradores, tanto en zonas urbanas como al descampado, disparan a los soldados sin ser detectados. En el futuro, tales atacantes, tan pronto como disparan sus armas, los francotiradores ocultos serán ubicados por el innovador Acoustic Shooter Locating System (ASLS). El compacto sistema de localización de disparos consiste en un potente sensor acústico con electrónica de análisis integrada y una unidad de control y visualización compacta.

[Leer >>>](#)



ARMAMENTOS

LA VIGENCIA DE LOS FUEGOS PRECISOS DE LARGO ALCANCE

El desarrollo de tecnologías para Armas de Artillería y sus municiones del US ARMY ha recibido un importante incremento en las asignaciones presupuestarias para el año 2019. Esto tiene relación con una de las "6 prioridades de modernización" de la citada Fuerza, denominada "Long Range Precision Fires - LRPF". Las autoridades del DOD de ese país, han definido la necesidad de dotar a las Fuerzas Terrestres de sistemas de apoyo de fuego de mayor alcance, más precisión y que permitan un mayor volumen de fuego. Una muestra más de la vigencia de los sistemas de Artillería orgánica en apoyo de las operaciones militares.

[Leer >>>](#)

The Nobel Prize in Chemistry 2018



QUÍMICA

PREMIO NOBEL DE QUÍMICA 2018

El Premio Nobel de química de este año ha sido entregado a tres científicos que aprovecharon el poder de la evolución y lo aceleraron en el laboratorio para producir enzimas novedosas y beneficiosas utilizadas en productos farmacéuticos, energías renovables, química industrial y muchos otros campos.

Frances H. Arnold, profesora de ingeniería química en el Instituto de Tecnología de California, recibió la mitad del Premio de este año por ser la primera en dirigir artificialmente la evolución de las enzimas; en el proceso, siendo la quinta mujer para recibir este honor en el campo de la química. La otra mitad fue otorgada a George P. Smith, profesor emérito de ciencias biológicas en la Universidad de Misourí, y Gregory P. Winter, líder de investigación emérito en el laboratorio de MRC de biología molecular de la Universidad de Cambridge, por el desarrollo de una técnica llamada fago display, que utiliza la evolución dirigida de las anticuerpos para producir enzimas útiles para la industria farmacéutica.

[Leer >>>](#)

[Share](#)
[Tweet](#)

> **NOVIEMBRE** <https://mailchi.mp/df891f9602ad/lw5d0r49gm-1572557>

Noviembre 2018



Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Gr. Moscú (CEFTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.



**HECHOS PORTADORES DE FUTURO
EL GNSS BEIDOU TOTALMENTE
OPERACIONAL EN 2020**

El sistema BeiDou completo tendrá 27 satélites en MEO (aproximadamente 22,000 kilómetros de altitud), cinco en órbita geostacionaria y tres más en órbitas geosincrónicas inclinadas, a 35,786 kilómetros, brindando cobertura global GNSS con una precisión de posicionamiento de 2.5 metros. El último lanzamiento de los satélites BeiDou 35 y 36 tuvo lugar a fines de agosto, el primer lanzamiento de la serie fue en el 2000. Con otros siete satélites agregados este año, el CNSO informa que China pretende completar la red de 35 satélites en el primer semestre de 2020.

[Leer + >>](#)



**INFORMÁTICA
LLEVANDO LA SEÑALIZACIÓN
FOTÓNICA A LA
MICROELECTRÓNICA DIGITAL**

El programa de DARPA busca liberar el rendimiento de los módulos modernos de múltiples chips al integrar la señalización óptica a nivel de chip.

[Leer + >>](#)



**ELECTRÓNICA
LA NUEVA TECNOLOGÍA DE RADIO
DE RAYTHEON OFRECE
COMUNICACIONES CLARAS, PESE
A LA SATURACIÓN DE
FRECUENCIAS**

El espectro radioeléctrico se ve saturado por la gran cantidad de señales existentes en el campo de combate, muchas de ellas en la misma frecuencia, drones aéreos que transmiten datos de vigilancia, operadores en tierra y comandantes en el campo. Debido a que todos están en una frecuencia congestionada, lo que deberían ser transmisiones casi instantáneas, se hacen más lentas a medida que pasan los segundos. X-Net, un nuevo sistema de comunicaciones



ARMAMENTOS

**ARMAS HIPERSÓNICAS: ¿EXISTIRÁ
DEFENSA CONTRA ELLAS?**

Si bien las tradicionales ICBM ya en uso hace varias décadas, alcanzan velocidades de rango hipersónico, los nuevos Programas de Misiles de Crucero y HGV (Hypersonic Glide Vehicle) han generado preocupación a nivel global. El cesarismo de estas Armas Hipersónicas, consideradas aún tecnologías emergentes pero potencialmente disruptivas, plantea grandes desafíos a los Sistemas de Defensa Aérea convencionales en servicio, aun los más modernos. La razón es que podrían resultar ineficaces para neutralizar estas amenazas de extraordinaria velocidad, maniobrabilidad, de trayectoria impredecible y que pueden ser lanzadas desde diferentes plataformas. EUA, Rusia y China, avanzan aceleradamente y en el mayor de los secretos, con sus respectivos programas de desarrollo.

[Leer + >>](#)



**QUÍMICA
BASE DE DATOS DE SUSTANCIAS
QUÍMICAS DE LIBRE ACCESO DE LA
OCDE**

La Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) ha publicado un portal llamado eChemPortal que provee acceso a información sobre productos químicos gratuita en los siguientes campos:

- Propiedades físicas y químicas
- Ecotoxicidad
- Comportamiento y destino ambiental
- Toxicidad

El eChemPortal permite la búsqueda simultánea de informes y datasets tanto a partir del nombre del compuesto o la mayoría de sus sinónimos, o su número, tanto el del Chemical Abstract Service (CAS), o la International Union of Biochemistry and Molecular Biology (IUBMB) o del ente regulador japonés MITI entre otros. También permite buscar compuestos a partir de sus propiedades químicas y por la clasificación del Sistema Armonizado Global de la ONU (HS) que es usado por la Organización Mundial de Aduanas (WCO).

A través del portal se obtienen enlaces directos a colecciones de datos sobre seguridad y de riesgo de productos químicos preparados para los programas gubernamentales de revisión química a nivel nacional, regional e internacional. Cuando estén disponibles, se proporcionan resultados de clasificación de acuerdo con los

> **DICIEMBRE** <https://mailchi.mp/571cba592a04/lw5d0r49gm-1587213>

Octubre 2018



Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Grl. Mosconi (CEPTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de Ingeniería.



HECHOS PORTADORES DEL FUTURO
EL MUNDO EN 2033. GRANDES PENSADORES Y FUTURISTAS COMPARTEN SUS PENSAMIENTOS
Si hubiésemos mirado al futuro en 1993 ¿Podríamos haber pronosticado el éxito de la web, las tablets, los teléfonos inteligentes, el turismo espacial privado, o la irrupción de pequeños cambios que impactan en la forma en que se vive hoy? Para predecir cómo será el mundo en 2033, la importante editorial Forbes ha publicado un trabajo de la empresa SAP, que ha reunido algunos pensadores para detectar las tendencias en sus campos, y darnos una idea de hacia dónde nos dirigimos. Estos son los 8 visionarios, líderes y grandes pensadores que tratan los siguientes campos:

1. sobre tecnología: Ray Kurzweil — director de Ingeniería de Google Co.
2. sobre el conflicto mundial: Robert Kaplan — jefe de análisis geopolítico de Stratfor Co.
3. sobre la educación: Shantanu Sirha — presidente fundador y director de operaciones (COO) de Khan Academy org.
4. sobre las viajes espaciales: George Whitesides — director ejecutivo de Virgin Galactic Co.
5. sobre la fuerza de trabajo global: Oliver Bussmann — director ejecutivo y fundador de Bussmann Advisory.

[Leer >>>](#)



INFORMÁTICA
EUROPA TRABAJA EN UN INTERNET CUÁNTICO IMPOSIBLE DE HACKEAR
El piloto espera estar listo en 2020 y conectará varias ciudades de los Países Bajos mediante una red para compartir datos a prueba de hackers. Pero aunque la teoría tiene sentido, todavía quedan muchos retos por delante y China también va muy deprisa en la carrera del internet cuántico.

[Leer >>>](#)



ARMAMENTOS
LOS NUEVOS SISTEMAS DE ARMAS DEL US ARMY INCLUIDOS EN SU PLAN DE MODERNIZACIÓN.
El US Army dispone de un variado arsenal de modernos sistemas de armas. Sin embargo, la preparación para un eventual conflicto de los denominados "entre pares", con otras potencias militares como Rusia y China, ha dado lugar a la implementación de un ambicioso "Plan de Modernización" que incluye: vehículos de combate, medios aéreos de combate y transporte, así como artillería de largo alcance y hasta misiles hipersónicos.

[Leer >>>](#)



QUIMICA
ADM - BIODEFENSA EN LA ERA DE LA BIOLOGIA SINTETICA
Los avances científicos de las últimas décadas han acentuado la capacidad de aplicar técnicas de Ingeniería para modificar organismos existentes o potencialmente, para crear nuevos entes que no se encuentran en la naturaleza. La biología sintética, que se refiere colectivamente a conceptos, enfoques y herramientas que permiten la modificación o creación de organismos biológicos, es hoy aplicada con fines que buscan aplicarse abrumadoramente para fines benéficos y que van, entre otros, desde reducir los efectos de enfermedades, pasando por mejorar los rendimientos agrícolas o la remediación de la contaminación. Aunque las contribuciones que la biología sintética puede hacer en estas y otras áreas tienen un enorme potencial, también es posible imaginar usos maliciosos que podrían ser una amenaza para la sociedad. Tomar decisiones informadas sobre cómo abordar tales preocupaciones requiere una evaluación realista de las capacidades que podrían ser utilizadas indebidamente. La publicación de la referencia "Biodefensa en the Age of Synthetic Biology", de las Academias Nacionales de Ciencias, Ingeniería y Medicina de los EEUU, explora y prevé los posibles usos incoherentes de la biología sintética. Este informe desmonta un marco para orientar una evaluación de los problemas de seguridad relacionados con los avances en la biología sintética, evalúa los niveles de preocupación justificados para tales avances e identifica opciones que podrían ayudar

8.

Antena territorial de defensa y seguridad

Por el Director del CEPTM Mosconi Cnl JC Perez Arriue

Introducción

La “**Antena Territorial de VTeIE en Defensa y Seguridad**”, creada a finales de 2017, surge como una propuesta del CEPTM “Mosconi” ante la necesidad de capacitación para implementar una Unidad de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Estratégica. Dicho objetivo se materializa en un proyecto entre la Facultad de Ingeniería del Ejército – Dirección General de Educación y la oferta disponible sobre creación de Antenas Territoriales del Programa VINTEC del MINCyT - Subsecretaría de Estudios y Prospectiva.

Los lineamientos generales del proyecto fueron los siguientes:

- > Implementar con ayuda del programa VINTEC del MINCyT una Unidad de Vigilancia Tecnológica en la Escuela Superior Técnica del Ejército Argentino a través del “ Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar “Grl Mosconi”; en el área de las Tecnologías Aplicadas a la Defensa, a fin de contribuir al desarrollo e integración de los sectores académico, científico tecnológico, operacional y socio productivo.
- > Contribuir, en forma permanente, a la actualización del conocimiento específico, que abarca la Ingeniería Militar.

Como es sabido, la información es poder, es un factor de dominio y una herramienta para adaptarse a las condiciones cambiantes del entorno. Por ello, la obtención, análisis y difusión de la información adecuada sobre las oportunidades y amenazas derivadas de los cambios son imprescindibles tanto en el ámbito de la defensa como el de la seguridad nacional e internacional.

Una Unidad, Centro u Observatorio Tecnológico en el ámbito de la seguridad y defensa permiten aportar criterios técnicos y doctrinales a los órganos de asesoramiento y a los decisores, para la planificación estratégica a corto, mediano y largo plazo; en especial aporta al desarrollo de las actividades de investigación y desarrollo de interés en estas áreas.

La acción en la coyuntura tiene poco sentido si no es en función de un proyecto futuro; la Antena Territorial de Vigilancia Tecnológica CEPTM Mosconi en Defensa y Seguridad tiene algunos objetivos aún solo esbozados: como los de ayudar a conformar e integrar otros Observatorios

Tecnológicos en el área de Defensa y Seguridad (por ejemplo, emergencias y catástrofes, ciberseguridad / ciberdefensa, sistemas aeroespaciales, etc...) no es sencillo concretar esas metas en tiempos de escasos recursos en que lo importante pareciera que es resolver el día a día, conducir el difícil presente.

Durante el año 2018, a raíz de iniciativas de proyectos de vigilancia tecnológica en la Escuela Superior de Guerra Aérea y la Escuela Superior de Guerra Conjunta, el CEPTM colaboró con la conformación de dos observatorios tecnológicos: el "Observatorio Tecnológico Aeroespacial" (OTA) de la Escuela Superior de Guerra Aérea y el "Observatorio Argentino del Ciberespacio" (OAC) de la Escuela Superior de Guerra Conjunta de las Fuerzas Armadas.

Aún falta concretar los convenios académicos interinstitucionales para integrar verdaderamente los Observatorios. La intención es materializar dicho objetivo durante el año 2019 y, sumados al "Observatorio Tecnológico Militar" (OTM) Mosconi, poder brindar a la comunidad académica de la UNDEF, las Fuerzas Armadas y Fuerzas de Seguridad, productos de VT e IE en forma conjunta.

8.1

Observatorio Tecnológico Aeroespacial (OTA) de la Escuela Superior de Guerra Aérea

Por el Brig. My. Alejandro Moresi - Dir. OTA ESGA (*)

Este Observatorio Tecnológico Aeroespacial (OTA) surge como consecuencia de pensar la necesidad de crear un foro de información y conocimiento de los avances tecnológicos y en diferentes áreas de la actividad aeroespacial.

En tal sentido se ha presentado a la Convocatoria UNDEFI 2018 de la Universidad de la Defensa Nacional (UNDEF), para financiar la puesta en marcha del Observatorio Tecnológico del Aeroespacio, que funcionará desde la Escuela Superior de Guerra Aérea (ESGA).

El concepto de trabajo es capacitar a los alumnos como observadores tecnológicos a través de convenios con el Centro de Estudios y Prospectiva Tecnológica Militar Gral Mosconi de la Escuela Superior Técnica.

Los alumnos aportan material relacionado con sus trabajos finales integradores, alcanzando de esta manera un doble propósito: incorporar información acerca del estado del arte aeroespacial e incorporar a su perfil profesional herramientas para optimizar la calidad de sus trabajos.

Las áreas de trabajo principales que componen el observatorio son: (1) **Atmósfera:** novedades acerca de aeronaves, tripuladas (cazas transporte, comerciales y helicópteros) y no tripuladas, tecnologías, emprendimientos y operaciones. (2) **Sistemas de Armas:** se tratarán temas acerca de sistemas aéreos, antiaéreos, no letales, de información, de observación, de vigilancia, de exploración del espectro electromagnético, entre otros, (3) **Espacio:** tecnologías empleadas en los vectores lanzadores, en vehículos espaciales, en el control de misión, en la explotación de la información, monitoreo de las misiones, (4) **legales y doctrinarias:** cómo evoluciona el pensamiento de los aspectos legales que deben regir el empleo del espacio aéreo, y cómo la tecnología y los hechos humanos cambian los puntos de vista acerca del ejercicio de la soberanía, empleo del poder aéreo en los conflictos, (5) **sistemas de navegación y apoyo al vuelo:** un permanente desafío de la ciencia y tecnología, ampliando de manera constante los límites del potencial de los sistemas aéreos y espaciales, (6) **Estrategia y Planeamiento;** el poder aeroespacial se encuentra mutando de manera permanente en función de las necesidades de los conflictos y las nuevas tecnologías.

El objetivo general del observatorio es:

Establecer una estructura de vigilancia tecnológica obteniendo información acerca de cuestiones relativas al aerospacio, que guardan relación con el ejercicio de la soberanía, hecho a partir del cual se derrama la gestión de seguridad como ausencia de peligros o riesgos en él, integrando ámbitos operacionales, académicos y de investigación, desarrollo e innovación.

El observatorio es un desarrollo para capacitación de futuros investigadores a partir de los alumnos de la especialización en “Conducción de Fuerzas y Operaciones Aeroespaciales, integrándolos al sistema de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Estratégica de nivel nacional implementado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología, mediante el cual se trabajará en la detección y determinación del estado del arte y que es “LO NUEVO EN EL AEROESPACIO”, buscando un aprendizaje continuo acerca del ambiente.

La forma de llegar a la comunidad aeroespacial, en particular, y a la sociedad, en general, será a través de boletines periódicos, informes, reportes, documentos de interés e investigaciones del área propias o desarrolladas por instituciones asociadas, así como otras publicaciones de interés en el nivel nacional e internacional, en el futuro se tratará de concretar un foro que permita la discusión de diferentes aspectos asociados con nuestra temática.

> **Dirección de correo:** ObsAeroespacial@gmail.com

(*) Alejandro Aníbal MORESI: Brigadier Mayor (R) de la Fuerza Aérea Argentina. Piloto de Combate, Aviador Militar. Se desempeñó como Comandante Aeroespacial del Estado Mayor Conjunto, Director General de Planes, Programas y Presupuestos, Director General de Investigación y Desarrollo, tiene una maestría en Dirección de Empresas, un MBA en Dirección de Recursos Humanos y es Oficial de Estado Mayor. Licenciado en Sistemas Aéreos y Espaciales. Tiene un posgrado en Gestión de Proyectos y es Analista Operativo. Actualmente, se desempeña como profesor en la Universidad Maimónides y en la UNDEF, donde es Investigador Principal, ha sido calificado como investigador en el Régimen de Personal de Investigación y Desarrollo de las Fuerzas Armadas (RPIDFA).

8.2

Observatorio Argentino del Ciberespacio (OAC) de la ESGC FFAA

Por el Tcnl (R) OIM Carlos Federico Amaya (*)

El Observatorio de Ciberdefensa, actualmente denominado “Observatorio Argentino del Ciberespacio” (OAC) fue creado en 2018 en la Escuela Superior de Guerra Conjunta de las Fuerzas Armadas dependiente de la Universidad de la Defensa (UNDEF), a partir del Proyecto UNDEFI: “Observatorio de Ciberseguridad”.

Tiene como objetivo el de “Difundir y hacer conocer el Ciberespacio a la comunidad educativa y a la sociedad en general”.

Para ello, su principal tarea es la de crear un foro de información y conocimiento de la problemática de este nuevo ambiente operacional, caracterizado por su virtualidad y libertad, según el Manifiesto de John Perry Barlow en la Declaración de Independencia del Ciberespacio (Barlow, 1996).

Este ambiente es un dominio exclusivo y único del ser humano. Crece y se multiplica a cada instante de la mano de las llamadas: “Tecnologías de la Información y las Comunicaciones - TIC” y se extiende a un mundo caracterizado por la movilidad y el cambio permanente.

Las acciones de “Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Estratégica” (VTeIE), en principio se lograron a través de la participación del OAC en la “**Antena Territorial de Defensa y Seguridad**” conformada con apoyo del Programa VINTEC del MINCyT en el **Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar “Gral. Enrique Mosconi” de la Facultad de Ingeniería del Ejército**. Dicho Centro de estudios aportó capacitación y experiencia a nuestros Analistas del OAC.

Asimismo, es de destacar que el OAC aporta, a su vez, un estrecho vínculo de cooperación con la Facultad de Informática de la Universidad Nacional de La Plata y, en especial, con la Maestría en Ciberseguridad y Ciberdefensa de la Universidad de Buenos Aires, (esta última ha incorporado un número importante de docentes de la Facultad de Ingeniería del Ejército y de la Escuela Superior de Guerra Conjunta de las Fuerzas Armadas a su claustro).

El equipo de dirección está compuesto por docentes e investigadores de la ESGC y algunos de sus integrantes:



- > Brigadier Mayor (R) Mg. Lic. Alejandro Moresi (Director del Proyecto)
- > Contraalmirante (R) Gustavo Adolfo Trama (Analista Senior)
- > Teniente coronel (R) OIM Carlos Federico Amaya (Co-Director del Proyecto)

Finalmente, es de destacar que el OAC cumple con la publicación mensual de un boletín al cual se encuentran suscriptos alrededor de 2000 destinatarios, que incluyen la totalidad de ex-cursantes y cursantes de la Escuela Superior de Guerra Conjunta de las Fuerzas Armadas, Escuela Superior de Guerra Aérea, la Escuela de las Armas del Ejército, el Comando Conjunto de Ciberdefensa de las Fuerzas Armadas, la Universidad de Buenos Aires, sumando, además, países como China, Estados Unidos, Cuba y México.

(*) Tcnl (R) OIM Carlos Federico Amaya: Oficial retirado del arma de Comunicaciones del Ejército Argentino, egresado del Colegio Militar de la Nación, Ingeniero Militar de la especialidad electrónica, recibido en la Escuela Superior Técnica del Ejército "General de División Manuel Nicolás Savio". Perfeccionó su especialización en institutos de investigaciones científico-técnicas de su país (CI-TEDEF) y en la Ecole National Supérieure de Techniques Avancées (ENSTA-París).

Es Diplomado en Alta Dirección de Seguridad en Empresas (DSE) por el Instituto de Posgrado y Formación Continua de la Universidad Pontificia Comillas de Madrid. Entidad en la que además se desempeña desde 2002 como Profesor Invitado de las materias "Protección de la Información", "Contra Medidas de Seguridad Técnica (TSCM)" y "Seguridad en Telecomunicaciones", en el Programa que esta Alta Casa de Estudios imparte en América Latina.

Se desempeñó como Jefe y Gerente de Seguridad en las Telecomunicaciones e Información de Telefónica de Argentina Sociedad Anónima, con responsabilidad sobre todas las actividades de contramedidas de seguridad técnica y seguridad de la información.

Fue docente de la UADE, de la UCA Salta, asesor del EMCD en ciberdefensa.

Desde 2017 y hasta la actualidad, es Subdirector de la Maestría en Ciberdefensa y Ciberseguridad de la Universidad de Buenos Aires en convenio con la Escuela Nacional de Inteligencia.

Es Investigador Senior en el Observatorio Argentino del Ciberespacio en la Escuela Superior de Guerra Conjunta de las Fuerzas Armadas y miembro del *Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar "Gral. Enrique Mosconi" - Antena Territorial de defensa y Seguridad de la Facultad de Ingeniería del Ejército.*

Vigilancia Tecnológica y Análisis Prospectivos para afrontar con éxito las amenazas y desafíos tecnológicos futuros

“La concientización sobre la importancia de la tecnología de aplicación militar en el mundo actual deberá ser motivo de seguimiento de todos los niveles de comando. Ello facilitará la necesaria y permanente evolución tecnológica de la Fuerza y podrá constituir un factor de éxito en un conflicto armado. Si no se conocen los últimos avances tecnológicos, jamás se podrá combatir en la guerra del futuro para la cual se prepara...”

MFD-51-05-II Reglamento de Educación Profesional Militar Tomo II
Educación Operacional - Dpto. Doctrina (2007) - Público Militar

“La Prospectiva es un conjunto de tentativas sistemáticas para observar e integrar a largo plazo el futuro de la ciencia, la tecnología, la economía y la sociedad con el propósito de identificar las tecnologías emergentes que probablemente produzcan los mayores beneficios económicos o sociales”.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE)