

# TEC1000

2016

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



**Centro de Estudios Grl Mosconi**  
*Prospectiva Tecnológica Militar*



# TEC1000

## 2016



**Centro de Estudios Grl Mosconi**  
*Prospectiva Tecnológica Militar*





**CEPTM "GrI MOSCONI"**

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

**2016**

TEC 1000 Estudios de vigilancia y prospectiva tecnológica en el área de defensa y seguridad / Héctor Daniel Anfuso ... [et al.]. - 1a ed ilustrada. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Escuela Superior Técnica. Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Gral. Enrique Mosconi, 2017.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online  
ISBN 978-987-20417-2-4

1. Defensa. 2. Seguridad. 3. Tecnología. I. Anfuso, Héctor Daniel  
CDD 363.1

# ÍNDICE

<b>PRÓLOGO</b> . Director Escuela Superior Técnica Grl MN Savio	7
<b>PRESENTACIÓN</b> . Director CEPTM “Grl MOSCONI”	9
<b>1. PROSPECTIVA, VIGILANCIA TECNOLÓGICA E INTELIGENCIA COMPETITIVA</b>	
1.1 Eligiendo y construyendo el futuro posible para la organización	11
<b>2. INFORMÁTICA</b>	
2.1 Informática, vigilancia tecnológica y sus objetos de estudio	15
<b>3. QUÍMICA</b>	
3.1 Campos de interés de la ingeniería química militar	25
3.2 Estudio de Vigilancia Tecnológica sobre Tecnologías Vestibiles – textiles	45
<b>4. ARMAMENTO</b>	
4.1 Munición guiada para armas de apoyo de fuego de artillería y morteros	61
4.2 Estudio de Vigilancia Tecnológica sobre Munición Guiada para armas de apoyo de fuego de artillería y morteros	69
<b>5. ELECTRÓNICA</b>	
5.1 Los sistemas de simulación: otra forma de entrenar para el combate	99
<b>6. AUTOMOTORES</b>	
6.1. Estudio comparado sobre orugas y ruedas	113
6.2. Estudio de Vigilancia Tecnológica sobre Vehículos Autónomos terrestres de empleo militar	119
<b>7. EL CEPTM “Grl MOSCONI”</b>	
7.1. Antecedentes del Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar “Grl Enrique MOSCONI” (CEPTM “Grl MOSCONI”)	133
> Misión, Organización, Integrantes	134
> Resolución de creación de CEPTM “Grl MOSCONI”	135
7.2. Listado de Tecnologías aplicadas a la Defensa-documento nro.: 010514/02	135
7.3. Observatorio Tecnológico Mosconi – Newsletters	136



## PRÓLOGO

*Tengo el enorme agrado de presentar TEC1000, publicación producida por el Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar “General MOSCONI” durante el año 2016, cuyos autores no solo son Pares, entusiastas e incansables observadores del estado del arte, en sus respectivas disciplinas; sino amigos con quienes he compartido el interés y preocupación por las tecnologías que emplean los ejércitos más desarrollados; y el impacto que estas producen en el desarrollo de las sociedades a las que se deben.*



*A continuación, explicaré porque la gestión estratégica de la información científico-tecnológica resulta cada vez más importante para sobrevivir en un entorno complejo y cambiante como el actual, en el que los ciclos de vida de tecnologías se acortan y la innovación emerge para transformar la gestión del conocimiento.*

*En este contexto, la vigilancia tecnológica como proceso organizado, selectivo y permanente, capaz de obtener información del exterior y de la propia organización sobre ciencia y tecnología, seleccionarla, analizarla, difundirla y comunicarla, convirtiéndola en conocimiento, es una herramienta que orienta las actividades de investigación, innovación y desarrollo; lo que constituye un soporte para la toma de decisiones.*

*Nuestra universidad, dedicada al logro de la excelencia científica, integra recursos en proyectos de investigación, incorporando conocimiento científico y tecnológico, con el objeto de crear o modificar un proceso, un artefacto o una máquina, a fin de satisfacer un propósito valioso para la Institución y la sociedad.*

*Entonces, la tecnología como factor estratégico, poco difundido, considerado cautivo, que se alimenta de la investigación en ciencias de la ingeniería, debe gestionarse eficientemente pues es locomotora del desarrollo.*

*Primero debemos conocer sobre la existencia de este factor estratégico para luego procurar su dominio; y posteriormente pensar en aplicaciones innovadoras que aporten soluciones a las demandas de nuestra Institución y simultáneamente sirvan de fomento a la producción nacional.*

*Esta primera edición del TEC1000, fue elaborada para guía y conocimiento de los estudiantes y a toda la comunidad que deseen abordar temas de interés sobre tecnologías de uso militar, como aporte a la formación integral de los futuros ingenieros militares, la actualización del conocimiento, el desarrollo y la defensa nacional.*

CABA, diciembre de 2016

**Coronel Mayor Ingeniero HÉCTOR DANIEL ANFUSO**  
**Director de la Escuela Superior Técnica “Grl Div Manuel N. Savio”**



## **PRESENTACIÓN**

Con el objetivo de contribuir a la misión del CEPTM “GrI MOSCONI”, esta publicación presenta los principales trabajos y estudios del Centro en sus áreas de interés, elaborados durante el año 2016, y brinda un resumen de sus antecedentes organizacionales.

Los documentos fueron realizados en base a la experiencia profesional de sus miembros, consultas a expertos y el análisis del conocimiento e información disponible sobre las tecnologías y proyectos de utilidad militar y de seguridad a nivel local, regional y global.

Aspiramos a que el producido por el Centro contribuya al conocimiento de los últimos avances tecnológicos por parte del personal militar que se prepara para combatir en la guerra del futuro, así como a que sea de utilidad para la comunidad científico académica de la Facultad de Ingeniería del Ejército y de la industria privada o estatal aplicadas a la Defensa.

CABA, diciembre de 2016

**Coronel (R) Ingeniero Militar Juan Carlos Pérez Arrieu**  
**Director CEPTM “GrI MOSCONI”**  
**Escuela Superior Técnica “General de División Manuel Nicolás Savio”**  
**Facultad del Ejército**



## 1. VIGILANCIA TECNOLÓGICA E INTELIGENCIA COMPETITIVA

### 1.1

# ELIGIENDO Y CONSTRUYENDO EL FUTURO POSIBLE PARA LA ORGANIZACIÓN “Prospectiva y Vigilancia Tecnológica”

Por el Coronel Ingeniero Militar Juan Carlos Pérez Arrieu\*

El artículo presenta ideas y conceptos básicos de Prospectiva e Inteligencia Competitiva o Vigilancia Tecnológica, herramientas que ayudan a los directivos a elegir y construir el mejor futuro posible para sus organizaciones, cualquiera sea su actividad y tamaño de empresa.

#### **Hay que escapar del eterno presente**

En la era de la información, los sociólogos y filósofos advierten sobre la llamada cultura del zapping: “Influidos por los medios de comunicación masivos, padecemos una necesidad de acontecimientos coyunturales, que siempre se trasladan de un evento al siguiente, teniendo rara vez conciencia más amplia del proceso latente, oculto bajo la superficie”.

“... En un mundo en cambio acelerado, el próximo año estará más cerca de nosotros de lo que estaba el mes siguiente en una época más tranquila. Este hecho vital, radicalmente alterado, debe ser asimilado por los que toman decisiones... Todos ellos deben ampliar sus horizontes de tiempo. Es como cuando uno conduce un vehículo. A mayor velocidad es necesario estar atentos a todas las cosas que suceden más lejos”.

Lo urgente manda: ¡YA! Hay que producir la noticia, es necesario sorprender a accionistas y directores. Locas carreras se desatan y, por tener una visión muy corta, muchas veces solo producirán confusión...

Los ingenieros y directivos luchan contra el exceso de datos e información disponible que los puede llevar a la parálisis, a la desinformación, a lo que actualmente llamamos “infoxicación”.

#### **Mirando hacia adelante, fijando objetivos y anticipando jugadas**

¿Qué hacer?, lo que todo buen dirigente sabe: mientras se conduce el presente se deben planificar las operaciones futuras. Sin duda es más costoso porque se necesitan dos equipos para esas tareas, con objetivos y características diferentes, uno más pragmático y otro más creati-

vo, pero si se quiere tener futuro, hay que organizarse para alcanzarlo y hay que tener una dirección clara.

La conducción de cualquier empresa debería moverse en dos planos estratégicos bien diferenciados: los medios y el conflicto, entendiendo básicamente como medios a la tecnología y al conflicto como el día a día, el mercado y su ambiente (implica factores políticos, económicos y sociales entre otros). Ambos planos se proyectan hacia el futuro.

Anticiparse en un mundo donde los cambios se aceleran es una premisa inexorable de cualquier conducción; a mayor velocidad debemos mirar más lejos, anticiparnos, como aconseja A. Toffler.

El futuro es desconocido y, por lo tanto, depara sorpresas. Anticiparse también implica prevenirse, para evitar o afrontar las contingencias.

Determinar el futuro es una constante histórica del hombre, es una necesidad existencial, construir una casa fundar una empresa casarse, emprender un proyecto, apostar, operan como única razón de las acciones diarias. Políticos, generales y directivos de empresas han decidido (y aún lo hacen) consultando a brujos, oráculos científicos, horóscopos premios nobel y futurólogos pero "la mejor manera de predecir el futuro es creándolo". Esa es la línea que propone la Prospectiva moderna, o la Investigación del Futuro, como se la denomina en Estados Unidos una disciplina que nace en la Guerra Fría con pensadores como Gastón Berger Raymon Aron y Bertrand de Jouvenel, entre otros.

Sintéticamente, podemos decir que sobre el futuro existen:

- Diversos factores que gobiernan el porvenir individual y organizacional: la evolución global, la cultura con su cosmovisión, los acontecimientos accidentales, entre los que se incluyen los de tipo "Cisne Negro", y la voluntad. De allí se pueden inferir megatendencias y hechos portadores de futuro que ayudan a construir los probables futuros.
- Dos visiones: una fatalista, pasiva (futuro soportado), otra activa o creada (futuro deseado).
- Tres actitudes en la visión no pasiva-fatalista que interesan (que es importante no confundirlas): el pronóstico, la previsión y la construcción del futuro.

Hoy es generalizado el uso de la Prospectiva para la toma de decisiones y el planeamiento estratégico, Gobiernos, Universidades, Empresas y Organismos del sector público y privado dedican cada vez más recursos a esa tarea; equivocarse de camino puede ser muy caro.

#### **Ventajas de la Prospectiva tecnológica:**

- Minimiza la improvisación,
- define prioridades,
- anticipa problemas con un enfoque preventivo,
- se orienta a la acción(no es una pura especulación teórica),
- integra conocimiento experto,
- es un insumo para el Plan Estratégico Institucional.

#### **"Vigilancia Tecnológica": una herramienta fundamental**

En un ambiente caracterizado por la competencia, el cambio y los procesos continuos de innovación, las organizaciones necesitan, para sobrevivir, herramientas que los mantengan dentro del lote de competidores. Para ello, la información de su ambiente y del mercado, especialmente en ciencia y tecnología, son fundamentales para las estrategias de gestión empresarial.

Como sabemos, casi todas las tecnologías tienen un ciclo de vida que tras alcanzar su madurez se saturan, transforman o terminan en su obsolescencia. La Vigilancia Tecnológica (VT) contribuyente a la Prospectiva, permite analizar en un entorno de futuro cercano (partiendo del presente) las trayectorias de las tecnologías en uso, en desarrollo, las disruptivas o emergentes y sus posibles evoluciones e impactos.

Los conceptos y herramientas de Vigilancia Tecnológica, ya sean estas últimas manuales o automatizadas, capturan y seleccionan la información disponible, fundamentalmente para reducir los riesgos en la toma de decisiones y generar insumos para la planificación.

Para una empresa que incursiona en estos temas, una buena recomendación sería destinar recursos para establecer un área de Vigilancia Tecnológica apoyándose a la norma UNE 166006:201 Gestión de la Investigación, Desarrollo e Innovación - Sistema de Vigilancia Tecnológica, o asociarse a un antena de un sector ya establecido como las que patrocina, entre otros, el Programa VINTEC del Ministerio de Ciencia y Tecnología en forma gratuita.

### **A modo de conclusión:**

“La actitud hacia el futuro ciertamente resume la filosofía de la organización, sus fines teleológicos (para qué fue creada y existe); al determinar las acciones presentes y en el análisis de información que precede a la toma de decisiones, se anticipa y se prepara para la acción”... (Bas, E., 2004, *Prospectiva. Cómo usar el pensamiento sobre el futuro*. España: Editorial Ariel.).

(\*) **Juan Carlos Pérez Arrieu:** Coronel de Artillería (R)Ejército Argentino ; Ingeniero Electrónico (Instituto Universitario del Ejército/Escuela Superior Técnica); Especialista en Higiene y Seguridad (UMdP); MBA (Universidad de Palermo); Consultor; Docente Universitario de la Facultad de Ingeniería del Ejército y de la Universidad Tecnológica Nacional; Director del CEPTM “Gr1 MOSCONI”; miembro del Área de Prospectiva de Energía Eléctrica (APEE FRGP) y del grupo de interés de Energía del Mar Argentino (GEMA).



## 2. INFORMÁTICA

### 2.1

# Informática, Vigilancia Tecnológica y sus Objetos de Estudio

Por el Coronel (R) VGM Ingeniero Militar José Fernando López\*

*La aparición de Internet en el mundo ha generado una verdadera revolución en la forma de hacer las cosas. Para llegar a comprender las posibilidades que ofrece, debemos tener una noción de su dimensión y alcances en los distintos ámbitos de la vida real.*

*Por otro lado, la Vigilancia Tecnológica del CEPTM “Gr1 MOSCONI” utiliza intensivamente este recurso para hacer observación y análisis sobre un conjunto de objetos de estudio en el que se incluyen las tecnologías consideradas disruptivas y con alto potencial de innovación y crecimiento, así como con efectos sobre el ámbito de la Defensa.*

### Introducción

En 1974, Vinton G. Cerf<sup>1</sup> y Robert E. Kahn<sup>2</sup>, ambos trabajando en DARPA<sup>3</sup> sobre ARPANET, presentan algunos trabajos que describen un novedoso Protocolo de intercomunicación de redes<sup>4</sup> y los detalles sobre su funcionamiento<sup>5</sup>. Se creó allí el Protocolo TCP/IP, que dio origen a la arquitectura de Internet.

En 1989 y luego de casi diez años de trabajo en el tema, Tim Berners-Lee<sup>6</sup>, un científico británico con tareas en el laboratorio CERN<sup>7</sup>, presenta su invención, la *World Wide Web* (WWW)<sup>8</sup>, para facilitar la cooperación e intercambio de documentos entre la comunidad científica y miembros de Instituciones Educativas. El uso de hipertexto<sup>9</sup> en el intercambio de información entre un equipo cliente y un equipo servidor facilitaba las tareas y hacía “más

1. Dennis, Michael Aaron (2008-2016). Vinton Cerf. Encyclopædia Britannica, Inc. Recuperado de <https://www.britannica.com/biography/Vinton-Cerf>

2. Dennis, Michael Aaron (2009-2016). Robert Kahn. Encyclopædia Britannica, Inc. Recuperado de <https://www.britannica.com/biography/Robert-Elliott-Kahn>

3. Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados de Defensa (DARPA, *Defense Advanced Research Projects Agency*), Departamento de Defensa, Arlington, Va, Estados Unidos. <http://www.darpa.mil/>

4. Cerf V. y Kahn R. (1974). *A Protocol for Packet Network Intercommunication* [Un protocolo para la intercomunicación de redes por paquetes]. IEEE Trans on Comms. <https://www.cs.princeton.edu/courses/archive/fall06/cos561/papers/cerf74.pdf>

5. Cerf V., Dalal Y., Sunshine C. (1974). *Specification of Internet Transmission Control Program* [Especificaciones sobre el programa de control de la transmisión de Internet]. <https://www.rfc-editor.org/pdf/rfc/rfc675.txt.pdf>

6. <https://www.britannica.com/biography/Tim-Berners-Lee>

7. Consejo Europeo para la Investigación Nuclear (CERN, *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*), Suiza. <http://home.cern/>

8. Vista del primer sitio web (recuperado y disponible en el sitio web del CERN) <http://info.cern.ch/>

9. El concepto de hipertexto fue creado en 1945 por Vannevar Bush (1890-1974), quien describió en el artículo “*As we may think*”, un dispositivo de base de datos que almacenaría documentos, al que llamó memex.

amigable” el trabajo sobre Internet, pero no fue hasta el 30 de abril de 1993 que el CERN pone en el dominio público el software de la WWW, con licencia abierta, permitiendo su libre reproducción, lo que generó un verdadero fenómeno mundial y abrió las puertas a “nuevas formas de hacer las cosas”.

A 41 años de la aparición del protocolo TCP/IP e Internet y a 25 años de la aparición del primer Website en el mundo, es posible afirmar que esos dos hechos disruptivos han traído como consecuencia una enorme cantidad de cambios que afectaron, en mayor o menor medida, todos los escenarios conocidos.

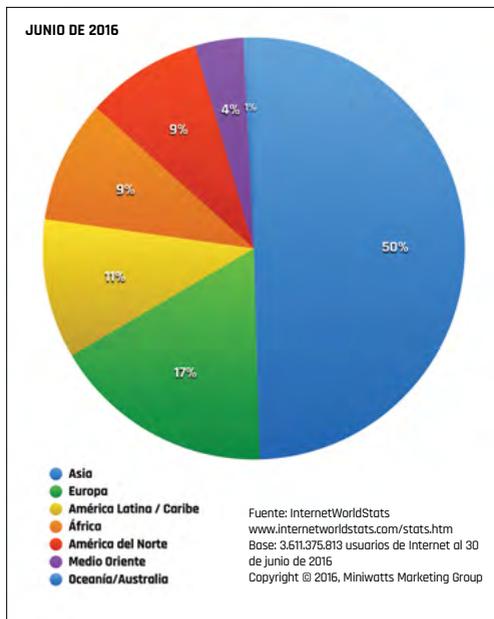
La historia detrás de Internet puede ser consultada en infinidad de sitios<sup>10</sup> y no es objeto de este artículo, pero sí lo es tratar de alcanzar una noción de magnitud cuando hablamos de Internet y poder mensurar de alguna manera sus límites, siendo más precisos en cuanto al contexto global, regional y en particular a nuestro país, a través de datos fiables.

La última información disponible dice que casi el 50 por ciento de los usuarios (1.792,1 millones) son del continente asiático, que los 34,8 millones de usuarios de la República Argentina representan el 0,963 por ciento del total y la región latinoamericana (que incluye el Caribe) se ubica en el 10,7 por ciento de usuarios.

Sin considerar otros aspectos cualitativos, uno de los aspectos que surge de la sola observación del gráfico es que mucha de esa información circula en una diversidad de idiomas donde el alfabeto latino no es el de uso más común, lo que obliga a implementar estrategias de búsqueda e intercambio de información particulares.

Diversos sitios dedicados en la web al uso estadístico<sup>12,13</sup> de recursos visibles<sup>14</sup> indican el crecimiento exponencial de los **datos** a nivel global. Se pueden mencionar al menos tres razones de peso para ello: el aumento de inversiones en fibra óptica y el mejoramiento de tecnologías para superar el tema de la “última milla”<sup>15</sup>; la utilización de aplicaciones de software cada vez más eficientes y el incremento de la infraestructura que debe sostener el performance de la red y la eficiencia del software,

#### USUARIOS DE INTERNET EN EL MUNDO POR REGIONES



10. *Internet Society* – Historia de Internet desde los primeros días de ARPANET hasta las tecnologías móviles de hoy en día. <http://www.internetsociety.org/internet/what-internet/history-internet>

11. Internet World Stats [Estadísticas mundiales de Internet] (2016). Miniwatts Marketing Group. <http://www.internetworldstats.com/stats.htm>

12. Internet World Stats [Estadísticas mundiales de Internet] (2016). Miniwatts Marketing Group. <http://www.internetworldstats.com/stats.htm>

13. Centro de análisis de datos de Internet (CAIDA, *Center for Applied Internet Data Analysis*) (s. f.). University of California's San Diego Supercomputer Center: Center for Applied Internet Data Analysis. <http://www.caida.org/home/>

14. La Internet visible (*surface web*) comprende los sitios con contenidos indexados a los cuales es posible acceder a través de cualquier buscador. En la Internet profunda (*deep web*) existen sitios de difícil acceso, en general con contenidos no indexados. En esa *deep web* también se encuentra la *dark web*, con sitios y contenidos ilegales (mercados de tráfico de armas, de drogas, de órganos, pornografía, etc.), generalmente cifrados. Para más información respecto a la *deep web*, se sugiere leer el informe 2015 Trend Micro (Empresa Seguridad IT) [http://www.trendmicro.com/cloud-content/us/pdfs/security-intelligence/white-papers/wp\\_below\\_the\\_surface.pdf](http://www.trendmicro.com/cloud-content/us/pdfs/security-intelligence/white-papers/wp_below_the_surface.pdf)

15. Se denomina tecnología de “última milla” a cualquier tecnología de telecomunicaciones que lleve señal del *backbone* (red troncal de telecomunicaciones) por una distancia relativamente corta (última milla) hacia y desde el usuario final.

lo que logra como resultado final que se almacene cada vez más información a costos cada día menores.

El volumen del intercambio de datos no es trivial, tal cual puede observarse en esta infografía<sup>16</sup>, que representa solo algunas aplicaciones populares en uso.

Esta tecnología disruptiva ha provocado, y continúa provocando, profundos cambios tanto en lo cultural, social, político, económico y, por supuesto, en lo militar.

Desde lo cultural, con su influencia sobre medios de comunicación y las artes, permite la difusión, promoción y acceso masivo a contenidos culturales de todo tipo. Cabe aclarar que esta afirmación está condicionada por algunas premisas:

- > Aún en países desarrollados, la tecnología e Internet están ausentes o reducidas para muchas personas.
- > La tecnología e Internet no cambian al individuo, este se va adaptando a su nuevo entorno<sup>17</sup>.
- > En algunas naciones se evidencia injerencia política, intervención sobre la red e intentos de control del medio, así como intereses económicos en pugna.

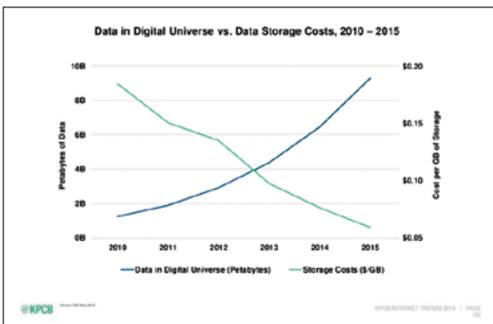
Desde lo social, el avance de un sinnúmero de aplicaciones de *social media* ha facilitado el vínculo e interacción entre personas de todo el mundo. Para tomar dimensión de ello, solo

ESTADÍSTICAS DE USO MUNDIAL DE INTERNET Y POBLACIÓN.  
30 DE JUNIO DE 2016, ACTUALIZACIÓN.

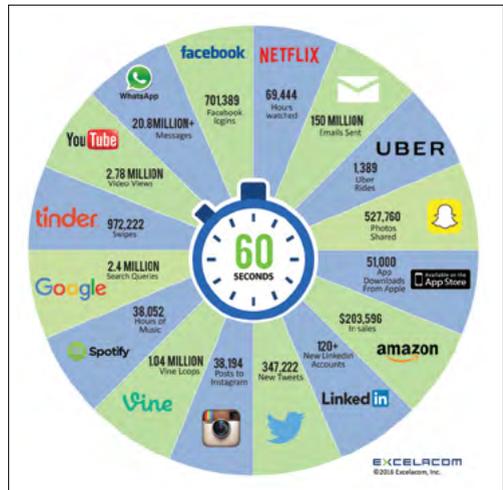
WORLD INTERNET USAGE AND POPULATION STATISTICS JUNE 30, 2016 - Update						
World Regions	Population (2016 Est.)	Population % of World	Internet Users 30 June 2016	Penetration Rate (% Pop.)	Growth 2009-2016	Table % Users
Asia	4,052,652,889	55.2 %	1,846,212,654	45.6 %	1,515.2%	50.2 %
Europe	832,073,224	11.3 %	614,979,903	73.9 %	485.2%	16.7 %
Latin America / Caribbean	626,119,788	8.5 %	384,751,302	61.5 %	2,029.4%	10.5 %
Africa	1,185,529,578	16.2 %	340,783,342	28.7 %	7,448.8%	9.3 %
North America	369,492,293	4.9 %	320,067,193	89.0 %	196.1%	8.7 %
Middle East	246,700,900	3.4 %	141,489,766	57.4 %	4,207.4%	3.8 %
Oceania / Australia	37,590,820	0.5 %	27,540,654	73.3 %	261.4%	0.8 %
<b>WORLD TOTAL</b>	<b>7,340,159,492</b>	<b>100.0 %</b>	<b>3,675,824,813</b>	<b>50.1 %</b>	<b>918.3%</b>	<b>100.0 %</b>

NOTES: (1) Internet Usage and World Population Statistics updated as of June 30, 2016. (2) CLICK on each world region name for detailed regional usage information. (3) Demographic (Population) numbers are based on data from the U.S. Census Bureau, Eurostats and from local census agencies. (4) Internet usage information comes from data published by Nielsen Online, by the International Telecommunications Union, by GfK, by local ICT Regulators and other reliable sources. (5) For definitions, disclaimers, navigation help and methodology, please refer to the Site Surfing Guide. (6) Information in this site may be cited, giving the due credit and placing a link to [www.internetworldstats.com](http://www.internetworldstats.com). Copyright © 2001 - 2016, Miniwatts Marketing Group. All rights reserved worldwide.

DATOS EN EL UNIVERSO DIGITAL VS EL COSTO DE ALMACENAMIENTO (2010-2015)



¿QUÉ PASA EN UN MINUTO DE INTERNET EN 2016?

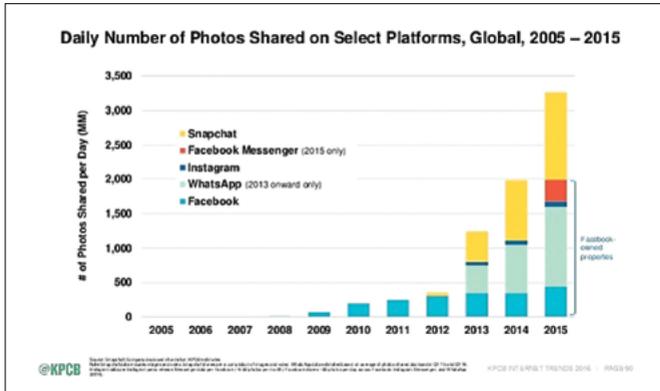


16. Leboeuf K. (2016). 2016 UPDATE: WHAT HAPPENS IN ONE INTERNET MINUTE? Excelacom, Inc. <http://www.excelacom.com/resources/blog/2016-update-what-happens-in-one-internet-minute>

17. Gibson J. (1977). The Theory of Affordances [Teoría de las posibilidades de uso del entorno].

basta mencionar dos ejemplos: los usuarios registrados en Facebook, como plataforma social más popular con 1,65 billones de usuarios activos<sup>18</sup>, o la tasa de crecimiento diario de imágenes compartidas a través de redes sociales en los últimos años<sup>19</sup>.

CANTIDAD DIARIA DE FOTOS QUE SE COMPARTEN EN PLATAFORMAS SELECTAS, GLOBAL, 2005 - 2015



La conectividad ubicua (internet móvil) y la masiva cantidad de aplicaciones a disposición están permitiendo a las personas interactuar con el mundo físico a través de nuevos modos de percepción y conocimiento; y se espera que en un futuro próximo no estemos pensando en Internet, sino que este forme parte del entorno, que sea invisible al usuario<sup>20</sup>.

Desde lo político, estrategias de modernización de los estados y el uso intensivo de

las TICs<sup>21</sup> han promovido una mejora en la eficiencia, transparencia, optimización y articulación a través de diversos proyectos de **gobierno digital**, educación y salud, lo que acercó las necesidades y aportes de los ciudadanos a la gestión pública y a la política.

Desde lo económico, basta mencionar solamente uno de esos avances debido a su alto impacto: la computación en la nube (*cloud computing*), que permite ofrecer servicios a través de la red, entre otras facilidades, y que alcanza niveles de penetración extraordinarios, al decir del Dr. Jorge Castro *"El núcleo del capitalismo avanzado del siglo XXI está constituido por cinco gigantescas plataformas de hipercomputación: Amazon, Apple, Facebook, Google y Alibaba (cuatro norteamericanas, una china), que cubren el planeta entero y cuentan con más de 5.000 millones de usuarios superpuestos, 70 por ciento de la población mundial."*<sup>22</sup>

Desde lo militar, ha modificado muchos conceptos tradicionales en la manera de analizar, encarar y resolver algunos tipos de conflictos. Aparecen nuevos conceptos, amenazas, oportunidades y nuevos espacios, en particular el digital, campo donde se desarrollan acciones de interés estratégico de la defensa y la seguridad; comenzamos a tratar con nuevos términos asociados a ese espacio: ciberdefensa, ciberguerra, ciberseguridad, ciberterrorismo.

En esos espacios se desdibujan las reales potencialidades de las naciones, las dimensiones de los recursos bélicos tienen relativo peso y el dominio tecnológico específico del medio pasa a ser la clave del éxito, donde unos pocos individuos pueden causar daños a muchos.

18. Number of monthly active Facebook users worldwide as of 3rd quarter 2016 (in millions) [Cantidad de usuarios activos de Facebook por mes en el mundo del tercer trimestre de 2016 (en millones)]. (2016) Statista. <https://www.statista.com/statistics/264810/number-of-monthly-active-facebook-users-worldwide/>

19. Litsa T. (2016). Meeker report: what you should know about the rise of visual content [Informe de Meeker: lo que debes saber sobre el aumento del contenido visual]. ClickZ Group. <https://www.clickz.com/meeker-report-what-you-should-know-about-the-rise-of-visual-content/101479/>

20. Gonzalo, M. (2013). Entrevista a Vint Cerf: Internet será invisible en 2050. Madrid. [http://www.eldiario.es/turing/Entrevista-Vint-Cerf-Internet-invisible\\_0\\_149435840.html](http://www.eldiario.es/turing/Entrevista-Vint-Cerf-Internet-invisible_0_149435840.html)

21. Acrónimo de "Tecnologías de la Información y las Comunicaciones"

22. Castro, J. (2016). "Nube": la nueva revolución industrial. Argentina. Clarín.com. [http://www.ieco.clarin.com/economia/Nube-nueva-revolucion-industrial\\_0\\_1631836811.html](http://www.ieco.clarin.com/economia/Nube-nueva-revolucion-industrial_0_1631836811.html)

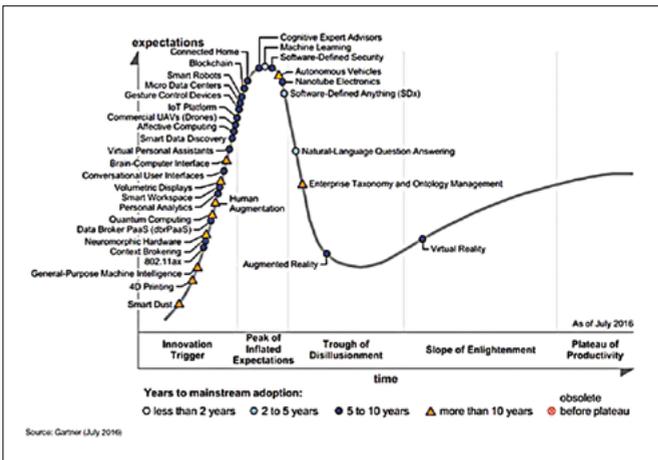
**“Hoy no tuvimos suerte, pero recuerde que solo necesitamos tener suerte una vez. Usted tendrá que tener suerte siempre”.**<sup>23</sup> Este es uno de los desafíos de este nuevo espacio digital, que obliga a los estados y su componente de Defensa Nacional a estar preparados en todo momento para esa compleja misión. Es la única forma de que el **éxito** nunca dependa de la **suerte**.

### La Vigilancia Tecnológica y sus objetos de estudio

Resulta impensado pretender que esta breve enumeración de temas pueda alcanzar a cubrir el conjunto de aspectos que abarca la informática, representar el estado del arte en las ramas de conocimiento específico o en su proyección futura.

Una serie de organizaciones estatales y empresas a nivel internacional dedican sus mejores esfuerzos a tratar de vislumbrar ese devenir. A ese respecto, Gartner Inc.<sup>24</sup> publica anualmente una serie de gráficas representadas con el mismo tipo de curva que denomina *“hype cycle”* (de sobreexpectativa) y que muestran de manera sencilla la madurez para una tecnología específica. Así, es posible observar cinco zonas bien definidas en esas gráficas: el lanzamiento, el pico de expectativas sobredimensionadas, el abismo de desilusión, la rampa de consolidación y la meseta de productividad.

La gráfica 2016 de las Tecnologías Emergentes<sup>25</sup> posiciona varios temas ligados a la informática en la curva ascendente de lanzamiento hasta el pico de expectativas.



Teniendo en cuenta que existe un sinnúmero de temas, algunos de gran importancia, sobre los que es posible realizar Vigilancia Tecnológica, se hace necesario optimizar los recursos y acotar el universo de búsqueda, centrando la Vigilancia Tecnológica del área Informática del CEPTM “Gr1 MOSCONI” en algunos objetos de estudio, que se presumen disruptivos, con gran potencial en innovación y reales expectativas de mejora en el estado del arte.

**Big Data.** Consecuencia del crecimiento exponencial de datos, hace ya varios años se viene avanzando en distintas soluciones para el tratamiento de grandes cantidades de información (datos masivos o *Big Data*), su recolección y uso, la datafication<sup>26</sup> descrita por Viktor Mayer-Schönberger<sup>27</sup>, uno de los precursores en este tema.

23. Comunicado del IRA (*Irish Republican Army*) del 13 de octubre de 1984, luego del atentado contra Margaret Thatcher en el Grand Hotel de Brighton.

24. Empresa de Investigación Tecnológica y Consultoría, Stamford, Estados Unidos. <http://www.gartner.com/>

25. *Gartner's 2016 Hype Cycle for Emerging Technologies Identifies Three Key Trends That Organizations Must Track to Gain Competitive Advantage* (2016). <http://www.gartner.com/newsroom/id/3412017>

26. Mayer-Schönberger, V. y Cukier K. (2013). *Big Data: A Revolution That Will Transform How We Live, Work, and Think*.

27. <https://www.oii.ox.ac.uk/people/viktor-ms/>

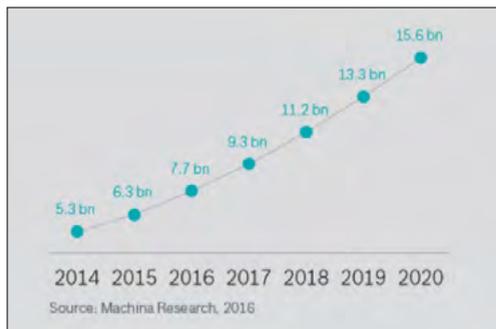
Pese a las complejidades del almacenamiento, búsqueda, recuperación, análisis y utilización de algunos tipos de datos<sup>28</sup>, se están empleando actualmente algunas soluciones que permiten manejar grandes volúmenes de información<sup>29</sup>.

**Web Semántica.** Sin embargo, para continuar escalando es imperioso continuar concretando las ideas<sup>30</sup> de la web semántica, ya bosquejadas en 1998 por Tim Berners-Lee quien es hoy uno de sus más fuertes impulsores a través del W3C<sup>31</sup> y del Laboratorio de Ciencias de Computación de MIT<sup>32</sup>, del cual es director.

El concepto de la web semántica es un salto cualitativo para la búsqueda de Internet, se trata básicamente de *desambiguar el significado* de las palabras utilizadas, para que, a través de una ontología<sup>33</sup>, el motor de búsqueda “comprenda” lo que debe buscar, en la idea de acotar el espectro de búsqueda o hacerla más eficiente.

**Internet de las cosas**<sup>34</sup>. Los objetos de la vida real no estarán aislados. El desarrollo de sensores inalámbricos de bajo costo y actuadores que puedan recopilar datos, hacer el seguimiento de actividades, tomar decisiones y optimizar procesos es un punto de suma importancia que va a mejorar sin lugar a dudas las condiciones económicas de las próximas décadas. Se estima que el número total de conexiones IoT crecerá de seis billones en 2015 a veintisiete billones en 2025<sup>35</sup>.

LA CANTIDAD DE DISPOSITIVOS CONECTADOS SUPERARÁ LOS 15 MIL MILLONES EN EL 2020.



Hoy ya encontramos “vehículos autónomos” que circulan con escasa o nula intervención humana, “casas inteligentes” que autorregulan sus funciones principales y otros dispositivos que muestran la viabilidad del IoT. Un estudio de futuros producido por Machina Research ha relevado un conjunto de 58 áreas o usos del IoT dentro de ocho sectores principales, donde en cada sector también podemos definir un conjunto diverso de dispositivos, aplicaciones y servicios.<sup>36</sup>

La clave del IoT es la *integración*. El actual desafío en la industria son las Empresas, Alian-

28. La mayor dificultad radica en el tratamiento de datos **Semiestructurados** (Ej: HTML, XML, ID3, etc) y datos **NO Estructurados** (Ej: Imágenes, PDF, texto, mails, etc).

29. **HADOOP** (tecnología de Apache) utilizada por Yahoo (también por IBM, Ebay, AOL, LinkedIn, Twitter y otros); **MapReduce** (tecnología de Google) y Colossus (Google File System) de uso por Google.

30. *Oxford Internet Institute. Professor Viktor Mayer-Schönberger* [Instituto Oxford en Internet. Profesor Viktor Mayer-Schönberger] <https://www.w3.org/DesignIssues/Semantic.html>

31. *World Wide Web Consortium* (<https://www.w3.org/>)

32. *Massachusetts Institute of Technology* (<http://web.mit.edu/>)

33. La Ontología, desde el punto de vista de la informática, se puede definir como un conjunto de términos estructurados que describen un dominio y que pueden ser utilizados como insumo en una base de conocimientos. Se describen en un lenguaje formal (un vocabulario con normas, propiedades, objetos y relaciones) que pueda ser interpretado por una computadora.

34. Internet de las cosas (IoT, Internet of Things), Internet de todo (IoE, Internet of Everything).

35. PRESS RELEASE: GLOBAL INTERNET OF THINGS MARKET TO GROW TO 27 BILLION DEVICES, GENERATING USD3 TRILLION REVENUE IN 2025 [Comunicado de prensa: el mercado global de Internet de las cosas crecerá a 27 mil millones de dispositivos, lo que generará tres billones de dólares en ganancias] (2016). Machina Research. <https://machinaresearch.com/news/press-release-global-internet-of-things-market-to-grow-to-27-billion-devices-generating-usd3-trillion-revenue-in-2025/>

36. IOT FORECASTS [Previsiones sobre la Internet de las cosas] Machina Research. <https://machinaresearch.com/what-we-do/advisory-service/iot-forecasts/>

zas y Organizaciones que interactúan para lograr el predominio y poder fijar los estándares para IoT<sup>37</sup> a utilizar como *protocolo de comunicaciones*, lo que genera varios conflictos y pujas por los intereses en juego. Vemos también las **plataformas IoT** que aparecen en la gráfica *hype cycle* de Gartner que no son otra cosa que aplicaciones IoT sobre protocolos estándar.

Podemos mencionar algunos estándares conocidos dentro de los wearables y de uso en el hogar: IEEE 802.15.4, RFID, Wi-Fi, BLUETOOTH, 4G, LTE, CDMA, DECT, y dentro de los sistemas M2M<sup>38</sup> en el ámbito comercial, los más difundidos son MQTT, LP-WAN (Low-Power Wide-Area Network), LoRa/LoRaWAN, Z-Wave, XMPP, ZIGBEE, ECHONET, HYPERCAT, SIGFOX y NB-IoT (Narrow-Band IOT) y DASH7 en el ámbito de la Defensa. Para el análisis de estos protocolos debemos tener en cuenta las necesidades tecnológicas de interoperabilidad, empleo, alcance y otros requerimientos propios de la aplicación final, en otras palabras, su uso final.



**Criptografía.** La investigación y desarrollo de técnicas matemáticas que se plasman en algoritmos y protocolos que buscan hacer cada día más seguras las comunicaciones y el intercambio de información manteniendo la privacidad, confidencialidad e integridad de los datos ha alcanzado avances significativos en el último siglo.

Los algoritmos de cifrado de clave *simétrica* (clave única), de clave *asimétrica* (clave pública) y los *híbridos* (combinación de ambos) continúan en uso, pero ha hecho irrupción la criptografía *cuántica*<sup>39</sup> con otras prestaciones, requerimientos más complejos en infraestructura y equipamiento, pero difícilmente quebrantable<sup>40</sup>, ya que depende más de la física que de las matemáticas.

**Ciberdefensa/Ciberseguridad.** En los últimos años se ha venido ampliando la superficie de ataque en el espacio digital y han aumentado los objetivos potenciales.

Según el último Reporte de McAfee<sup>41</sup>, nos enfrentamos a una guerra digital Estado-Nación que incluye ataques patrocinados por estados (siempre negados por ellos) y espionaje a largo plazo, siendo algunos indicadores la rápida evolución del malware, el aumento del volumen de los ataques y la gran escala de esos ataques de Estado-Nación.

37. Del conjunto de estándares, los mayores problemas se dan sobre estándares M2M (*Machine to Machine*).

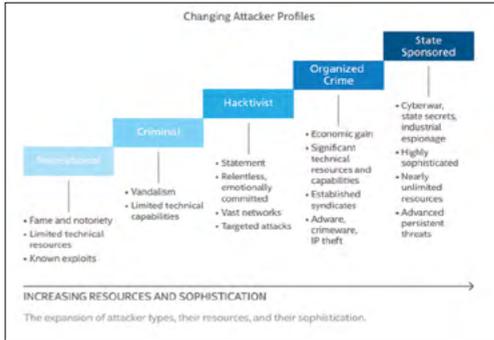
38. *Machine to Machine* (dispositivo a dispositivo)

39. La clave se codifica en fotones (en spin) que circulan entre dos partes que quieren compartir datos en privado. La base de su funcionamiento es el principio de incertidumbre de Heisenberg, que sostiene que no es posible "mirar" esos fotones sin perturbarlos, es decir sin cambiarlos o destruirlos, lo cual asegura la detección de interferencia.

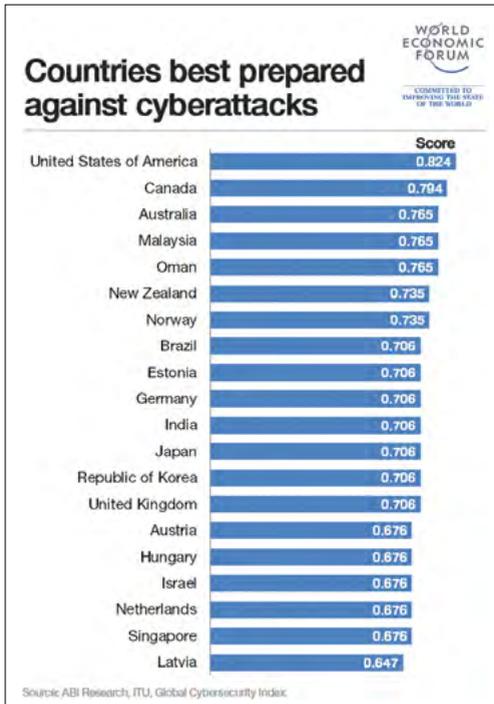
40. Resulta imposible en cualquier sistema no *perturbarlo* al querer medir su estado cuántico.

41. Antoniewicz, B. et al. (2015). McAfee Labs Threats Report [Informe de McAfee Labs sobre amenazas] <http://www.mcafee.com/us/resources/reports/rp-quarterly-threats-aug-2015.pdf>

**CAMBIO DEL PERFIL DEL ATACANTE**



**PAÍSES MEJOR PREPARADOS CONTRA CIBERATAQUES**



De acuerdo al informe de ICS-CERT<sup>42</sup>, se produjo un incremento del 20 por ciento en el último año en la cantidad de incidentes informáticos que fueron notificados y que afectaron infraestructura crítica<sup>43</sup> en Estados Unidos, y reveló que los más atacados eran los sistemas de energía, de agua y de transporte. Este dato toma mayor relevancia cuando consideramos que el Foro Económico Mundial<sup>44</sup> entiende que Estados Unidos es el país más preparado contra estos Ciberataques.<sup>45</sup>

Algunas encuestas del último año<sup>46</sup> revelan a las amenazas internas (53 por ciento) como la *mayor preocupación* de responsables de tecnología de la información (IT) respecto de los incidentes, seguido por las vulnerabilidades no resueltas (50 por ciento) y el malware avanzado (50 por ciento); y si buscamos información disponible sobre motivaciones en ataques informáticos, encontramos al CiberCrimen (72,4 por ciento) como el más relevante y con menor peso al CiberEspionaje (9,5 por ciento) y a la CiberGuerra (4,3 por ciento).<sup>47</sup>

El incremento de los incidentes es una realidad<sup>48</sup> que se prevé que continuará en el tiempo y, más allá del nivel de riesgo, de las motivaciones de los atacantes o de las medidas adoptadas por los responsables de IT, obliga a implementar todas las acciones preventivas posibles sobre la infraestructura crítica nacional y de la defensa.

**Reflexiones finales**

Hasta aquí hemos hecho una breve recorrida por los objetos de estudio que resultan de interés para la Vigilancia Tecnológica, pero el objetivo es más ambicioso. Se busca in-

42. Equipo de Respuesta de Emergencia de Seguridad Informática (ICS-CERT, *Industrial Control Systems Cybersecurity Emergency Response Team*)  
 43. NCCIC/ICS-CERT *Year in Review* (2015). Departamento de Seguridad Nacional. [https://ics-cert.us-cert.gov/sites/default/files/Annual\\_Reports/Year\\_in\\_Review\\_FY2015\\_Final\\_S508C.pdf](https://ics-cert.us-cert.gov/sites/default/files/Annual_Reports/Year_in_Review_FY2015_Final_S508C.pdf)  
 44. Foro Económico Mundial. <https://www.weforum.org/> (El Foro Económico Mundial es una Organización Internacional de Cooperación Público-Privada).  
 45. Stupples, D. (2015). *What is information warfare? [¿Qué es la guerra de la información?]* Foro Económico Mundial. <https://www.weforum.org/agenda/2015/12/what-is-information-warfare/>  
 46. Proficio. <http://proficio.com/annual-cybersecurity-survey-reveals-challenges-for-2016/>  
 47. Hackmageddon (2016). <http://www.hackmageddon.com/category/security/cyber-attacks-statistics/>  
 48. <https://securelist.com/statistics/> (Herramienta de Kasperski Lab, que proporciona información online sobre ataques en web, infección, spam, vulnerabilidades y riesgos detectados por su software.)

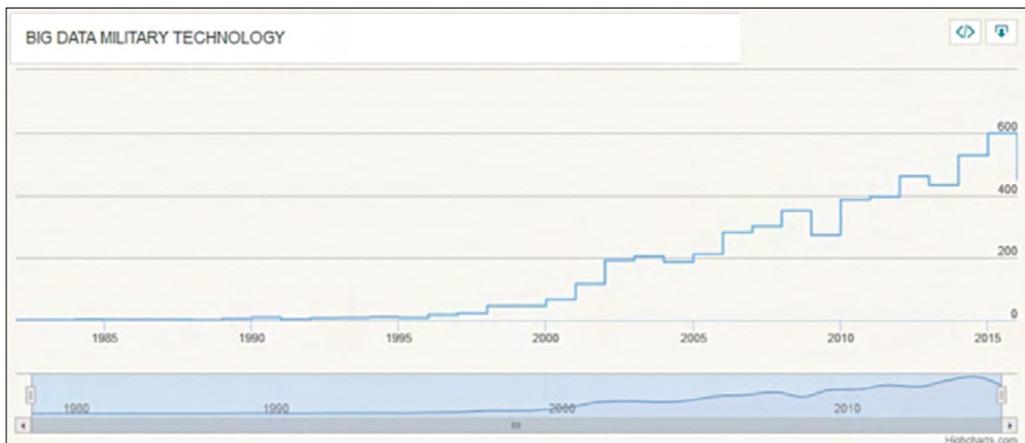
ferir el impacto de esos temas tecnológicos en que están enfocados los estudios, sobre el área de la Defensa.

Así, cuando DARPA lanza el “*Cyber Grand Challenge*”<sup>49</sup>, el primer torneo de piratería informática del mundo, nos permite ver cómo inteligentemente descubren talentos, acotan los riesgos y, al mismo tiempo, detectan sus vulnerabilidades. También asistimos al avance de la República Popular China en comunicaciones seguras, con el lanzamiento del primer satélite cuántico<sup>50</sup> en el mundo, que tiene su correlato en la Defensa y sobre la **criptografía** cuántica. No menos importante son los desafíos que se presentan en las tecnologías de *Big Data* para el manejo de volúmenes cada vez mayores de información, evitando caer en la predicción de Vinton Cerf acerca de la “era oscura digital”<sup>51</sup> o si vemos las tecnologías aplicadas sobre **IoT**, con pruebas reales a través de varios tipos de vehículos “*unmanned*” (no tripulados) en prueba, solo a la espera de una mayor “seguridad en su control”.

Estas tres gráficas sobre documentos de patentes<sup>52</sup> revelan el interés real y el esfuerzo intelectual para innovar sobre estos temas tecnológicos relacionados con las áreas de la Defensa.

El seguimiento de los avances tecnológicos es acelerado y complejo. Se puede aseverar que esa expectativa futura se sostiene sobre el postulado de la “*ley de rendimientos acelerados*”<sup>53</sup> de Ray Kurzweil<sup>54</sup>, que explica en su ensayo el **crecimiento exponencial tecnológico**, que extiende la conocida ley de Moore<sup>55</sup> a otras tecnologías, lo cual le permite afirmar que “**siempre que una nueva tecnología alcance un cierto tipo de barrera se inventará otra tecnología para permitir cruzar esa barrera**”.

#### TECNOLOGÍA MILITAR DE DATOS MASIVOS



49. Walker, M. (s.f.). Cyber Grand Challenge (El gran desafío cibernético). DARPA. <http://www.darpa.mil/program/cyber-grand-challenge>

50. CHINA ha puesto en órbita el primer satélite de comunicaciones cuántico (2016). <http://www.ceptm.iue.edu.ar/index.php/2016/08/17/qss-china-ha-puesto-en-orbita-el-primer-satelite-de-comunicaciones-cuamico-larga-marcha-cz-2d/>

51. Ghosh, P. (2015). El padre de internet predice una “era oscura digital”. BBC. [http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/02/150213\\_tecnologia\\_era\\_oscura\\_digital\\_lv](http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/02/150213_tecnologia_era_oscura_digital_lv)

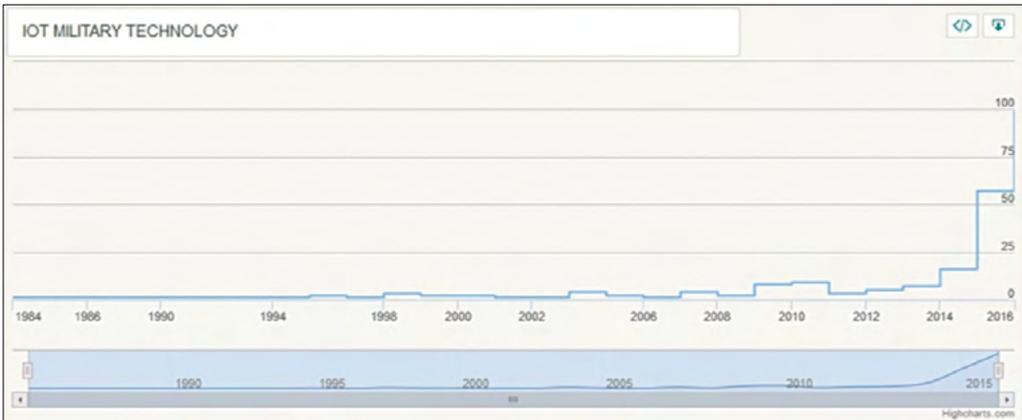
52. Lens. (s.f.). <https://www.lens.org/lens/>

53. Kurzweil, R. (2001) *The Law of Accelerating Returns* (La ley de rendimientos acelerados). <http://web.archive.org/web/20100619033859/http://www.kurzweilai.net/articles/art0134.html?printable=1>

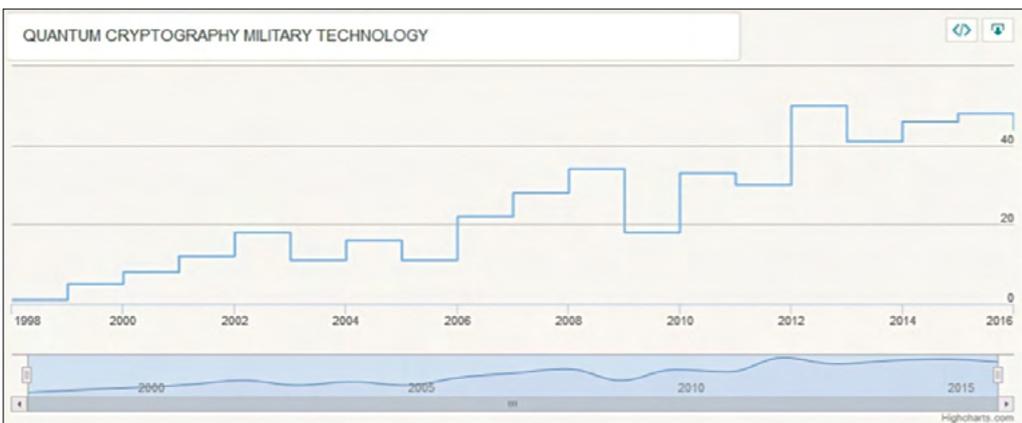
54. Ray Kurzweil (2001) Licenciado en Ciencias de MIT, inventor y futurista. Director de Ingeniería de Google; uno de los promotores de la singularidad tecnológica. (<http://www.kurzweilai.net/ray-kurzweil-curriculum-vitae>)

55. Gordon E. Moore, cofundador de Intel, en 1965 afirmó que “el número de transistores de un microprocesador se duplicaría cada año”. Esta afirmación se basó en la mera observación y no tuvo base científica, pero se la conoce desde entonces como la “Ley de Moore”, cumpliéndose casi siempre hasta nuestros días.

### TECNOLOGÍA MILITAR DE INTERNET DE LAS COSAS



### TECNOLOGÍA MILITAR DE CRIPTOGRAFÍA CUÁNTICA



Hasta allí queremos llegar.

*“Solo podemos ver poco del futuro, pero lo suficiente para darnos cuenta de que hay mucho por hacer”.*<sup>56</sup>

(\*) **José Fernando López:** Coronel de Infantería (R) Ejército Argentino; Ingeniero en Informática (Instituto Universitario del Ejército/Escuela Superior Técnica); 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 "Grl MOSCONI").

56. Alan Mathison Turing (1912-1954). Matemático, Lógico y Criptógrafo Británico.

## 3. QUÍMICA

### 3.1

# Campos de interés de la ingeniería química militar

Por el Coronel (R) Ingeniero Militar Carlos Hugo Trentádue\*

#### Resumen

Con este artículo buscaremos trazar un panorama de los campos de acción en que concentraremos la atención en el Centro de Estudios sobre Prospectiva Tecnológica Militar “Gr1 MOSCONI” referidos a la ingeniería química militar. En síntesis, la búsqueda será desarrollada sobre productos definidos como de interés, los procesos tecnológicos involucrados en su fabricación y los mercados, tanto desde el punto de vista de la oferta como de la demanda. Las áreas generales serán los materiales energéticos, los temas de almacenamiento de energía y otras áreas de tecnología química. Referente a los materiales energéticos, nos dedicaremos en particular a los propulsores, explosivos y pirotecnia, tanto de uso militar como en aplicaciones de doble uso. Con respecto a los temas de almacenamiento de energía partiremos del estado del arte en este campo y nos focalizaremos en temas de almacenamiento químico de energía. Análogamente, seguiremos los desarrollos de supercapacitores y de medios de cosecha de energía. Referente a los otros temas de tecnología química y atendiendo a demandas específicas de cámaras industriales del sector, veremos los avances en tecnologías vestibles, en particular los desarrollos en textiles, su integración con sensores incorporados en los mismos y su aplicación al campo militar, tanto uniformes como medios de protección individual y colectiva, y, siempre dentro de este campo, veremos elementos relacionados con desarrollos en tecnología de alimentos que sean de interés de las fuerzas.

Finalmente, seguiremos los desarrollos de las armas de destrucción masiva, en particular los sistemas de detección, profilaxis, protección y remediación de los efectos que su empleo pudiese tener.

**Palabras clave:** Ingeniería química militar; materiales energéticos; propulsores; explosivos; pirotecnia; almacenamiento de energía; baterías; supercapacitores; cosecha de energía; pila de combustible; tecnologías vestibles; uniformes; textiles; tecnología de alimentos; armas de destrucción masiva; protección contra ADM; defensa contra ADM.

#### Introducción

La defensa nacional y la industria química comparten algunas características comunes. Ambas son actividades necesarias para el desarrollo de una nación y también ambas son poco

populares, dado que en las sociedades modernas, parafrasando a David Hume,<sup>57</sup> se cumple que “los hombres no son capaces de desarraigar, en ellos o en otros, la estrechez del alma que les hace preferir lo presente a lo remoto”. Es decir, esa característica que nos impide desarrollar nuestras actividades presentes sin comprometer el futuro de las próximas generaciones, y es así que todos aceptamos los beneficios de vivir en paz y el fácil acceso a productos que hoy consideramos esenciales para nuestro estilo de vida, pero fácilmente criticamos los costos que ellos nos imponen.

Nuevas sustancias y compuestos químicos, es decir nuevas moléculas, polímeros y mezclas definidas son sintetizadas en laboratorios alrededor del planeta a un ritmo de varios millones cada año, y el Chemical Abstract Service asigna en el orden de 15.000 nuevos registros diariamente<sup>58</sup>. Estas sustancias, existentes, recientemente creadas y las próximas a aparecer, sus propiedades fisicoquímicas, toxicológicas, su impacto ambiental, sus métodos de fabricación, su cadena de suministros, etcétera, son los campos de acción de químicos e ingenieros químicos.

En su marco más general, las ciencias químicas se ocupan de sustancias y de sus transformaciones, tanto químicas como físicas, y buscan comprender los mecanismos precisos de estas transformaciones para construir modelos predictivos que permitan el diseño de procesos y el control de los mismos, para producir los compuestos de interés en escalas que tengan valor comercial y provean un beneficio para la sociedad.

Dentro de su campo de interés, los científicos químicos también tratan de comprender las propiedades biológicas de las sustancias naturales y artificiales. Esto incluye no solo el descubrimiento y comprensión de las estructuras moleculares detalladas de todas las sustancias en los seres vivos, sino también las transformaciones que ocurren en los procesos de la vida. Buscan entender las propiedades de sustancias aisladas y extender ese conocimiento a la interacción en sistemas organizados, desde una célula viva hasta el complejo sistema poliquímico que es la Tierra en sí misma.

Los ingenieros químicos se ocupan del diseño, modelización, *scaling-up* y la construcción de grandes sistemas químicos y procesos para producir sustancias de interés. Esto requiere el dominio de las transformaciones químicas y físicas de la materia. Ellos aportan las herramientas cuantitativas, analíticas y computacionales para el diseño y desarrollo de operaciones químicas, sistemas y procesos.

La evolución de la ingeniería química como una disciplina distinta dentro de las ciencias químicas se produjo, en gran medida, a lo largo del siglo XX, cuando fue cambiando junto con los avances tecnológicos que posibilitaron la aparición de nuevos equipos de producción y metodologías de control.

Como otros campos de la ciencia y tecnología, la ingeniería química ha cambiado sus alcances en el mundo a partir de fines del siglo pasado. La investigación química básica comenzó a solaparse con la ingeniería química en una medida sin precedentes. Sin duda, la química e ingeniería química han alcanzado un alto nivel de integración a través de todo el espectro de las ciencias químicas.

La ingeniería química aplicada al área de la defensa tiene las mismas características generales que el resto de las ingenierías, pero debe aplicar su mirada en particular sobre campos que le son de particular, y en algunos casos, de exclusivo interés.

Considerando que siempre orientaremos nuestra búsqueda a tres aspectos de cada tecnología: producto, proceso y mercados, podemos clasificarla en los siguientes grupos:

57. "...Men are not able radically to cure, either in themselves or others, that narrowness of soul, which makes them prefer the present to the remote..."  
Hume, D., (2001), Tratado de la naturaleza humana, Libros en la Red, versión electrónica, Diputación de Albacete, pág. 381.

- > Descubrimiento: los principales descubrimientos o avances en las ciencias químicas durante los últimos años, en especial, aquellos que podamos catalogar como el estado del arte.
- > Interfaces: las interfaces que existen entre química/ingeniería química y áreas tales como energía, biología, ciencias ambientales, ciencias de los materiales, tecnología de alimentos, medicina y física.
- > Desafíos: los grandes retos que existen hoy en las ciencias químicas.
- > Equipamiento: equipos e infraestructura que se requieren para permitir que el potencial de futuros avances en las ciencias químicas pueda llevarse a cabo.

Considerando lo expuesto, las grandes áreas donde concentramos nuestro accionar son:

- > *Materiales Energéticos*, es decir, propulsores, explosivos, composiciones pirotécnicas y combustibles. Sin descartar totalmente los combustibles, nuestro centro de gravedad estará aplicado a los otros tres campos, por ser de gran interés tanto para la defensa como para la seguridad y por sus aplicaciones industriales en los campos de la construcción y minería.
- > *Almacenamiento de energía*, es decir, todos los tipos de acumuladores y dispositivos para cosechar y almacenar energía.
- > *Otras áreas de tecnología química*, como las Tecnologías vestibles y, dentro de estas, aquellas relacionadas con la vestimenta del personal y la Tecnología de alimentos.
- > *Armas de destrucción masiva, desarme y no proliferación*. Si bien este no es un campo exclusivamente relacionado con la química, por las razones expuestas en la introducción, referentes a la interacción entre las ciencias biológicas y los procesos químicos que caracterizan la vida, también le dedicaremos nuestra atención.

### **Materiales Energéticos**

Desde la aparición de la pólvora negra, el ser humano ha usado las propiedades químicas de algunos materiales para multiplicar la energía puesta a su disposición. En particular, en el campo militar, el uso de la “lanza de fuego” en el sitio de la ciudad amurallada de De’an en 1132 en China<sup>59</sup> es uno de los primeros registros escritos del empleo bélico de esta sustancia que alguna literatura china llamaba *huo yao*, “droga de fuego”, cuya fórmula ya aparecía en un texto de la dinastía Song alrededor de 1044<sup>60</sup>.

Desde entonces, tuvieron que transcurrir más de seiscientos años para que a finales del siglo XIX se produjese un avance disruptivo en las tecnologías de armamentos, alimentado por dos grandes fuerzas motoras: por un lado, las grandes mejoras en propulsores (las pólvoras sin humo, tanto mono como polibásicas) y la aparición de los altos explosivos (ácido pícrico - 2,4,6-trinitrophenol y TNT) y, por el otro, la aplicación de métodos de producción altamente industrializados.

De manera general, los materiales energéticos se refieren a sustancias que almacenan una gran cantidad de energía química que puede ser liberada, que se clasifican como propulsores, explosivos y combustibles. En el contexto de este trabajo nos concentraremos en los dos primeros.

La primera pólvora “sin humo” fue descubierta por Paul Vieille en 1884 y puesta en servicio por Francia bajo el nombre de Poudre B a partir de 1886, apenas dos años después de su descubrimiento. Asimismo, desde 1894 los rusos comenzaron a usar ácido pícrico para llenado de munición explosiva. Ambos descubrimientos fueron rápidamente adoptados por

58. El CAS es un órgano de la American Chemical Society, que actualmente tiene registrados 116 millones de sustancias y 66 millones de secuencias de proteínas y ácidos nucleicos.

59. Chase, K., (2003), *Firearms: A Global History to 1700*, Cambridge University Press.

60. Ebrey, P., (2010), *The Cambridge Illustrated History of China* (2nd ed.). New York: Cambridge University Press.

casi todos los países. Si bien el TNT había sido descubierto en 1863 por Julius Wilbrand<sup>61</sup>, solo comenzó a ser usado para carga de munición en 1902 por Alemania.

Al producirse la Primera Guerra Mundial, estas innovaciones posibilitaron el abastecimiento a las fuerzas armadas combatientes de tal manera que les permitieron desarrollar operaciones a una escala pocas veces vista en el pasado, con alcances de armas mucho mayores y poderes destructivos impensables con los medios disponibles hasta ese momento.

Nuevamente, como ya había sucedido en el pasado con cada progreso científico y tecnológico aplicado al campo militar, esos armamentos y materiales impusieron la adaptación de la táctica y, en algunos casos, de las estrategias para lograr el mejor aprovechamiento de los nuevos medios técnicos. Y quienes no lo hicieron tuvieron que pagar un gran precio, normalmente en vidas humanas, hasta que finalmente se adaptaron al nuevo ambiente de combate o desaparecieron.

El desarrollo de la química en el siglo XX permitió muchos avances tecnológicos importantes que condujeron a la obtención de mayores rendimientos de los materiales existentes y al desarrollo de nuevos productos energéticos de baja sensibilidad a la iniciación accidental.

Este último punto, consistente con la reducción de riesgos en el manipuleo y operación de las herramientas de la profesión militar, llevó a la aparición de la llamada Munición de Baja Vulnerabilidad (LOVA - *Low Vulnerability Ammunition*), como la Composición B (60 % RDX/40 % TNT); los explosivos de ligante plástico, (PBX - *Plastic Bonded Explosives*, generalmente con altos porcentajes de RDX/HMX, en una matriz plástica inerte) y explosivos para municiones insensibles (IM - *Insensitive Munition* o también, MURAT - *Munitions à risques atténués*).

Pero pese a esos avances casi nada sucedió en el campo de los materiales energéticos hasta fines de siglo, cuando hacen su aparición un conjunto de nuevas sustancias energéticas, que fueron sintetizadas y pudieron ser fabricadas. Y desde entonces continúa la búsqueda de nuevas sustancias, habiéndose obtenido muy recientemente compuestos tales como los iones N5+ y N5- e intermediarios del hidrógeno metálico a escala laboratorio.

Si bien los cambios y tendencias no han sido los únicos desarrollos en el campo de la propulsión, en el marco de los materiales energéticos, focalizaremos nuestra atención en alguno de los más notables de ellos aparecidos en los últimos años, como el TEX, el FOX 7 y el 12, el ADN y otros compuestos que tienen la capacidad de revolucionar el campo de los energéticos militares, sin olvidar lo que se mencionó en los primeros párrafos respecto de que cada día aparecen nuevas moléculas que pueden ser el equivalente a la pólvora de Vieille o la nitroglicerina de Sobrero y revolucionar el campo.

Además de las sustancias en sí, avanzaremos en la descripción de los explosivos termo-báricos, las composiciones combustible-aire, los materiales reactivos y los propulsantes avanzados para armas. Para un ejemplo del estado del arte en este campo recomendamos ver el Documento 010816/00 "Tendencias en Materiales Energéticos" (propulsantes Y explosivos), producido por el Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar "General Enrique Mosconi" durante el corriente año.

### **Almacenamiento de energía**

La energía ha sido y es un factor fundamental de las operaciones militares. Desde el alimento para los caballos del General San Martín para el cruce de los Andes hasta el combustible necesario para mover las tropas en los campos de operaciones, el disponer de energía es un prerequisite para el uso del instrumento militar.

61. Julius Bernhard Friedrich Adolph Wilbrand (1839 – 1906) fue un químico alemán que lo propuso comocolorante amarillo. Recién en 1891, Carl Haesslermann, otro químico de la misma nacionalidad, describió sus propiedades explosivas.

La energía operacional es definida en la literatura como “la energía necesaria para el entrenamiento, movimiento y soporte de las fuerzas militares y también de las plataformas de armas para la ejecución de operaciones militares”. Incluye la energía utilizada por buques, aeronaves, vehículos de combate y generadores tácticos.

Esta definición no especifica, aunque incluye, los importantes requerimientos de energía eléctrica que demandan los sistemas electrónicos que son usados, transportados o incluso “vestidos” en la terminología actual, por los combatientes individuales.

La secuencia histórica de energéticos de uso militar incluye la eólica, el esfuerzo humano y el carbón, todos ellos para las operaciones navales, con el agregado de la tracción animal en las operaciones terrestres y el uso casi exclusivo de los combustibles fósiles (es decir carbón, gas natural, petróleo y sus derivados), en particular los líquidos derivados del petróleo en casi todas las operaciones militares desde la segunda guerra mundial.

Los combustibles fósiles, en particular los líquidos derivados del petróleo son hoy el principal, energético utilizado en las operaciones militares, los temas de logística de la cadena de producción, almacenamiento, transporte y utilización siguen los métodos tradicionales utilizados en los mercados de combustible con la sola diferencia del análisis de riesgos y de la ponderación del costo de falla. El costo de falla del energético de uso militar no se mide en dólares por unidad de energía; el costo de falla es directamente la pérdida de la operación militar, la muerte y la derrota.

Como expresásemos en la introducción, el alcance de nuestro accionar en el Centro en el área de energía estará especialmente dirigido a los temas de su almacenamiento y también, en aquellos casos en que no se puedan separar, en la producción, particularmente con sistemas de cosecha.

Las baterías son hoy la base del suministro de energía eléctrica para alimentar el equipamiento electrónico individual, pero la adquisición, almacenamiento, distribución, y eliminación de una gran cantidad de diferentes tipos de pilas presenta desafíos para la gestión logística y se añade a los riesgos inherentes del combate.

Actualmente, para una operación de tres días, un equipo de apoyo de fuego desmontado, de organización equivalente a la nuestra<sup>62</sup>, requiere nueve kilos de baterías, solo para el equipamiento colectivo. El radioperador de una sección de infantería o de la subunidad debe llevar siete kilos. A ello deben sumarse los requerimientos de dos kilos por individuo y los requerimientos del puesto de comando que necesita en el orden de treinta y cinco kilos. Fuerzas armadas de países con mayor equipamiento duplican estos valores.

A modo de ejemplo, de acuerdo con la literatura, la gran demanda de baterías durante la operación *Iraqi Freedom* durante la segunda Guerra del Golfo en 2003, con una duración de 43 días, superó la capacidad de fabricación de las mismas en Estados Unidos y los suministros se habrían agotado si las operaciones de combate hubiesen durado otros 30 días<sup>63</sup>. Debido a la escasez de baterías primarias, es decir, aquellas que no son recargables, las tropas fueron instruidas para utilizar baterías recargables, que normalmente solo son empleadas para entrenamiento, por su menor densidad de energía. Para apoyar las operaciones, estaba previsto que las unidades recibirían vehículos con generadores para efectuar la recarga, pero ninguno realmente fue utilizado durante su desarrollo.

Hoy las Fuerzas Armadas están buscando fuentes de energía alternativa, por ejemplo, paneles solares pequeños y flexibles que podrían ser doblados y guardados en la mochila de un sol-

62. *DTA Report 368* [Informe de la Agencia de Tecnología de Defensa] (2013). Nueva Zelanda. <http://www.dta.mil.nz/wp-content/uploads/New-Zealand-Army-Dismounted-Soldier-Power-requirements.pdf>

63. *Meeting the Energy Needs of Future Warrior*, (2004), Committee of Soldier Power/Energy Systems, NRC, National Academies Press.

dado. En condiciones de gran insolación, como en operaciones en áreas desérticas, los paneles solares se pueden utilizar para recargar baterías o incluso operar radios. Estos mismos sistemas pueden ser usados para apoyo a la comunidad en acciones durante emergencias y desastres.

Como si esto no fuese un indicador preocupante, el programa del *Future Infantry Soldier Technology* (FIST), del Reino Unido, parte de la estimación que los requerimientos de energía eléctrica del soldado de infantería del futuro serán diez veces superiores a los actuales. Las previsiones son que por ahora las tecnologías a usar seguirán siendo las basadas en baterías de ion de litio avanzadas hasta que otras tecnologías como las pilas de combustible y los generadores a pila de combustible lleguen a ser competitivos.

### Baterías

La tendencia en baterías se orienta hoy mayoritariamente hacia la química de litio (para baterías descartables y recargables). Esta tendencia es también impulsada por innumerables aplicaciones comerciales y el potencial de la alta energía específica disponible, como podemos ver en la Tabla 1, donde claramente observamos la diferencia entre los valores de energía específica que se obtienen actualmente y los teóricamente alcanzables. Dos excepciones que es necesario destacar son las baterías zinc-aire, que es una batería primaria (descartable) que funciona de manera similar a una pila de combustible, y la batería litio-aire, que está actualmente en las primeras etapas de desarrollo y puede funcionar como una batería primaria o secundaria.

Las tecnologías que hoy se muestran como promisorias y podrían considerarse el estado del arte son:

TABLA 1 - TECNOLOGÍAS DE BATERÍAS

Química involucrada	Energía específica real Wh/kg	Energía específica teórica Wh/kg
Baterías primarias		
LiSO <sub>2</sub>	190	1.175
LiMnO <sub>2</sub>	220	1.000
Li(CF) <sub>x</sub>	370 - 600	2.180
Baterías secundarias		
Polímero - Li	130 - 200	750
Ion Litio	108	750
LiCoO <sub>2</sub>	140 - 158	
Zn - Aire	280 - 300	1.370
Li - Aire	800	5.210 (incluye oxígeno)

Sería deseable que las baterías secundarias pudiesen entregar tanta energía como las primarias, pero en la práctica y con los niveles tecnológicos actuales, las baterías recargables entregan alrededor del 75 por ciento de las primarias.

Las tecnologías como las de polímero de litio, polímero de iones de litio e iones de litio pueden mejorarse sustancialmente mediante el desarrollo de nuevos electrolitos. Además, la ingeniería de materiales de electrodo más activos y envases innovadores pueden

resultar en mejoras importantes en energía almacenada sin sacrificar las otras características exigidas por los usuarios. Para las baterías principales y secundarias, pruebas de nivel celular indican que las baterías se pueden mejorar por un factor de dos o más a 300 vatios por kilo en cinco a diez años, reduciendo peso y volumen.

### Pilas de combustible

Otro grupo de tecnologías de interés en este campo son las pilas de combustible, también cono-

cidas como celdas o células de combustible. Sus atributos principales son la alta eficacia de conversión, la baja firma acústica y térmica (en algunos modelos) y una amplia gama de tamaños.

No son tan apreciadas en la práctica para su empleo operacional porque requieren combustibles que no están normalmente en la cadena logística militar.

TABLA 2 - CELDAS DE COMBUSTIBLE CONSIDERADAS PARA USO MILITAR

Tipo	Combustible	Peso (kg)	Potencia (W)	Tiempo de arranque (min)	Peso para misión de 72hs
DMFC	Metanol/agua	1,18	20-25	10	2,6
RDMFC	Metanol/agua	1,6	50	30	18
SOFC	Propano	2,6	50	30	6,2
DMFC	Metanol/agua	15	300	10	
RMFC	Metanol	16,3	300	30	
SOFC	Propano	16	300	15	

En el mediano plazo, las tecnologías básicas asociadas con los tipos de pilas de combustible mostradas en la Tabla 2 ya habrán sido sometidas a un mayor desarrollo. Es de esperar que, aparte de la reducción en el costo de fabricación producto de la curva de aprendizaje, el avance más significativo que se puede esperar es el desarrollo de un sistema de *reforming* tolerante al azufre

que podría integrarse en estas células de combustible, para alimentarla con un combustible tipo los de aviación (JP). Esta es una opción atractiva pues, por un lado, ya existe una cadena logística de los JP y, por el otro, se debe recordar que el gas propano y los combustibles JP tienen aproximadamente la misma energía específica, pero que el propano líquido tiene aproximadamente la mitad de la densidad de energía en vatios por litro que los JP. Y ambos tienen aproximadamente 2,25 veces la energía específica de metanol, una diferencia que se incrementa cuando es necesario utilizar una mezcla de metanol/agua para la operación en temperaturas más altas.

### Supercapacitores

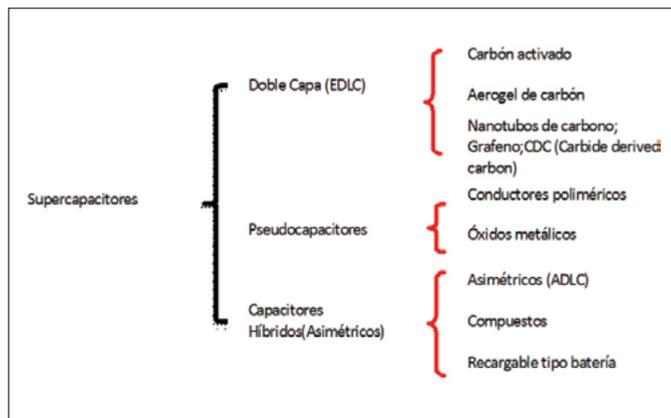
Otra tecnología conectada con el almacenamiento de energía son los supercapacitores (también llamados ultracapacitores o supercondensadores en alguna literatura).

El supercapacitor (formalmente capacitores electroquímicos -CE-), tiene varias características que lo hacen atractivo para ser aplicados en distintos tipos de vehículos, tales como la rapidez de la carga, los ciclos largos de carga-descarga y un intervalo de temperaturas de operación amplio.

Sin embargo, todavía hay algunos problemas asociados a los sistemas de CE, como ser, la relativamente baja densidad de energía y su alto costo de fabricación.

Un capacitor convencional, también conocido como condensador o capacitor electrostático, es un dispositivo de almacenamiento de energía que consiste en dos placas conductoras

FIGURA 1 - TIPOS DE SUPERCAPACITORES



de la electricidad (a veces llamados electrodos), que están separados por una capa dieléctrica. Los materiales dieléctricos son aislantes, ejemplo de los cuales son la cerámica, el vidrio, el papel, el plástico y el óxido de aluminio ( $Al_2O_3$ ).

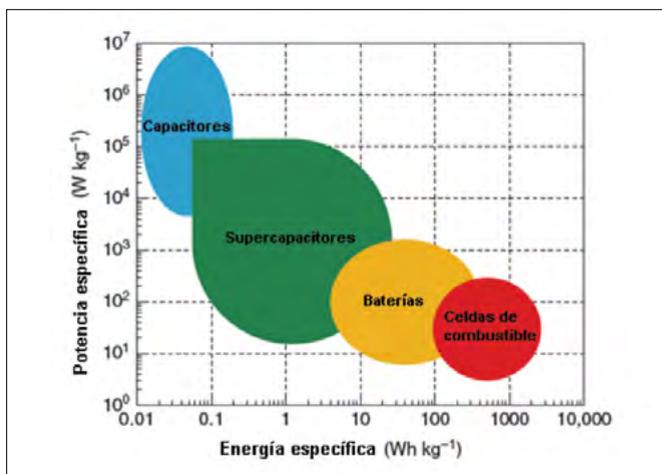
El proceso de carga de los condensadores es simple. Cuando las dos placas conductoras están conectadas a una fuente de alimentación externa, que induce una diferencia de potencial entre ellas, en una de las placas se acumulan cargas positivas y en la otra se acumulan cargas negativas. Las cargas se mantienen en sus correspondientes placas, aun después de la desconexión de la fuente de alimentación externa; este es el estado de carga de un capacitor. Durante la descarga, el capacitor se descarga sobre una carga resistiva conectada, para de esta forma entregar su energía almacenada.

Sin embargo, las aplicaciones para estos capacitores convencionales estaban limitadas por su baja capacidad de almacenar energía, dado que las cargas se alojan en la superficie y por ello eran función de esta.

La búsqueda de un nuevo material de mayor superficie específica dio lugar a un nuevo tipo de capacitores llamado supercapacitor. A diferencia de los capacitores convencionales, los electrodos de estos se componen normalmente de materiales porosos de gran superficie, como los nanotubos de carbono (estructura de carbono con átomos en arreglo hexagonal dispuestos en un plano aislado de grafito, de forma tubularcilíndrica) y un separador que puede ser sólido o líquido, y se generan, por lo tanto las interfaces electrodo / electrolito. Estas interfaces, llamadas interfaces eléctricas de doble capa, tienen una mayor superficie que los capacitores dieléctricos y por lo tanto pueden almacenar más carga (energía).

Los ES poseen ventajas que complementan las muchas deficiencias de otros dispositivos de almacenamiento de energía, por lo que han despertado gran interés. Los ES son capaces de proveer densidades de potencia más altas que las baterías y celdas de combustible y mayores densidades de energía que los capacitores convencionales. La Figura 2<sup>64</sup> muestra un diagrama de

FIGURA 2 - DIAGRAMA DE RAGONE DE LOS PRINCIPALES DISPOSITIVOS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA



Ragone de potencia específica (potencia obtenida por kilogramo de masa del dispositivo) con respecto a la energía específica (energía almacenada por kilogramo de masa del dispositivo) de los dispositivos de almacenamiento de energía más comunes.

En esta figura, se puede observar que la tecnología del supercapacitor puede tender un puente en la brecha existente entre baterías y capacitores, en términos tanto de potencia específica como de energía específica. Además, otras características de los supercapaci-

64. Adaptado de Lois, A y Trentadue C., (2016), *Aplicaciones de supercapacitores en el transporte*. Documentos II Congreso Argentino de Energías Sustentables, UTM FRBB – UNS – UNComahue.

tores son la operación libre de mantenimiento, un ciclo de vida más largo que las baterías, su insensibilidad a la variación de la temperatura ambiente, la rapidez de carga y descarga, su capacidad de proporcionar corrientes de carga altas (cosa que daña a las baterías) y, por último, que no presentan en su composición elementos tóxicos, muy común en las baterías. Todos estos son atributos clave que hacen a los supercapacitores más atractivos y versátiles como dispositivos de almacenamiento de energía de alta potencia.

La principal desventaja de los supercapacitores es la limitada capacidad de almacenar energía y, al día de hoy, su mayor precio. En realidad, debido a sus diferentes prestaciones, capacitores y baterías no son sistemas que rivalicen entre sí, sino más bien se pueden considerar en muchas aplicaciones como sistemas complementarios donde la batería aporta la energía mientras el supercapacitor aporta la potencia, por ejemplo, a los sistemas de distribución de potencia en circuitos electrónicos y el frenado regenerativo en sistemas de transporte.

Las tres categorías en que podemos agrupar a estos dispositivos son los EDCL – supercapacitores electrostáticos de doble capa, los pseudocapacitores y los AEDLC – supercapacitores asimétricos de doble capa híbridos.

Los EDLCs utilizan las interfaces entre el electrodo y el electrolito para el almacenamiento de energía. Para los electrodos en EDLC comerciales se utiliza carbón activado. Este puede exhibir valores de capacidad específica de 100-120 F/g en electrolito orgánico. Para incrementar aún más la capacitancia se han diseñado estructuras de carbono complejas, tales como el aerogel de carbono, los nanotubos de carbono (CNT), el grafeno y carbono obtenido como derivado de carburos metálicos, por ejemplo el TiC. Estos materiales son más caros que el carbón activado; sin embargo, sus capacidades capacitivas lo superan por mucho.

Con el fin de aumentar la capacidad de un supercapacitor, se pueden utilizar electrodos de un material compuesto por carbón activado y algún material redox activo electroquímico; los óxidos metálicos son buenos candidatos para este uso. Ellos almacenan energía “químicamente” a través de reacciones redox donde una especie transfiere electrones a la otra, como en una batería.

De esta manera, el almacenamiento de electrones en la interfaz electrodo/electrolito del EDLC no es simplemente un proceso físico, ocurrirá también algún tipo de reacción de oxidación/reducción rápida y reversible que dará de 10 a 100 veces más capacitancia que se obtiene con electrodos de carbono puro.

El último tipo de CE son los híbridos. Como su nombre lo indica, un supercapacitor asimétrico está configurado con electrodos diferentes: un electrodo farádico similar al de una batería y un electrodo de carbón micro-poroso. Las características de carga/descarga de los capacitores híbridos tienen la característica de un capacitor de doble capa (tensión lineal en función del tiempo para una corriente de carga/descarga constante) y la de una batería (límites de tensión fijados por el potencial del electrodo tipo batería). La densidad de energía de los capacitores híbridos que utilizan carbono intercalado (grafito) en uno de los electrodos es significativamente mayor que la de los capacitores de doble capa de carbono / carbono.

Los supercapacitores están demostrando ser dispositivos de gran utilidad en sistemas de transporte de personal y equipos, dado que posibilitan distintos grados de ahorro de energía en el funcionamiento de estos sistemas. Asimismo, a medida que crecen las aplicaciones de los supercapacitores, el segmento de mercado militar ha demostrado una creciente necesidad de módulos diseñados específicamente para abordar una variedad de desafíos de energía.

Algunos ejemplos, entre las aplicaciones en estudio o en implementación, para el campo de la defensa son: energía de reserva para sistemas electrónicos en vehículos, energía de reserva

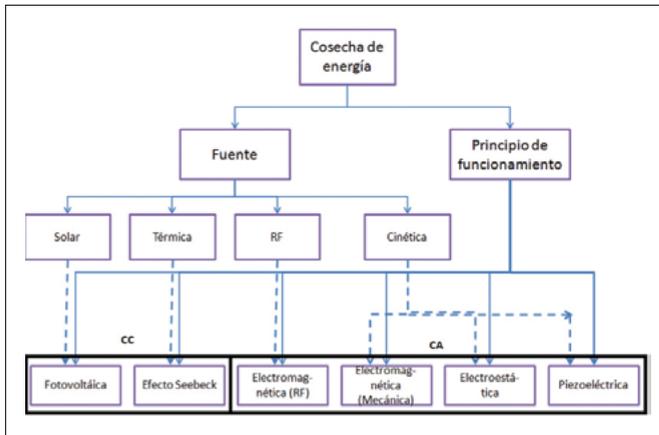
para sistemas de control de fuego en blindados, energía de reserva para mantener memoria en artefactos de comunicaciones, descargas de alta energía en vehículos navales, encendido en frío, suspensión activa, sistemas de *start-stop* de motores de vehículos terrestres, etc.

### Cosecha de energía

Esta relativamente nueva expresión (*energy harvesting*) agrupa varias tecnologías que pueden ser de interés para la defensa.

Entendemos como cosecha de energía (*energy harvesting* o *energy scavenging*, en la literatura en inglés) como el proceso de extraer pequeñas cantidades de energía del ambiente a través de diversas fuentes de energía. La energía disponible para la cosecha es proporcionada principalmente por irradiación (iluminación artificial y natural), por radiofrecuencia ambiente, por fuentes térmicas y fuentes mecánicas (como por ejemplo la energía producida al caminar).

FIGURA 3 - TIPOS DE COSECHA DE ENERGÍA



En el contexto de este documento nos referiremos solo a dos de estas fuentes: los materiales piezoeléctricos y las fuentes biomecánicas, dado que son las que al presente se están investigando para aplicaciones operacionales.

Los materiales piezoeléctricos generan una pequeña tensión cuando son deformados mecánicamente. Tanto la vibración como la presión producidas por cualquier medio puede estimularlos para convertir algo de esa energía mecánica en energía eléctrica.

ca, siendo esta potencialmente útil para las tropas. Actualmente, estas tecnologías han sido probadas en el laboratorio<sup>65</sup>.

Las celdas fotovoltaicas convierten radiación, principalmente del sol, en energía eléctrica usable con materiales semiconductores y fotovoltaicos. Muchas aplicaciones prácticas existen a nivel de las tropas y se emplean actualmente en operaciones.

Las células de silicio amorfo de capa fina son las que actualmente se utilizan en operaciones debido a su bajo costo relativo y robustez. Actualmente, las tropas que operan en Irak y Afganistán tienen provistos convertidores solares que generan hasta 60 vatios y pesan aproximadamente 5 kilos.

Puesto que el flujo solar es fijo, la única manera de aumentar la energía disponible para ser cosechada es la mejora en la eficiencia de conversión. Para ello, en vez de las células de silicio amorfo, se pueden emplear células de silicio cristalino. Esta tecnología es madura para aplicaciones donde las células puedan montarse rígidamente y donde el costo no sea un problema. Junto con el aumento de la eficiencia de conversión, estas celdas pueden ser dobladas

65. Howells, C., (2008), *Piezoelectric energy for soldier systems*. US Army CERDEC C2D.

o mutiladas y seguir funcionando. Su mayor limitación es que cuestan más que las células de película delgada amorfas.

Actualmente se está ensayando colocar una pantalla plana de 10 centímetros x 17 centímetros como tecnología vestible, integrada en las prendas exteriores del combatiente, siempre que reciba radiación solar. Combinada de manera híbrida con una batería de ion litio que podrá coleccionar energía puede colaborar a mantener su carga y alimentar así sus equipos electrónicos.

Hay un considerable margen para mejoras en la ingeniería de fotocélulas de alta eficiencia. Dispositivos realizados con células fotovoltaicas multifunción de GaInP/GaAs/Ge han demostrado hasta un 38 por ciento de eficiencia sin concentración, mientras que algunas tecnologías rondan el 45 por ciento, contra un 20 por ciento de las celdas de silicio amorfo<sup>66</sup>. También, la aplicación de la nanotecnología en la forma de pozos cuánticos y puntos cuánticos prometen nuevos aumentos en la eficiencia, de tal manera que un panel que produzca 60 vatios tendría las dimensiones de un naípe de juego de cartas, lo que permite su rápida integración en las prendas exteriores de vestimenta.

Otra fuente de interés es la energía biomecánica. Esta energía es la que proviene fundamentalmente del movimiento de piernas y brazos, que de alguna forma es cosechada para convertir parte de la energía cinética en energía eléctrica utilizable. En general, la cosecha de energía biomecánica se ha concentrado en el movimiento de las piernas, ya que ellas se utilizan repetidamente y de manera más o menos regular para la locomoción, mientras que el movimiento del brazo es muy variable, y relativamente no se mueven cuando están transportando una carga.

FIGURA 4 - SISTEMA DE COSECHA DE ENERGÍA BIOMECÁNICA



obtener electricidad. Algunos de los sistemas en estudio para aplicaciones militares, como el mostrado en la Figura 4 toman energía del movimiento de la articulación de la rodilla, convirtiendo el movimiento rotacional de la misma en suficiente electricidad para cargar cuatro teléfonos inteligentes en una hora<sup>68</sup>. Actualmente está siendo evaluado operacionalmente por las Fuerzas Armadas de Estados Unidos.

Otro sistema en evaluación operacional es a partir de la energía generada por el movimiento de apoyo del talón del pie durante la marcha<sup>69</sup>.

La cosecha de energía biomecánica no es nueva; los memoriosos recordarán las radios de campaña con sus generadores a manivela o a pedal de mediados del siglo pasado como las linternas que se cargan agitándolas.

Se ha descrito la locomoción humana como un “péndulo imperfecto”<sup>67</sup>. En un péndulo, se producen intercambios entre la energía potencial, almacenada en la elevación vertical del péndulo, y la cinética, como el péndulo pasa por el punto de menor energía potencial. Algunos trabajos están tratando de tomar ventaja de estos ciclos energéticos para

66. MITEI: *The future of solar energy*, (2015), Massachusetts Institute of Technology.

67. Kunzig, R., (2001), *The Physics of... Walking*, Kalmbach Publishing Co. <http://discovermagazine.com/2001/jul/featphysics>

68. <http://www.bionic-power.com/press/>

69. Purwadi, A. et al., (2015), *Development of Biomechanical Energy Harvesting Device using Heel strike*. IEEE International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050915037898>

Finalmente, dentro de este campo, en agosto 2016, la universidad Virginia Tech ha recibido un contrato del ejército de Estados Unidos para desarrollar una mochila que coseche energía. Esta tecnología, que se espera pese aproximadamente medio kilogramo, tendrá una capacidad de cinco a veinte vatios, usando un rectificador de movimiento mecánico (MMR). Esta tecnología convierte el movimiento de vibración oscilatoria en una rotación unidireccional con la que se genera electricidad a medida que el portador camina.

### **Otras áreas de tecnología química**

Además de los temas expresados precedentemente, dentro de las tareas de observación tecnológica que desarrolla el CEPTM "Grl MOSCONI" en el área de química, también veremos los nuevos desarrollos en tecnologías vestibles (*wearable technologies*) y, dentro de estas, aquellas relacionadas con la vestimenta del personal, particularmente el desarrollo de nuevos dispositivos embebidos en los uniformes y efectos del equipamiento individual y colectivo. También atenderemos los temas de tecnología de alimentos, fuente primaria de energía para el combatiente.

A este respecto, se agrega entre los anexos al presente documento un trabajo referido al tema de uniformes que tiene por finalidad reunir información acerca de las últimas tendencias en tecnología textil de interés para el diseño de indumentaria militar, desarrollo de nuevos materiales, fabricación y proyección para el mercado actual, su impacto en el medioambiente y su potencial para su fabricación con recursos regionales.

### **Armas de destrucción masiva, desarme y no proliferación**

De acuerdo a la versión más comúnmente usada de este concepto y adoptada por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), las Armas de Destrucción Masiva (ADM) son aquellas armas que incluyen a las Nucleares, a las Químicas y a las Biológicas. Las primeras de ellas pueden incluir a las radiológicas, es decir, aquellas que basan su accionar en la liberación de energía como radiación (esto incluye a las armas de radiación mejorada, también llamadas bombas de neutrones<sup>70</sup>). Su principal característica es su acción indiscriminada, tanto sobre combatientes como no combatientes, y sus efectos poco controlables.

### **Armas nucleares**

Las armas nucleares son dispositivos explosivos que están basados en reacciones nucleares. Las primeras armas nucleares fueron desarrolladas por Estados Unidos durante la Segunda Guerra Mundial. En 1939, las preocupaciones acerca de que los alemanes pudieran estar trabajando en este campo llevaron a este país a establecer un Comité Asesor para evaluar la posibilidad de obtener una reacción autosustentable de fisión de uranio. En 1942, animados por su rápido progreso en dicho campo, los estadounidenses lanzaron un programa de desarrollo de armas atómicas con el nombre en clave de "Proyecto Manhattan". Después de tres años de trabajo intensivo, el 16 de julio de 1945, Estados Unidos detonó la primera bomba atómica del mundo en el sitio de prueba Trinity. El artefacto, basado en plutonio, superó todas las expectativas, produciendo una explosión de más de 20 kilotones (mil toneladas) de TNT. El 6 de agosto de 1945, un bombardero B-29 soltó un artefacto nuclear de uranio enriquecido sobre

70. Las llamadas bombas "sucias" pueden referirse a dos tipos de armas: por un lado, a armas nucleares a las que se les coloca una capa de cobalto para lograr un mayor grado de contaminación del área afectada; por el otro, a bombas explosivas convencionales a las que se las "dopa" con materiales radiactivos para que sean dispersados por la fuerza de la explosión. Estas últimas no son consideradas ADM por la ONU.

la ciudad japonesa de Hiroshima. La explosión resultante destruyó instantáneamente más de dos terceras partes de la ciudad. Tres días más tarde, se soltó una segunda bomba sobre la ciudad de Nagasaki<sup>71</sup>, con efectos similares.

Rápidamente, el conocimiento se difundió. Solo cuatro años más tarde, la Unión Soviética llevó a cabo su primera explosión nuclear. El Reino Unido (1952), Francia (1960) y China (1964) se sumaron al grupo de estados poseedores de armas nucleares. Tratando de impedir el crecimiento de este grupo, los Estados Unidos y la entonces Unión Soviética impulsaron las negociaciones para que, junto a otros países, se estableciera el Tratado de No Proliferación Nuclear (TNP) en 1968. Este es el primer tratado de su tipo y uno de los de mayor número de países que lo han ratificado en el mundo.

Pero no todos los países firmaron el tratado. En 1974 India llevó a cabo una explosión de un artefacto de plutonio de doce kilotones, demostrando que tenía la capacidad para desarrollar armas nucleares, aunque se abstuvo de hacer ensayos durante más de dos décadas. En mayo de 1998, India realizó una serie de ensayos de varios artefactos nucleares explosivos. Pakistán, que motivó por el resultado adverso de la guerra con India en 1971, que culminó con la separación de Bangladesh, había iniciado un programa en esta dirección, respondió a los pocos días llevando a cabo sus propios ensayos nucleares, agregándose así al selecto club de países poseedores de este tipo de armas.

Cuando se produjo el desmembramiento de la URSS, Rusia asumió el control de casi todos los armamentos nucleares existentes, mientras que Ucrania, Bielorrusia y Kazakistán optaron por destruir las armas que se encontraban en su territorio bajo supervisión internacional.

Otro país que produjo AN y que voluntariamente se desprendió de ellas ha sido Sudáfrica, que desarrolló este tipo de armamento y tuvo armas operacionales entre 1979 y 1991, año en el que destruyó las seis bombas que había construido en la década anterior.

Aunque no se ha confirmado ni negado oficialmente, se considera que Israel posee armas nucleares (política que es denominada de opacidad).

Después de la Guerra del Golfo de 1991, el trabajo efectuado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y la Comisión Especial de las Naciones Unidas sobre Irak (*UNSCOM*, por sus siglas en inglés) reveló que desde principios de los años ochenta, ese país había realizado esfuerzos sustantivos para adquirir la capacidad de desarrollar armas nucleares y había estado cerca de producir un diseño funcional.

El último país en producir armas de este tipo ha sido Corea del Norte, la cual luego de retirarse del Tratado de No Proliferación Nuclear en 2003, ha realizado cuatro ensayos con armas nucleares, en 2006, 2009, 2013 y la última en 2016. De acuerdo a lo comunicado oficialmente por este país, este último ensayo fue de un artefacto termonuclear.

Consideraremos como armas nucleares a los dispositivos explosivos nucleares y sus vectores. Cualquiera sea el tipo de arma nuclear, ya sea basada únicamente en una fisión, o bien en una fisión y una fusión; ella requerirá de material fisible, o fisionable, que sea utilizable y de intrincada ingeniería.

El desarrollo de armas nucleares implica grandes retos de ingeniería. Por ejemplo, para obtener una reacción de fisión, el material fisible del explosivo primero debe volverse supercrítico. A partir de entonces, mantener la reacción de fisión se complica enormemente por el hecho de que la inmensa cantidad de energía liberada por la explosión inicial puede destruir el material fisible antes de que ocurra la reacción de fisión.

71. Nombre de código Fat-man, de implosión, basada en plutonio.

En el pasado, la única manera de asegurar la eficacia, confiabilidad y seguridad de las armas nucleares era a través de ensayos con artefactos similares a los operacionales. A pesar de que las armas nucleares pudieran desarrollarse sobre la base de la mera comprensión teórica, era indispensable probarlas para poder permitir la fabricación de sistemas sofisticados, así como para el desarrollo de nuevas armas y la adaptación de explosivos ya existentes a los nuevos vectores. Hasta la fecha, se sabe de siete países que han ensayado explosivos nucleares: China, Francia, la Unión Soviética, el Reino Unido y los Estados Unidos, así como la India y Pakistán, mientras se sospecha que Sudáfrica e Israel podrían haber realizado uno en conjunto en 1979<sup>72</sup>.

Actualmente, los avances en modelización de fenómenos del tipo de los involucrados en explosiones nucleares permiten utilizar sofisticados programas de informática para simular los efectos del funcionamiento de dichos artefactos. En particular, el uso de supercomputadoras, o también conjuntos o conglomerados de computadoras unidas entre sí (*Scalable supercomputer clustering* – en el caso de los Estados Unidos, el Lawrence Livermore National Laboratory ha unido para este fin más de 100.000 computadoras trabajando simultáneamente)<sup>73</sup>, es cada vez mayor en los países poseedores de armas nucleares. Los modelos computarizados se basan en información precisa recopilada en extensos ensayos de campo.

Las armas nucleares pueden ser atractivas para los que buscan una capacidad asegurada de destrucción en masa. Como son considerablemente más destructivas y previsibles en sus efectos que las armas químicas o biológicas, las armas nucleares tienden a considerarse más fiables, y quizá más creíbles, que las primeras.

En cierta medida, a las armas nucleares quizá se les haya asignado un elemento de prestigio. Esto se debe tal vez a que su posesión requiere un nivel considerable de competencia tecnológica y a que históricamente su posesión había sido solo posible para las grandes potencias. Además del Tratado de NoProliferación Nuclear, hay un gran número de tratados multilaterales y bilaterales referidos al campo nuclear, alguno de los cuales listamos a continuación:

- > limitación o prohibición de explosiones nucleares (Tratado de prohibición parcial de ensayos de 1963, Tratado de limitación de ensayos nucleares subterráneos de 1974; Tratado de prohibición total de ensayos nucleares, entre otros)
- > limitación de armas nucleares (Tratado de antimisiles balísticos, Tratado de limitación de armas estratégicas I y II, Tratado de reducción de armas ofensivas, Tratado de misiles de alcance intermedio, etc.)
- > proliferación de armas nucleares (Tratado de no proliferación; Convención para la protección física de material nuclear; Norma para el transporte seguro de combustible nuclear irradiado, plutonio o desechos altamente radiactivos en recipientes; Tratado de prohibición de producción de material fisionable, Grupo de proveedores nucleares; Régimen de control de tecnología misilística; Resolución 1540 del Consejo de Seguridad de la ONU, entre otros)

El problema más importante de todos estos tratados es que son documentos que vinculan solamente a países, dejando a los actores no estatales fuera de dichos mecanismos de limitación.

72. Incidente Vela:

<http://www.isis-online.org/publications/southafrica/03012001%20press%20release%20on%20flash.html>  
<http://www.gwu.edu/~nsarchiv/NSAEBB/NSAEBB190/03.pdf>

73. Hoffman, D. (2011), *Supercomputers offer tools for nuclear testing — and solving nuclear mysteries [Las supercomputadoras ofrecen herramientas para realizar pruebas nucleares y resolver misterios nucleares]* The Washington Post. [https://www.washingtonpost.com/national/national-security/supercomputers-offer-tools-for-nuclear-testing--and-solving-nuclear-mysteries/2011/10/03/gIQAJnngdM\\_story.html](https://www.washingtonpost.com/national/national-security/supercomputers-offer-tools-for-nuclear-testing--and-solving-nuclear-mysteries/2011/10/03/gIQAJnngdM_story.html)

## Armas biológicas

Las armas biológicas hacen uso deliberado de los materiales patógenos para causar la muerte o daños a seres humanos o animales.

Desde hace mucho tiempo el hombre ha conocido el uso de la enfermedad como instrumento de guerra. Los orígenes modernos de las armas biológicas, sin embargo, se remontan a la época de la Primera Guerra Mundial y al presunto intento del ejército alemán de utilizar agentes patógenos con fines de sabotaje. Después de la guerra, en una gran cantidad de países se iniciaron proyectos de investigación y desarrollo de armas biológicas.

En 1921 fue creada en Francia la Comisión de Bacteriología para diseñar una política de guerra biológica. A mediados de los años treinta, los franceses comenzaron a desarrollar agentes antipersonales y antianimales en el laboratorio de Le Bouchet.

En el Reino Unido, el Comité de Defensa Imperial estableció un Subcomité de Armamentos Biológicos en 1936 para preparar medidas contra un eventual ataque biológico. El establecimiento de una Unidad Especial de Armas Biológicas en Porton Down en 1940 marcó el inicio del programa británico de armas biológicas. La investigación en Porton Down se centró en armas anticultivos y antianimales utilizando la toxina botulínica y ántrax. Para 1941 se habían producido cerca de cincmillones de raciones de alimento para ganado que contenían ántrax y en 1942 se ensayaron varias bombas de ántrax en la isla de Gruinard en Escocia. En mayo de 1942, los británicos unieron esfuerzos con Canadá y algunos meses después con Estados Unidos. Esta colaboración se mantuvo durante y después de la guerra.

Estados Unidos comenzó a interesarse por las armas biológicas en 1941, cuando se implantó una Comisión Especial para evaluar la amenaza de guerra biológica. Al final de la guerra, los estadounidenses habían examinado un amplio número de agentes, innovado técnicas de estabilización por congelamiento o deshidratación a gran escala y probado al menos una bomba de fragmentación diseñada para la dispersión de agentes biológicos.

En la Unión Soviética, un programa de armas biológicas comenzó alrededor de 1927. Antes de la Segunda Guerra Mundial había sido ya investigada una variedad de patógenos y, según se dice, para los inicios del conflicto los soviéticos eran capaces de manufacturar agentes para provocar tularemia, tifoidea y fiebre Q.

En Japón, se estableció un programa ofensivo de armas biológicas a mediados de los años treinta. Las principales instalaciones japonesas estaban ubicadas en Beiyinhe y Pingfan en Manchuria. En el curso de la Segunda Guerra Mundial, los japoneses ensayaron agentes biológicos en prisioneros de guerra y trabajaron en varios diseños de bombas para la diseminación en gran escala de bacterias, así como en un artefacto con tanque de diseminación por vía aérea (Spray-tanks). Además, se cree que los japoneses utilizaron agentes biológicos contra los soviéticos en Mongolia en 1939, contra tropas chinas en 1942 y contra civiles chinos de 1940 a 1944.

En Alemania, se lanzó un modesto programa de armas biológicas en 1943 con el establecimiento de una estación de investigación en Posen. La instalación funcionó hasta 1945, cuando fue capturada por los soviéticos. Las investigaciones realizadas incluyeron el estudio de agentes antipersonales y anticultivos y de tanques de diseminación.

Hacia fines de la Segunda Guerra Mundial, si bien ningún país había logrado un avance significativo, la viabilidad de las armas biológicas quedó, al menos, firmemente establecida. Después de la guerra, la investigación y desarrollo de armas biológicas continuaron de manera notoria en Estados Unidos y la Unión Soviética. En 1950, Estados Unidos decidió establecer, en tiempos de paz, una instalación de producción de agentes biológicos cerca de Pine Bluff, Arkansas. Un año más tarde ya se producían ahí agentes anticultivos. También, a inicios de

los años cincuenta se llevó a cabo una serie de experimentos de campo a gran escala, en los que se diseminaban bacterias inocuas sobre áreas urbanas y rurales seleccionadas para probar la efectividad de los métodos de dispersión aérea de agentes biológicos. El programa estadounidense de armas biológicas terminó el 25 de noviembre de 1969, cuando el presidente Richard Nixon anunció que en lo sucesivo Estados Unidos renunciaba a todas las formas de guerra biológica y ordenó el cierre integral de las instalaciones involucradas en la producción de agentes biológicos, así como la completa destrucción de las existencias de armas biológicas. Una declaración emitida por Nixon el 14 de febrero de 1970 amplió esa renuncia a las armas tóxicas. Desde entonces, la investigación biológica con fines bélicos en Estados Unidos se centró exclusivamente en el desarrollo de medidas defensivas.

Informes públicos del programa soviético de armas biológicas indican que, durante la Guerra Fría, la Unión Soviética realizó un amplio esfuerzo de investigación y producción. Al final de la Segunda Guerra Mundial, los soviéticos se quedaron con gran parte de las técnicas de fabricación avanzada de agentes de Alemania y con las investigaciones sobre desarrollo de armas del Japón. Posteriormente, los soviéticos empezaron a investigar nuevos tipos de agentes y técnicas mejoradas para su producción y dispersión. También parece que se fabricaron cantidades considerables de armas biológicas. Durante el decenio de 1970, el programa soviético de armas biológicas trató, según se dice, de beneficiarse de los avances en el campo de la ingeniería genética para crear agentes patógenos más virulentos. El 2 de abril de 1979 se produjo un brote de ántrax pulmonar en torno a una instalación militar en Sverdlovsk. En una declaración hecha pública el 29 de enero de 1992, el Presidente ruso Boris Yeltsin reconoció que el brote fue causado por la liberación accidental de esporas de ántrax. Al mismo tiempo, ordenó el cese de todas las actividades rusas relativas a las armas biológicas y la destrucción de cada arsenal de armas biológicas existente.

Se considera que, desde la Segunda Guerra Mundial, otros países intentaron desarrollar armas biológicas además de la Unión Soviética y Estados Unidos. El ejemplo más notable en este sentido es Irak. Se confirmó que entre 1985 y 1991 Irak llevó a cabo un intenso programa de desarrollo de armas biológicas. El programa cubría una extensa gama de agentes antipersonales y antiplantas, y un amplio rango de vehículos vectores, incluyendo misiles balísticos. En tiempos de la Guerra del Golfo, en 1991, Irak había producido cantidades significativas de agentes biológicos, una parte importante de los cuales había sido cargada en municiones y se encontraba desplegada. Al término del conflicto, la comunidad internacional ordenó la destrucción de todas las armas de destrucción en masa iraquíes, incluyendo las armas biológicas.

Las armas biológicas consisten en agentes biológicos y las municiones, equipo o medios empleados para su distribución. Los agentes de armas biológicas actúan mediante sus efectos patógenos sobre los organismos vivos. Los agentes biológicos del futuro podrían también dañar equipos y provocar corrosión o degradación de sus componentes plásticos o de caucho. La mayoría de los agentes de armas biológicas son organismos vivos que pueden reproducirse y multiplicarse una vez dispersos. Esta característica les permite incrementar sus efectos a través del tiempo. Adicionalmente, algunos agentes pueden ocasionar contagio, es decir que pueden diseminar enfermedades de un organismo contaminado a otro.

Los agentes biológicos susceptibles de ser utilizados en armas se clasifican normalmente en cinco categorías: bacterias, virus, rickettsias, hongos y toxinas. Otros agentes como los priones podrían ser incluidos en esta lista.

Los agentes biológicos pueden dispersarse mediante una variedad de explosivos, vaporizadores o municiones vectores. Las municiones atomizadoras diseminan el agente biológico

como una nube de aerosol invisible formada por partículas microscópicas. Las municiones atomizadoras típicas requieren cierto tipo de artefacto inyector o tanque de diseminación. Ofrecen un excelente control respecto del tamaño de las partículas y evitan la tensión y las desventajas concomitantes de los artefactos explosivos. Las municiones vectores emplean generadores especiales de aerosol fijados a los aviones o a los vehículos de tierra para transportar polvos en dosis establecidas previamente. Procesar los agentes de esta manera es normalmente difícil, pero una vez que se ha logrado dispersar los agentes es relativamente simple y efectivo.

**El empleo de armas biológicas ofrece tanto ventajas como desventajas.**

Por un lado, las armas biológicas son más económicas de producir y de emplear que las armas nucleares, o incluso que algunas armas químicas o convencionales; pueden ofrecer una considerable flexibilidad táctica, ya que se dispone de una amplia gama de agentes que puede ser combinada en numerosas formas; pueden atacar amplios objetivos durante períodos prolongados de tiempo, dada su capacidad de multiplicarse y aun de provocar epidemias, así como la de contaminar áreas por largo tiempo; pueden consumir recursos significativos del enemigo causando altos índices de mortalidad y exigiendo la movilización de recursos masivos en respuesta; pueden tener un impacto psicológico devastador sobre sus objetivos y provocar el miedo de contaminación no perceptible y muerte inminente; y son idóneas para operaciones encubiertas o terroristas porque pueden ser dispersadas discretamente y sus efectos tardan en desarrollarse.

Por otro lado, las armas biológicas son altamente inseguras debido a que sus efectos son extremadamente inciertos y nunca inmediatos en razón de su inevitable período de incubación, que puede tomar desde horas hasta días después de la contaminación; su empleo conlleva el riesgo de contaminar incluso a los atacantes y pueden complicar considerablemente otras operaciones militares, lo que impone regímenes onerosos de medidas precautorias. Su empleo está prohibido por una convención internacional y penado con sanciones internacionales.

Las armas biológicas resultan quizás atractivas para algunos estados o actores subestatales que busquen adquirir capacidad de armas de destrucción masiva. Comparadas con las armas nucleares, las armas biológicas son considerablemente más fáciles y más baratas de construir. Como se ha explicado, cualquier país o grupo subnacional decidido a producir algún tipo de agente biológico es capaz de hacerlo, probablemente con una inversión mínima, mas la diseminación de este puede ser complicada.

Por ejemplo, antes de la Guerra del Golfo de 1991, Irak había logrado avances significativos en el desarrollo de una capacidad completa para producir armas biológicas en un período muy corto de tiempo, mientras que la secta japonesa Aum Shinrikyo, conocida por su ataque químico contra el subterráneo de Tokio en junio de 1995, se las había arreglado para producir ántrax, pero había fracasado en desarrollar un método viable de diseminación<sup>74</sup>. El primer laboratorio de cultivo para producción de toxinas de la secta se estableció en 1990 y luego fue reemplazado por dos laboratorios nuevos. En ellos la secta cultivó y experimentó con toxina botulínica, ántrax, cólera y fiebre Q. En 1993, el líder de la secta, Shoko Ashahara, y un grupo de 16 doctores y enfermeras viajaron a Zaire con el propósito de obtener muestras de Ébola.

A pesar de su atractivo, las armas biológicas son percibidas generalmente como no experimentadas, inestables y, por lo tanto, militarmente inferiores a las armas nucleares o químicas.

74. Drotman, P. (Ed.), (2016), *Emerging Infectious Diseases* [Enfermedades infecciosas emergentes]. <http://www.cdc.gov/ncidod/eid/vol5no4/olson.htm>

Más aún, su empleo está prohibido por una convención internacional desde 1925 y su desarrollo o posesión desde 1972, por la Convención sobre la Prohibición del Desarrollo, la Producción y el Almacenamiento de Armas Bacteriológicas (Biológicas) y Toxínicas y sobre su Destrucción, conocida como la Convención de Armas Biológicas (*BWC*, por sus iniciales en inglés).

### Armas químicas

Las armas químicas utilizan deliberadamente las propiedades tóxicas de sustancias químicas para causar la muerte o daños.

El moderno uso de sustancias químicas como instrumento de guerra se produjo el 22 de abril de 1915 en Ieper (Ypres, en francés e inglés) en el contexto de la Primera Guerra Mundial, contra soldados canadienses, británicos, y franceses, incluyendo estos últimos tropas francesas metropolitanas así como senegaleses y tiradores argelinos (infantería ligera), sobre quienes el ejército alemán liberó 168 toneladas de cloro. El uso alemán de cloro en Ieper señaló el principio de la guerra de gases en el frente occidental<sup>75</sup>. Al poco tiempo, todos los contendientes utilizaban regularmente gases como parte de sus principales operaciones militares y trataron de superarse unos a otros en las innovaciones ofensivas y defensivas. A medida que la guerra avanzaba, sustancias nuevas y de mayor toxicidad, como el fosgeno y el mostaza, llegaron al campo de batalla, inicialmente introducidas por los alemanes y luego adoptadas por los aliados.

Después de la guerra, el desarrollo de armas químicas siguió mereciendo bastante atención. Todas las principales potencias llevaron a cabo programas de investigación encaminados a construir medidas de protección y a sintetizar nuevos agentes más potentes. Particularmente, en 1936, un químico alemán que estaba trabajando en la creación de nuevos pesticidas encontró una sustancia sumamente tóxica que atacaba al sistema nervioso, a la que denominó tabún (GA). Dos años después, descubrió otra sustancia aún más tóxica, a la que llamó sarín (GB). Así, había nacido un nuevo tipo de armas químicas.

En el período de entre guerras se utilizaron en varias ocasiones las armas químicas. El ejército italiano utilizó el gas en Abisinia, los españoles en Marruecos y los japoneses lo emplearon en su invasión a China. Aunque cabe suponer que se pensó en su empleo en varias ocasiones, con la excepción de los japoneses en China, las armas químicas no desempeñaron ningún papel en la Segunda Guerra Mundial.

Al terminar esta, la investigación sobre armas químicas se centró en las nuevas sustancias tóxicas capturadas a los alemanes: el tabún y el sarín.

Tanto los Estados Unidos como la Unión Soviética crearon grandes instalaciones de producción y se dedicaron a perfeccionar un gran número de sistemas de lanzamiento. A finales del decenio de 1950, los investigadores británicos desarrollaron un nuevo tipo de compuestos neurotóxicos llamados agentes V. Estos agentes eran más estables y considerablemente más tóxicos que el sarín. Los estadounidenses llamaron VX a su versión de los mismos compuestos, y los soviéticos, Vx.

Las armas químicas consisten en productos químicos tóxicos (y sus precursores) y en los dispositivos para lanzarlos al blanco. Los productos químicos tóxicos inducen la muerte, lesiones o incapacidad temporal. Los precursores forman parte de la producción de productos químicos tóxicos.

75. En el frente ruso ya había sido usado en menor escala en la Batalla de Bolimov, el 31 de enero de 1915, también por parte de los alemanes, quienes en esa ocasión utilizaron proyectiles de artillería con un lacrimógeno de baja eficiencia (bromuro de xililo).

Las sustancias químicas tóxicas usadas en la producción de armas químicas pueden clasificarse de acuerdo con varios criterios como, por ejemplo, su volatilidad o su uso militar. Sin embargo, comúnmente se agrupan, de acuerdo con sus efectos, de la siguiente manera: agentes sanguíneos, agentes vesicantes, agentes asfixiantes, agentes neurotóxicos, agentes incapacitantes, agentes lacrimógenos y toxinas.

La diseminación apropiada es crucial para las armas químicas. A menos que las sustancias tóxicas sean distribuidas eficientemente sobre el blanco, su impacto directo será probablemente insignificante.

Finalmente, el nivel de protección de que disponga el blanco también será determinante para los efectos de las armas químicas. Si no existe protección, las armas químicas pueden tener efectos devastadores, lo que afecta particularmente a la población civil, que rara vez podrá ser protegida de manera efectiva contra estas armas. La detección temprana y el equipo de protección personal y colectivo adecuados consiguen invalidarlas en gran medida.

Las armas químicas presentan la mayor amenaza de empleo por agentes no estatales. La liberación de sustancias tóxicas contra civiles desprotegidos puede causar efectos de gran magnitud, tanto por las bajas directas del ataque como por el pánico y la saturación de los servicios médicos. Un ejemplo de esto lo dio el ataque de sarín perpetrado por la secta Aum Shinrikyo en el metro de Tokio en junio de 1995. También pueden imaginarse ataques estratégicos contra áreas civiles, pero en un grado bastante menor. A menos que se logre que sean totalmente sorpresivos, esos ataques difícilmente son efectivos más allá de una desorganización menor de las actividades cotidianas normales. Comparadas con las armas nucleares, son bastante más fáciles de desarrollar, producir y mantener.

Las armas químicas han sido producidas por varios Estados y muchos otros tienen la capacidad para producirlas. Desde 1993, sin embargo, las armas químicas han sido prohibidas por el derecho internacional y todos los países de la región han ratificado ese tratado, cuyo nombre completo es la Convención sobre la Prohibición del Desarrollo, Producción, Almacenaje y Uso de Armas Químicas y sobre su Destrucción.

## **Conclusión**

Las tecnologías de armas de destrucción masiva y los materiales relacionados para su fabricación se encuentran cada vez más disponibles para estados o actores no-estatales con importantes recursos financieros. La información técnica relativa a este tipo de armas está disponible en Internet y las materias primas para la producción de productos químicos, biológicos y armas radiológicas están ampliamente disponibles para fines comerciales legítimos.

Al mismo tiempo, organizaciones extremistas de ideologías nihilistas o de alto grado de radicalización, que justifican el empleo de cualquier medio para la eliminación de quienes consideran sus enemigos, sin considerar los daños colaterales, particularmente aquellas que basan su accionar en la iluminación religiosa, podrían sentirse tentadas a utilizar este tipo de armas. De hecho, el antecedente de Aum Shinrikyo debería servir de alerta sobre este tema.

Las tareas del Centro de Estudios sobre Prospectiva Tecnológica Militar "Grl MOSCONI" referidas a este capítulo estarán orientadas a la búsqueda de los nuevos desarrollos de tecnologías para el control de amenazas, su reducción, el apoyo a las tropas y a la población de las áreas afectadas o amenazadas, es decir, medios de detección, sistemas de protección individual y colectiva, sistemas de descontaminación, profilaxis y recuperación relacionados con ADM.

(\*) **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 de materiales energéticos y miembro de la Organización para la prohibición de Armas Químicas.

Es docente e investigador universitario. Autor de numerosos artículos y presentaciones. Es miembro activo de la Sociedad de la Industria Química del Reino Unido, de la Sociedad para la Historia de la Tecnología de los Estados Unidos. También es integrante del Área de Prospectiva en Energía Eléctrica de la UTN-FRGP, y del Grupo de Interés en Energías del Mar Argentino.

## 3.2

# Estudio de Vigilancia Tecnológica sobre Tecnologías Vestibles - Textiles

Por el Teniente Primero José Chaves

## Resumen

La finalidad del presente informe es conocer los avances tecnológicos en el área textil que podrían ser de interés para el instrumento militar conjunto. Nos concentraremos en aquellos desarrollos que están orientados al uso individual, aunque hemos de mencionar algunos, como el caso de los geotextiles, que tienen aplicaciones en otros niveles. La búsqueda de información abarcará los distintos tejidos que puedan ser empleados en la fabricación de prendas de uso interior y de protección, como así también de calzados (borceguíes de caña alta y media caña) y cubrecabezas (sombrosos y gorras).

Dentro del área textil se ha buscado información para definir cuáles son los *materiales innovadores*; información acerca de *textiles técnicos*, en especial los de protección; *textiles inteligentes*, como aquellos tejidos que pueden emplearse como dispositivos electrónicos; *textiles funcionales*, que son los tejidos que otorgan propiedades a la ropa según su uso, y las relacionadas a las nuevas tecnologías como la *nanotecnología*, la *microencapsulación* de principios activos, y el *biomimetismo*, cuyos conceptos fueron incorporados en los últimos años.

## Introducción

Los textiles en la vida de un militar configuran un tipo de material que reviste una importancia relevante en el ejercicio de las tareas que involucra su profesión. Los gabanes de abrigo, en especial el gabán de abrigo israelí, ha sido por ejemplo una de las prendas más recordadas y añoradas por quienes han tenido el privilegio de usarlas al menos una vez. También se recuerdan los calzados de industria nacional, en particular los borceguíes de abrigo usados en el conflicto de Malvinas, tan elogiados y buscados por los ingleses para enfrentar el crudo frío de nuestro territorio. Este y otros ejemplos han sido motivo de charlas y anécdotas en el ámbito castrense.

En la actualidad, los diferentes tipos de ropa que usamos nos van dotando de experiencia y conocimiento. Sabemos qué tipo de pulóver nos abriga y cuál no. O cuál camisa nos resulta cómoda o incómoda porque nos hace transpirar. También sabemos si el uniforme o la ropa no son buenos, si destiñe en el primer lavado o no, o si se desgasta con facilidad; si el equipo de agua o pilotín resiste a la lluvia, al viento y nos protege del frío o no. Nos encontramos a diario con todo este tipo de prendas a la que no le damos segundas oportunidades y buscamos su inmediato reemplazo cuando no cumplen con su propósito.

Dentro del área textil, se buscará información para definir cuáles son los *materiales innovadores* de desarrollo regional; *textiles técnicos*, especialmente los de protección; *textiles inteligentes*, como aquellos tejidos que puedan servir como dispositivos electrónicos; *textiles funcionales*, que son tejidos que otorgan propiedades a la ropa según su uso, y nuevas tecnologías, como la *nanotecnología*, la *microencapsulación de principios activos* y el *biomimetismo*, cuyos conceptos fueron incorporados en los últimos años.

Estos avances se han integrado como parte indispensable con un nuevo concepto, el de las *tecnologías vestibles*.

Las *tecnologías vestibles* comprenden todos los productos que pueden usarse como parte del vestuario de un usuario para integrar las tecnologías de información, comunicaciones y electrónica con sus tareas diarias y actividades. Incluyen una amplia gama de dispositivos y aplicaciones que ayudan en la recolección y visualización en tiempo real de información sobre la salud, movimientos y otros datos sensoriales tomados sobre el usuario o por este.<sup>76</sup>

En conclusión, el uniforme sigue siendo una parte esencial en nuestro trabajo y es importante entender un monitoreo en todos los tejidos que resulten de interés para nuestras fuerzas, teniendo en cuenta siempre su impacto en el medioambiente y su potencialidad para su ejecución con recursos regionales.

Con el fin de desarrollar el siguiente trabajo, se describirán los distintos conceptos relacionados con el área textil en dos grandes categorías: Materiales y Productos. Dentro de cada categoría se definirán los conceptos agrupados en cada una de ellas, con ayuda de gráficos y tablas y, finalmente, a modo ilustrativo, se presentarán patentes que han salido este año junto con el estado de arte en el área textil.

## TECNOLOGÍA TEXTIL

### MATERIALES

#### NANOTECNOLOGÍA

La nanotecnología es el estudio, diseño, creación, síntesis, manipulación y aplicación de materiales, aparatos y sistemas funcionales a través del control de la materia a nanoescala (1nanómetro =  $10^{-9}$  metros). Aplicar estas nanotecnologías en el campo de los textiles ha llevado al desarrollo de distintos materiales: nanofibras, nanocompositos, nanopolímeros, nanohilos, nanotubos, nanocolorantes, antiluz, etc.

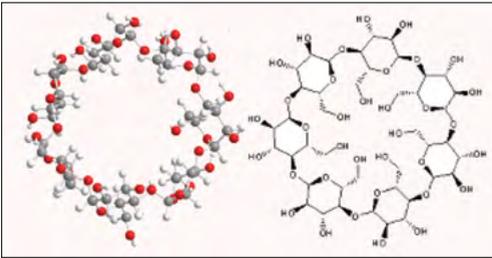
Dentro de este campo, la aplicación de nanopartículas (plata, oro, platino y óxidos), nanotubos, nanobarras y nanolistones, bionanomateriales, nanopilas, entre otros, ha dado como resultado un mejoramiento de las propiedades de los materiales usados para la confección del vestuario, siendo esto no solo aplicable a los vestuarios deportivos de uso civil, sino de particular interés para el equipamiento del instrumento militar conjunto. De hecho, fueron las industrias textiles, a través del empleo de estas partículas en las fibras, las primeras en aplicar con éxito estos avances y en ofrecer a los consumidores prendas avanzadas en el vestido, calzado o accesorios que cuentan con sensores microelectrónicos "embebidos" en ellos.

76. *Wearable technology, Patent Landscape Analysis*. [Tecnología vestible. Análisis del paisaje de las patentes.] (s.f), LexInnova. [http://www.wipo.int/export/sites/www/patentscope/en/programs/patent\\_landscapes/documents/patent\\_landscapes/lexinnova\\_wearable.pdf](http://www.wipo.int/export/sites/www/patentscope/en/programs/patent_landscapes/documents/patent_landscapes/lexinnova_wearable.pdf)

## Ciclodextrinas

Las ciclodextrinas<sup>77</sup> son una familia de *oligosacáridos* cíclicos con una superficie externa hidrofílica y una cavidad interna lipofílica, es decir, su capa exterior tiene afinidad por el agua y su interior con compuestos grasos. Esta propiedad hace que puedan ser empleadas para encapsulación de sustancias químicas, y que funcionen como dispersantes y agentes de nivelación en el teñido y lavado de textiles. Además, se pueden anclar a los polímeros y fibras textiles con el fin de impartir propiedades especiales, tales como la reducción del olor, protección UV o para la liberación controlada de perfumes, aromas, repelentes de insectos o sustancias con efectos terapéuticos.

ILUSTRACIÓN 1 – DOS VISTAS DE UNA CICLODEXTRINA TÍPICA



## Microcápsulas

Los orígenes del proceso de microencapsulación<sup>78</sup> se dieron en la industria farmacéutica y del papel durante la década de 1940. La técnica de encapsular, y así proteger o retardar la liberación de un componente activo, se ha expandido durante los últimos 10 años a las industrias agrícolas, alimentarias, cosméticas y textiles.

La microcápsula posee una estructura que está compuesta por dos elementos: el material activo y una delgada pared que envuelve al primero. Este proceso podría definirse como el recubrimiento de una determinada sustancia o mezcla de sustancias en forma de partícula sólida o glóbulos líquidos (gotas) con materiales de distinta naturaleza para obtener “micropartículas”, “microesferas” o “microcápsulas”.

La microcápsula posee una estructura que está compuesta por dos elementos: el material activo y una delgada pared que envuelve al primero.

El potencial rango de tamaño de las microcápsulas producidas es muy amplio, con un diámetro típico entre 2 y 2000  $\mu\text{m}$ . Las paredes de la cápsula varían entre los 0,5 y los 150 micrómetros de espesor.

Es una tecnología empleada habitualmente para proteger agentes funcionales (por ejemplo, aceites esenciales) de factores ambientales como la humedad, la luz o el oxígeno, y aumentar su estabilidad química. El acabado funcional con un producto microencapsulado puede lograrse mediante la fijación de diferentes cápsulas en textiles que pueden contener colorantes, enzimas, suavizantes, fragancias, aceites esenciales, retardantes o retardadores de llama, repelentes de insectos, agentes antimicrobianos, desodorantes, entre otros. Si un tejido es acabado con agentes funcionales microencapsulados, se podrá esperar que su funcionalidad tenga una mayor durabilidad.

## Nanofibras

La aplicación de las nanotecnologías al sector textil puede generar nanofibras. Estas tienen un diámetro de entre 50 y 300 nanómetros, es decir, hasta un orden de magnitud menor que las fibras convencionales. De su finura se derivan importantes propiedades, tales como mejoras en el tacto, el aspecto, el poder cubriente y la absorción de la humedad.<sup>79</sup>

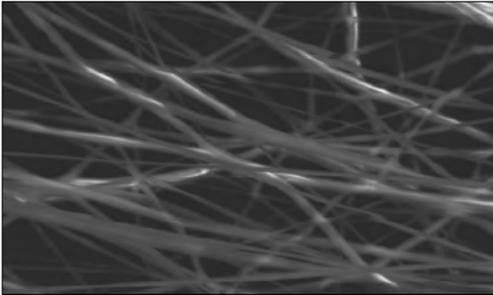
77. Bhaskara-Amrit, U. et al., (2011), *Applications of  $\beta$ -cyclodextrins in textiles* [Aplicación de beta ciclodextrina en textiles]. AUTEX Research Journal, Vol. 11, Núm. 4. <http://doc.utwente.nl/97366/1/Bhaskara11applications.pdf>

78. Nelson, G., (2002), *Application of microencapsulation in textiles* [Aplicación de microencapsulación en textiles]. International Journal of Pharmaceutics 242 págs. 55 – 62.

79. *Nanofibers and Nanotechnology in Textiles*. Edited by: P. Brown and K. Stevens. ISBN: 978-1-84569-105-9.

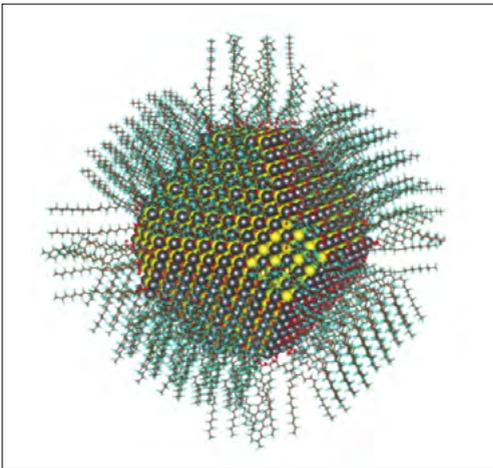
Son preparadas por “*electrospinning*”, que es el proceso mediante fuerzas electrostáticas para formar un filamento fino de la solución de un polímero. Tienen una alta superficie específica y una alta porosidad, junto con un tamaño de poro de pequeño diámetro. Al presente, más de treinta tipos de soluciones de polímeros o polímeros fundidos, incluso el óxido de polietileno, poliaramidas y polianilinas, han sido usadas como materias primas de este proceso. Estas fibras pueden hacerse de la variedad orgánica (nylon, poliéster, acrílico) o polímeros biológicos (proteínas, colágenos<sup>80</sup>).

ILUSTRACIÓN 2 - NANOFIBRAS PREPARADAS POR ELECTROSPINNING



Las nanopartículas pueden agruparse o permanecer en estado libre, en función de las fuerzas de atracción o repulsión que intervengan entre ellas.

ILUSTRACIÓN 3 - ESTRUCTURA ATÓMICA CALCULADA DE UNA NANOPARTÍCULA (NANOCRISTAL) 5 NM DE DIÁMETRO APACIGUADA CON LIGANDOS OLEATO Y OXIDRILLO (IMAGEN GENTILEZA DEL BERKELEY NL)



## Nanopartículas

Con frecuencia, las nanopartículas cuentan con propiedades físicas y químicas muy diferentes a las de los mismos materiales a escala convencional. Las propiedades de las nanopartículas dependen de su forma, tamaño, características de superficie y estructura interna. La presencia de determinadas sustancias químicas también puede alterar dichas propiedades.

La composición de las nanopartículas y los procesos químicos que tienen lugar en su superficie pueden alcanzar una gran complejidad.

Confieren a los textiles propiedades repelentes, permiten la creación de superficies y sistemas más fuertes, ligeros, limpios e “inteligentes”. Por ejemplo, el tratamiento con nanopartículas de dióxido de silicio proporciona a las fibras resistencia a la abrasión. También facilita la incorporación de sustancias activas en las fibras y permite su posterior liberación controlada. El tratamiento con nanopartículas funcionalizadas de dióxido de silicio hace impermeables las superficies de tejidos de algodón. O el agregado de nano-dióxido de titanio en textiles les confiere propiedades para protección UV. Se están investigando los efectos antibacterianos de esta nanopartícula<sup>81</sup>, al combinarla con nanopartículas de plata. Se estima que textiles con ambas deberían ser capaces de atacar a microorganismos, degradar contaminantes

80. <http://www.fzu.cz/~nanoteam/events/ws2006/jirsak.pdf>

81. *Nanoparticles in Textiles [Nanopartículas en textiles]*, <http://www.nanopartikel.info/en/nanoinfo/cross-cutting/2113-nanoparticles-in-textiles#literaturproportionan>

orgánicos y neutralizar malos olores. Estos textiles, una vez que se logra una integración confiable y estable de los nanomateriales en la tela, se conocen como tejidos autolimpiantes.

ILUSTRACIÓN 4 - ESTRUCTURA DE UN NANOTUBO DE CARBONO



### Nanotubos de Carbono

Los nanotubos de carbono individuales y bien formados son altamente conductores, lo que hace que resulten muy prometedores para su aplicación como electrodos de batería y microprocesadores. Si anclamos moléculas a su superficie, tales como anticuerpos, dichas moléculas pueden convertirse en detectores químicos o biológicos de gran sensibilidad. Son adecuados para conferir a las fibras y a los tejidos con propiedades de retardador de llama, lo que proporciona una buena conductividad y mejora la transferencia de calor.

Este método da como resultado una alternativa más potente y mucho más fácil de vestir que las telas inteligentes que incorporan fibras ópticas gruesas o pesadas, así como cables metálicos propensos a la corrosión.

TABLA 1 - ALGUNOS NANOMATERIALES Y SU FUNCIÓN EN TEXTILES <sup>82</sup>

Propiedad	Tipo de nanomaterial							
	Plata	ZnO	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Nano arcillas	CNT	Negro de humo
Antimicrobiano	X	X		X				
Antiestática	X						X	X
Autolimpiante	X	X	X	X				
Absorción UV		X		X				
Fotocatalítico		X		X				
Conductor eléctrico	X						X	X
Impermeabilizador		X	X	X				
Portador de sustancias activas			X			X		
Repelente de suciedad		X	X	X				
Resistencia a la abrasión		X	X		X	X	X	
Retardador de llama			X	X	X	X	X	
Resistencia química			X		X			

Otra interesante aplicación “vestible” es la electrodeposición de MnO<sub>2</sub> sobre fibras textiles conductoras de nanotubos de carbono (CNT)<sup>83</sup>. Tales nanoestructuras efectivamente disminuyen la resistencia a la difusión iónica y al transporte de carga en el electrodo. Se han construido células de combustible completas, donde tejido de MnO<sub>2</sub>-CNT se utiliza como electrodo positivo, mientras tejido de MnO<sub>2</sub> reducido-CNT como electrodo negativo y una solución de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en agua como electrolito 0,5 m. El pseudocapacitor resultante muestra resultados prometedores como dispositivo vestible de almacenamiento de energía de bajo costo.

<sup>82</sup>. Adaptado de Empa & TSV Textilverband Schweiz: *Nano textiles – Grundlagen und Leitprinzipien zur effizienten Entwicklung nachhaltiger Nanomaterialien*. (2011).

<sup>83</sup>. Hu, L. et al., (2011), *Symmetrical MnO<sub>2</sub>-Carbon Nanotube-Textile Nanostructures for Wearable Pseudo-capacitors with High Mass Loading*. ACS Nano, Vol. 5 Núm. 11. Publicado en línea, DOI 10.1021/nn203085j

### Tejidos 3D

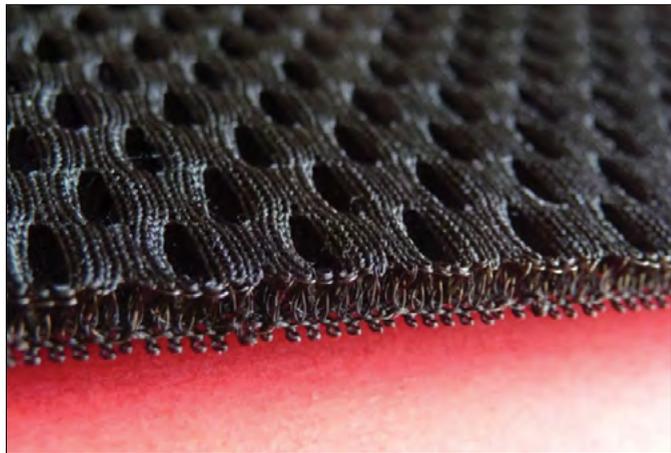
Esta categoría se refiere a la combinación de la tecnología textil y la de impresión 3D para producir tejidos. Mientras que los textiles tejidos han estado presentes en varias formas durante milenios, las técnicas de fabricación aditiva, capa por capa, son claramente una tecnología mucho más reciente que se puede adaptar para producir ya sea las fibras que luego serán tejidas o directamente las "telas" que serán usadas en la confección.

Los tejidos 3D son materiales de aparición muy recientes en el mercado y se caracterizan por reunir algunas de las siguientes particularidades:

- excelente flujo de aire que permite la transpiración
- estructura con buena elongación
- moldeables
- buena resiliencia (o recuperación de la forma)
- buena absorción de la energía
- aislamiento

Los Tejidos 3D tienen un futuro prometedor. Se espera que la demanda de estos tipos de tejidos aumente, especialmente en el área de materiales compuestos de alto rendimiento para viviendas, la industria del automóvil, la construcción y el refuerzo de materiales. Sin embargo, la reducción en el costo de fabricación y de materias primas es importante para poder hacer estos productos competitivos en los mercados actuales y futuros.

ILUSTRACIÓN 5 - DETALLE DE TEJIDO 3D <sup>84</sup>



### PRODUCTOS

Los productos textiles se pueden clasificar en tres grupos:

- Productos inteligentes
- Productos funcionales
- Productos técnicos

### PRODUCTOS INTELIGENTES

Los textiles inteligentes se definen como textiles que pueden detectar y reaccionar a condi-

<sup>84</sup>. *Tejidos 3D (o Spacer)*, (s.f.). <http://www.cetriko.com/es/tejidos-3d-o-spacer/>

ciones medioambientales o a estímulos mecánicos, térmicos, químicos, fuentes eléctricas o magnéticas. Según su actividad funcional los textiles inteligentes pueden ser clasificados en tres categorías:

- Textiles inteligentes pasivos
- Textiles inteligentes activos
- Textiles ultra inteligentes

### **Textiles inteligentes pasivos**

Los textiles inteligentes pasivos son la primera generación de textiles inteligentes, los cuales solamente pueden detectar las condiciones medioambientales o estímulos.

### **Textiles inteligentes activos**

La segunda generación son textiles que tienen la capacidad de detectar y de actuar frente a una determinada situación. Los detectores actúan sobre la señal detectada tanto directamente como de una unidad central de control. Los textiles inteligentes activos tienen una memoria de la forma, son camaleónicos, hidrófugos y permeables al vapor (hidrofilico/no poroso), pueden almacenar calor, son termorreguladores, absorben el vapor, etc.

### **Textiles ultrainteligentes**

Los textiles ultra inteligentes son la tercera generación de estos textiles. Estos pueden detectar, reaccionar y adaptarse a las condiciones y estímulos del medio. Un textil ultra inteligente esencialmente consiste en una unidad, la cual trabaja como cerebro, con capacidad cognitiva, que razona y reacciona.

### **Aplicaciones en productos inteligentes**

Dentro de los productos inteligentes vamos a mencionar distintos tipos de conceptos, propiedades y dispositivos aplicados a este tipo de textiles, a saber:

- Biomiméticos
- Conductivos
- Electrónicos
- Sensores

### **Biomimetismo**

Se está impulsando a los diseñadores de ropa de alto rendimiento a mirar a la naturaleza en busca de inspiración para el desarrollo de nuevos productos. Este proceso, conocido como el biomimetismo, está siendo utilizado, en parte, por la necesidad de hacer artículos de ropa de rendimiento más sustentable con el medio ambiente y, en particular, reciclable al final de su vida útil. Esto no es fácil en la actualidad, debido a que la ropa de alto rendimiento es cada vez más sofisticada y está siendo fabricada a partir de una gran variedad de fibras poliméricas y de otros materiales.

Los defensores de la biomimética remarcan el hecho de que los animales, los insectos, las plantas y otros organismos vivos han sobrevivido y se han adaptado en entornos dinámicos evolucionando durante millones de años, y muchas adaptaciones naturales han demostrado ser más eficaces que las soluciones artificiales.

ILUSTRACIÓN 6 - MARIPOSA MORPHO



El ala de la mariposa Morpho, que se muestra en la Ilustración 6, por ejemplo, ha inspirado a desarrolladores para producir telas en colores vivos sin el uso de pigmentos o colorantes. Teijin Fibers Ltd. produjo comercialmente el tejido Morphotex, hasta 2011.

Esta es una fibra coloreada estructuralmente, no teñida. La tecnología se basa en la concepción de biomimética de la estructura microscópica de las alas de la mariposa Morpho. Películas delgadas de 70 nanómetros de espesor de poliéster o nylon son laminadas en 61 capas alternativamente, y, controlando exactamente el espesor de la capa, pueden verse cuatro colores, rojo, verde, azul y violeta, según la longitud de onda.

Muchas plantas y los insectos tienen superficies con propiedades repelentes al agua que han proporcionado la inspiración para el desarrollo de materiales repelentes al agua y repelentes de manchas para su uso en equipos de caza, uniformes militares, ropa para la lluvia y ropa de esquí.

Schoeller Technologies, en Suiza<sup>85</sup>, ha copiado las propiedades de autolimpieza de la hoja de loto en su desarrollo de *NanoSphere*. Este es un proceso de acabado que se dice que es uno de los tratamientos hidrófugos más funcionales y sustentables en el mercado, además de ser uno de los más seguros. También ha desarrollado ecorepel, otro acabado repelente al agua a partir de parafinas de cadena larga que son biodegradables.

Esta empresa también ha recurrido a los conos del pino en busca de inspiración en el desarrollo de un producto llamado *c\_change*, que se promociona como a prueba de viento y que posee una membrana hidrófila, impermeable, con una estructura de polímero flexible que reacciona de forma independiente a los cambios de temperatura. A altas temperaturas, cuando los niveles de humedad del cuerpo se elevan, la estructura de la membrana se abre para permitir que el exceso de calor y humedad se escapen. A temperaturas más frías, se contrae la estructura, lo que ayuda al cuerpo a retener el calor y prevenir escalofríos.

Los investigadores en la industria textil también se han inspirado en la capacidad de las aves y los osos polares para permanecer calientes en temperaturas frías extremas en el diseño de prendas de aislamiento térmico.

Otras propiedades inspiradas en la naturaleza incluyen la eficacia antimicrobiana, la bioluminiscencia, el enmascaramiento, la reducción de la resistencia al deslizamiento, la adherencia en seco –inspirada en las almohadillas para los dedos del gecko– y la alta resistencia al desgaste.

Esto es debido en gran medida a los avances de la tecnología, especialmente en la nanotecnología, que ha permitido a estos especialistas investigar más a fondo los mecanismos biológicos.

Estos descubrimientos sin duda allanan el camino para la introducción de nuevos tipos de telas y prendas de vestir que sean inteligentes y sustentables.

### Conductivos

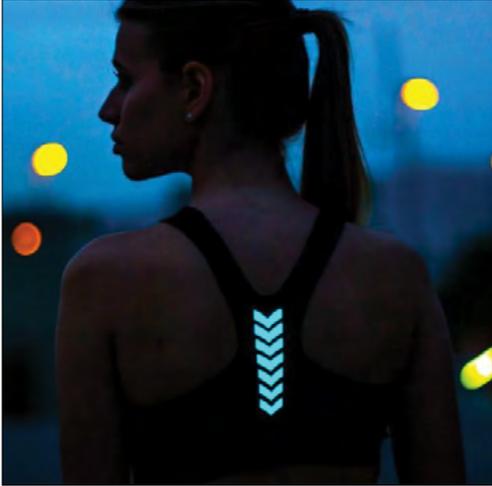
Es una propiedad que se les aplica a las prendas con el fin de capturar electricidad. La luz “impresa” es resultado de la impresión de tintas funcionales sobre sustratos flexibles que, coloca-

<sup>85</sup> <http://www.schoeller-textiles.com/en/home.html>

das de forma estratégica, al hacer pasar una corriente eléctrica por ellas, tienen la capacidad de convertir la energía eléctrica en luz, un fenómeno conocido como electroluminiscencia.

Un ejemplo de esto puede verse en la Ilustración 7, que muestra uno de los desarrollos del Eurecat, Centro Tecnológico de Cataluña<sup>86</sup>.

ILUSTRACIÓN 7 - EJEMPLO DE TECNOLOGÍA ELECTROLUMINISCENTE



### Electrónica

Para generar textiles inteligentes se les aplican directamente en los tejidos dispositivos electrónicos, como microchips encapsulados, capaces de medir temperatura, humedad, etc.

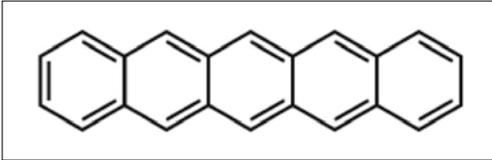
### Sensores

Se trata de sensores incorporados a la trama de vestimenta manufacturada con tejidos inteligentes (ropa con sensores inalámbricos). Estos sensores que dan aviso del ritmo respiratorio y la temperatura corporal de quien lo lleve puesto<sup>87</sup>.

El sensor de esfuerzo, que monitorea el ritmo respiratorio, consiste en un puente de Wheatstone, un instrumento que mide resistencias eléctricas, y una delgada lámina de pentaceno (Ilustración 8), que actúa como capa de detección. El sistema funciona cuan-

do un esfuerzo fisiológico, como la respiración, origina una deformación mecánica del sensor, que afecta a la resistencia del material.

ILUSTRACIÓN 8 - ESTRUCTURA DEL PENTACENO



En cuanto al sensor de temperatura, este es un transistor de película delgada, un tipo especial de transistor que deposita una película delgada de semiconductores sobre sustratos. El transistor de película delgada permite observar la corriente eléctrica en respuesta lineal a los cambios de temperatura. Y lo más importante es en las áreas de voltajes inferiores,

donde la corriente muestra mayor sensibilidad a los cambios de temperatura.

### PRODUCTOS FUNCIONALES

Esta clasificación agrupa los productos en relación a la función objetivo que se busca que otorguen. Con ese criterio los podemos agrupar, entre otras categorías en:

- Antimicrobianos
- Cosmetotextiles
- Indumentaria de protección
- Termorregulación corporal
- Textiles crómicos
- Textiles repelentes

<sup>86</sup>. *La ropa inteligente que funciona como una "segunda piel"*. (2016), BBC Mundo. <http://www.laopinion.com/2016/02/03/los-cientificos-espanoles-que-quieren-crear-una-segunda-piel/>

<sup>87</sup>. <http://tecnoindumentaria13.blogspot.com.ar/2013/04/ropa-inteligente-para-monitorear.html>

## Antimicrobianos

Dentro de los llamados tejidos antimicrobianos se distinguen dos grandes grupos: los textiles antimicrobianos para evitar degradación de las propiedades que pueden producirse en el mismo material textil, debido, por ejemplo, a microbios u hongos, y los que son usados para prevenir infecciones en los usuarios que pueden ser causadas por el contacto o contagio con microbios.

ILUSTRACIÓN 9 - ROPA INTERIOR ANTIBACTERIAL



Este es uno de los campos de mayor desarrollo al presente. Como ejemplos, podemos mencionar la indumentaria deportiva con protección antimicrobiana Microban®, que evita la proliferación de bacterias, moho y hongos, que son los causantes del olor corporal<sup>88</sup>. O como la que se muestra en la Ilustración 9, ropa interior comercializada por la empresa Under Armour Inc. de los Estados Unidos<sup>89</sup>.

Esta aplicación es importante desde el punto de vista militar, pues ya en la guerra de Vietnam, las Fuerzas Armadas de Estados Unidos utilizaron detectores antipersonales que funcionaban detectando los olores corporales de sus oponentes.<sup>90</sup>

## Cosmetotextiles

Se agrupan bajo esta denominación los productos textiles con una sustancia o preparación que se libera progresivamente sobre diversas partes superficiales del cuerpo humano. De acuerdo al Bureau de Normalisation des Industries Textiles et de l'Habillement (BNITH), un cosmetotextil es un artículo de consumo textil durable con un producto cosmético que se libera con el tiempo.

La liberación progresiva controlada incrementa la exposición, manteniendo al mismo tiempo las propiedades de los agentes activos. Junto con la acción mecánica del tejido que estimula la piel, este proceso avanzado optimiza la acción de las fórmulas cosméticas.

Pese que hasta el momento no se han detectado usos específicos en el campo militar, la potencialidad de este tipo de tejidos para la aplicación de tratamientos cutáneos es prometedora y atractiva para su investigación y desarrollo<sup>91</sup>, en particular, para brindar tratamiento preventivo o curación ante el ataque con armas químicas, biológicas o nucleares<sup>92</sup>.

## Indumentaria de protección

Se entiende por ropa de protección la que sustituye o cubre a la ropa personal, y que está diseñada para proporcionar protección contra uno o más peligros. Esta amplia categoría incluye ropas tradicionalmente diseñadas para su uso por personal militar, específicamente, y tam-

88. *Tecnología antimicrobiana de productos antiolores y antimanchas para textiles y ropa*. (s.f.), Microban International. <http://www.microban.com/es-es/what-we-do-es-es/by-product-es-es/textiles-3-es-es>

89. Under Armour Performance. <http://www.uabiz.com/>

90. *Operational Report of the 9th Infantry Division for the Period Ending 31 October 1968 [Informe de operaciones de la División de Infantería Novena para el período finalizado el 31 de octubre de 1968]*, (1968) <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=AD500939&Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf>

91. Carfagna, C., (2012), *Cosmeto-Textiles: State of the Art and Future Perspectives, Advances in Science and Technology* [Cosmetotextiles: estado del arte y perspectivas futuras, avances científicos y tecnológicos]. [https://www.academia.edu/10363834/Cosmeto-Textiles\\_State\\_of\\_the\\_Art\\_and\\_Future\\_Perspectives](https://www.academia.edu/10363834/Cosmeto-Textiles_State_of_the_Art_and_Future_Perspectives)

92. *Asian Technical Textiles*. (2015), Guru P5 Kwatra. <http://www.atjournal.com/images/July-Sept%202015.pdf>

bién por personal civil o militar que desarrollen tareas que requieran de protección especial, como, por ejemplo, bomberos, policías, y trabajadores que desarrollen sus tareas en zonas de riesgo eléctrico, o de explosión.

Son numerosas las empresas nacionales que comercializan este tipo de vestimentas, agrupadas dentro del rubro higiene y seguridad, y constantemente se producen novedades en los materiales y diseños de las prendas y equipos de protección individual y colectiva.

### Termorregulación corporal

Las condiciones de trabajo han mejorado en muchas áreas debido al desarrollo tecnológico en la sociedad. Sin embargo, la exposición al frío es una realidad para personal que desarrolla sus actividades al aire libre o en ambientes industriales que requieren alto grado de refrigeración, como en la industria frigorífica. Después de realizar esfuerzos físicos, el frío es una razón de falta de confort térmico en estos entornos. Este fenómeno está particularmente conectado con la realización de ejercicios intermitentes, y se encuentra vinculado a la interacción entre las reacciones fisiológicas del cuerpo humano y el sistema de vestimenta. Esta ha sido una preocupación de las fuerzas armadas desde hace tiempo<sup>93</sup>. Y, actualmente, con financiamiento de la *Advanced Research Projects Agency-Energy* (ARPA-E), dentro del programa *Delivering Efficient Local Thermal Amenities* (DELTA) del Departamento de Energía de Estados Unidos, la empresa SRI International, junto a la Universidad de California, Los Ángeles (UCLA) y la Universidad de Stanford, desarrolla un calzado diseñado para mantener al usuario cómodo aumentando el sistema de regulación térmica natural del cuerpo humano.<sup>94</sup>

ILUSTRACIÓN 10 - FOTOGRAFÍA DE UN MATERIAL TRI-CAPA CON COMPUESTO PCM



En general se trata de usar tejidos que permitan regular la transpiración, o bien mantener la temperatura corporal<sup>95</sup>, como se ve en el ejemplo de la Ilustración 10, donde se trata de un tejido que contiene materiales que cambian de fase debido a la temperatura. Estos materiales son denominados PCM (*Phase Change Materials*, por sus siglas en inglés).

### Textiles crómicos

Son materiales que irradian color, apagan el color, o cambian el color por la inducción causada por un estímulo externo. Se pueden clasificar de acuerdo al estímulo que los afecta<sup>96</sup>.

En el arte de los textiles técnicos e inteligentes, los materiales crómicos más utilizados y los más estudiados son los que aplican el fotocromismo, el termocromismo, el halocromismo y el electrocromismo. Los textiles que tienen colores cambiantes se suelen denominar textiles camaleónicos.

93. Nienlen, R. et al., (1986) *The role of textile material in clothing on thermoregulatory responses to intermittent exercise [El rol del material textil en la ropa en cuanto a respuestas termoregulatorias durante el ejercicio intermitente]*. Instituto de investigación de medicina medioambiental del ejército de los Estados Unidos.

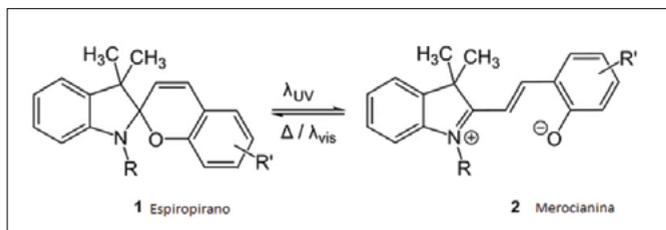
94. ARPA-E. Whashington, DC: Departamento de Energía de los Estados Unidos. <https://arpa-e.energy.gov/>

95. *A cool shirt [Una remera fresca]*. (2016), The Economist Newspaper Limited. <http://www.economist.com/news/science-and-technology/21706242-fabrics-pass-heat-not-light-may-keep-people-comfortable-summer-cool>

96. *Chromic materials [Materiales crómicos]*. [https://campus.mines-douai.fr/pluginfile.php/19034/mod\\_resource/content/0/CH2\\_en\\_mai\\_2013/co/ch2\\_1\\_1\\_en.html](https://campus.mines-douai.fr/pluginfile.php/19034/mod_resource/content/0/CH2_en_mai_2013/co/ch2_1_1_en.html)

Los materiales fotosensibles reversiblemente cambian de color bajo la acción de la luz (radiación electromagnética), normalmente la radiación ultravioleta (UV). El tratamiento es con algunas sales inorgánicas o con compuestos orgánicos de la familia de los espiropiranos.

ILUSTRACIÓN 11 - COMPUESTOS FOTOSENSIBLES



Un ejemplo puede verse en la Ilustración 11, donde, bajo la acción de radiación UV, por ejemplo la solar, el espiropirano se convierte en merocianina, que, a diferencia del primero, posee coloración. Al suspender la irradiación, el equilibrio se desplaza a la izquierda y pierde el color.

Los materiales *termocrómicos* son materiales o compuestos en los que cambios observables, reversibles o irreversibles del color son inducidos por un cambio de temperatura. En textiles, ya hay al menos dos productos que aplican este principio. Son formulaciones basadas en los cambios moleculares y cristales líquidos. En ambos casos, estos “pigmentos” son colocados en microcápsulas y aplicados sobre un soporte con un aglutinante polimérico.

Los materiales *electrocrómicos* son capaces de cambiar reversiblemente de color cuando se les aplica una corriente eléctrica. Este cambio de color es causado por reacciones redox controladas. De hecho, los estados redox de un compuesto no tienen generalmente las mismas bandas de absorción. Se usan las familias de óxidos de los metales de transición y el azul de Prusia (hexacianometalato), dentro de los compuestos inorgánicos y dentro de los orgánicos, polímeros conductores y organometálicos.

### Textiles repelentes

Bajo esta categoría se agrupa tanto a los textiles que son tratados para repeler insectos como los que lo son para repeler la suciedad o el agua, siendo este último caso uno de los primeros tratamientos a los que han sido sometidos los textiles a lo largo de la historia.

Los repelentes de agua duraderos (DWR, *Durable Water Repellents*, por sus siglas en inglés) son tratamientos superficiales, aplicados como tópicos a los tejidos para proporcionar protección contra el agua, así como contra aceites y tierra. Además de proporcionar la protección mencionada, estos acabados también prolongan la vida útil de los productos.

La tecnología DWR históricamente se ha logrado con acabados textiles que contienen un polímero al que se han unido grupos perfluoroalquilo de cadena larga. Estos polímeros fluorados de cadena larga pueden contener como impurezas materias primas residuales y trazas de ácidos perfluoroalquilo de cadena larga (PFAAs). Estas impurezas se pueden degradar en el ambiente para formar PFAAs de cadena larga. Esta situación ha motivado que, en 2011, todas las empresas que se encuentran adheridas al programa llamado *Zero Discharge of Hazardous (ZDHC)*<sup>97</sup>, cuyo objetivo es la eliminación de descargas de productos contaminantes en el ambiente desde las industrias textil y del calzado, hayan comenzado a buscar activamente

97. Zero Discharge of Hazardous Chemicals (ZDHC), (2016). <http://www.roadmaptozero.com/>

98. *Durable Water and Soil repellent chemistry in the textile industry – a research report [Química de repelentes al agua o aceite durables en la industria textil: informe de investigación]* (2012). [https://outdoorindustry.org/pdf/FINAL\\_ZDHC\\_P05\\_DWR%20Research\\_Nov2012.pdf](https://outdoorindustry.org/pdf/FINAL_ZDHC_P05_DWR%20Research_Nov2012.pdf)

cómo reemplazar los polifluoroalquilos de cadena larga por alguna otra sustancia que tenga las mismas propiedades pero con menores riesgos ambientales<sup>98</sup>.

Los textiles repelentes a los mosquitos<sup>99</sup> son una de las tecnologías de mayor crecimiento en este momento en el campo textil, especialmente en las zonas tropicales, aunque la expansión del hábitat de estos insectos hace prever que este mercado se expandirá hacia otras zonas también. Estos tipos de textiles buscan ofrecer protección no solo contra los mosquitos, sino contra las enfermedades que estos transmiten, como la malaria, la filariasis, el zika y el dengue. Existen varias tecnologías en uso para lograr este fin, no solo aplicables a vestimenta, sino también a ropa de cama y telas de carpas. Una de ellas es la aplicación<sup>100</sup> de N, N-dietil-benzamida (Ilustración 12) sobre telas de algodón. Se reporta que con una aplicación al 12 por ciento se obtuvo repelencia de mosquitos del 100 por ciento.

ILUSTRACIÓN 12 - N, N-DIETIL-BENZAMIDA

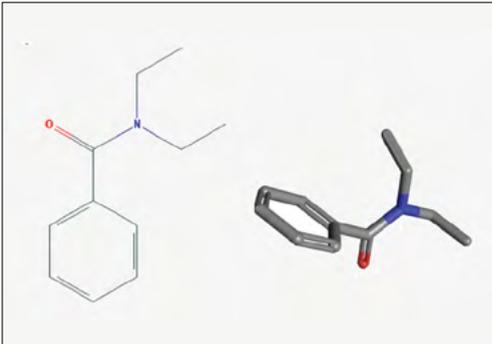


ILUSTRACIÓN 13 - CAMISA REPELENTE DE INSECTOS JACK WOLFSKIN TRATADA CON PERMETHRIN



ILUSTRACIÓN 14 -MALLA ARRICOVER SOBRE LECHUGA- FUENTE HORTIDAILY.COM



Otra forma de conferir propiedades antimicrobianas se logra utilizando acabados a base de productos hidrorrepelentes<sup>101</sup> y láminas o membranas de tipo micro poroso, o combinación de ambos efectos.

Las membranas microporosas, previamente formadas y adheridas a la tela mediante un adhesivo, permiten la obtención de tejidos con propiedades impermeables y transpirables. Este método es usado especialmente en toda el área de la indumentaria deportiva, de protección personal, de textiles para el hogar y de uso higiénico sanitario, por ejemplo, fundas para colchones y almohadas.

99. Jajpura, L. Et al., (2015). *A review on mosquito repellent finish for textiles using herbal extracts [Revisión del acabado de repelente de mosquitos en textiles que utilizan extractos de hierbas]*. International Journal of Engineering Sciences and Management Research.. Vol 2(8).

100. Efficacy of Advanced Odomos repellent cream (N, N-diethyl-benzamide) against mosquito vectors [Eficacia de la crema repelente avanzada Odomos (N, N-dietil-benzamida) contra vectores mosquito] (2011). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3103177/>

101. Scandinavian Outdoor. <https://scandinavianoutdoor.com/jack-wolfskin/clothing/shirts-and-vests/collar-shirts/mosquito-safari-shirt>

El principal mercado para este tipo de tejidos es aplicaciones militares e indumentaria de protección personal laboral, como la utilizada por médicos y deportista, donde la ropa actúa como una barrera para microorganismos y permiten una adecuada transpiración.

### PRODUCTOS TÉCNICOS

Dentro de este concepto se consideran todos los productos textiles que no pueden inscribirse dentro de los sectores tradicionales de indumentaria, hogar y decoración. La pertenencia de un artículo textil a este sector es función del producto final y de sus exigencias, y no de su composición o proceso de fabricación.

Son materiales que dan respuesta a exigencias técnico-cualitativas elevadas (rendimiento mecánico, térmico, durabilidad, etc.) y les confiere la aptitud de adaptarse a una función específica y a su entorno, sea de indumentaria, aun del hogar o decoración, o específicamente de alguno de los sectores que dan nombre a los diferentes mercados que les son propios: agrotexiles, geotextiles, protectextiles, mobiltexiles, industextiles, medttextiles, constructextiles.

Por su importancia relativa a sus posibilidades de empleo en ambientes operacionales o su uso durante emergencias y desastres, nos referiremos particularmente a los geotextiles.

#### Geotextiles

Un geotextil es una lámina permeable y flexible de fibras sintéticas, principalmente polipropileno y poliéster, las cuales se pueden fabricar de forma no tejida (*non woven*) o tejida (*woven*), dependiendo de la resistencia y capacidad de filtración deseada.

Se producen generalmente desde 120 hasta 545 gramos por metro cuadrado y sus principales aplicaciones son el control de la erosión, el refuerzo de suelos, la filtración y separación entre capas de materiales, el proporcionar una capa drenante y la protección de geomembranas.

El mercado de los geotextiles es sumamente extenso y los principales productores se encuentran en los Estados Unidos, Canadá, Europa y Asia.

Algunos geotextiles tienen un espesor de algunos centímetros y una estructura permeable. Estos pueden constituirse en drenajes.

Otros geotextiles son impermeables; pueden ser utilizados para impermeabilizar canales o embalses, ya sea recubriéndolos con una camada de tierra o utilizándolos para aumentar la impermeabilidad de revestimientos de cemento.

Algunos geotextiles son resistentes a la tracción; pueden ser utilizados para aumentar la resistencia del suelo frente a deslizamientos, llegándose a formar taludes estructurados con geotextiles.

### PROPIEDAD INTELECTUAL

**Es de resaltar que el área textil ha crecido exponencialmente en los últimos años. Los Estados Unidos, China y Australia encabezan la lista de países que patentan mayor cantidad de productos relacionados a textiles en general; Brasil y Argentina se ubican en los puestos 18 y 20 respectivamente.**

**Como podemos ver en la Ilustración 16, la cantidad de patentes por año relacionadas al tema de textiles evolucionó desde 450 en 1950, a casi 25.000 en 2015. Y ese crecimiento ha sido sostenido y exponencial, como podemos ver en la curva<sup>102</sup>, lo que**

102. Los gráficos de esta sección han sido generados en el sitio The Lens, <https://www.lens.org/> o basados en datos obtenidos de allí.

demuestra el constante interés comercial sobre este mercado, donde se registran patentes desde fines del siglo XIX.

No solo la evolución en cantidad global de patentes relacionadas a textiles nos puede dar una idea de la evolución de este campo. Nuevas clases de productos, por ejemplo, los textiles inteligentes, cuya primera patente es solicitada en 1975 y cuya curva sigue la misma evolución que la anterior, alcanza actualmente más de 2.500 patentes, todas ellas en los Estados Unidos.

Otro punto destacado relacionado con este mercado son las empresas propietarias de las patentes sobre tecnologías vestibles, entre ellas Microsoft, Samsung, Nokia y Apple, como podemos ver en la Ilustración 17.

ILUSTRACIÓN 15 - CANTIDAD DE PATENTES EN EL ÁREA TEXTIL, EN GENERAL, DESDE PRINCIPIOS DE 1950

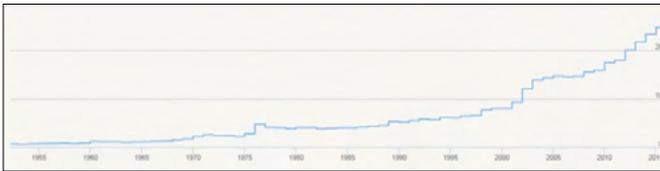


ILUSTRACIÓN 16 - PATENTES SOBRE TEXTILES DE ALGUNOS PAÍSES - ELABORACIÓN PROPIA SOBRE CIFRAS DE THE LENS.

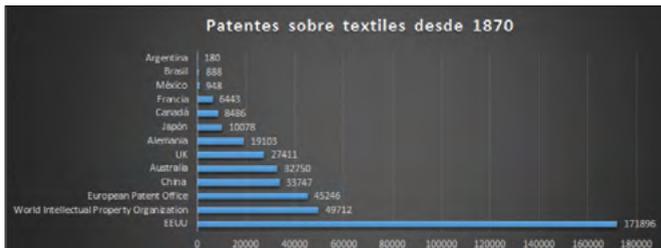
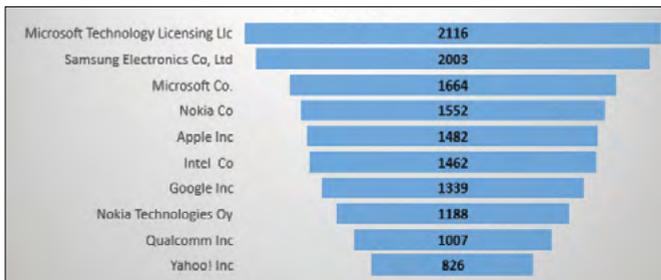


ILUSTRACIÓN 17 - PROPIETARIOS DE LAS PATENTES SOBRE TECNOLOGÍAS VESTIBLES HASTA EL PRESENTE - ELABORACIÓN PROPIA CON CIFRAS DE THE LENS



### VIGILANCIA TECNOLÓGICA SOBRE TEXTILES

La importancia de algunas tecnologías y el interés que estas despiertan en nuestra industria y comercio ha llevado al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de nuestro país a establecer el Programa Nacional de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva, VINTEC, cuya función es: *brindar herramientas claves para transformar datos en información útil para la toma de decisiones estratégicas*<sup>103</sup>.

Una de las acciones del VINTEC es la promoción y establecimiento, en conjunto con operadores calificados, de Antenas Tecnológicas, que se dedican a la observación y seguimiento de los desarrollos de los campos de interés. Una de ellas está referida al campo textil y es una fuente importante de datos tecnológicos sobre textiles que puede ser usada como referencia por parte de la academia, la

103. VINTEC - Programa Nacional de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva. Argentina: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. <http://www.mincyt.gov.ar/programa/vintec-programa-nacional-de-vigilancia-tecnologica-e-inteligencia-competitiva-6394>

industria, el comercio, las asociaciones sectoriales y entes gubernamentales para mejorar sus capacidades estratégicas<sup>104</sup>.

En el boletín sectorial, que se publica desde 2014, pueden encontrarse ejemplos de patentes aparecidas en el último periodo de interés para todas las partes interesadas. En el caso del último publicado, que cubre el periodo julio-agosto del corriente año, se pueden ver 10 patentes sobre el tema de productos textiles funcionales.

## **CONCLUSIONES**

El área textil ha sido uno de los primeros campos donde el ser humano, impulsado primero por la necesidad y luego por la búsqueda de mayor confort y eficiencia, ha desarrollado tecnologías, tanto en los campos de los materiales como en los procesos de producción, siendo uno de las primeras industrias en impulsar la primera revolución industrial. Continuando con su incesante crecimiento, hoy se ha transformado en tierra fértil para la ingeniería química y la ingeniería de materiales.

Los avances tecnológicos han logrado obtener productos textiles cada vez con más prestaciones gracias al trabajo de equipos multidisciplinarios de distintas profesiones y especialidades.

El desafío para nuestra industria es aprovechar las capacidades existentes en el país, tanto las de la industria química y de procesos como de nuestra larga tradición en el campo de los textiles, para integrar ambas ramas de la tecnología y poder participar activamente en el proceso de evolución de estos materiales.

Asimismo, es necesario motivar la investigación de materiales innovadores que puedan complementar nuestro uniforme, como ropa de abrigo de fibras autóctonas o tintes naturales que logren un mejor mimetizado.

Por último, se debe recordar el rol destacado que ha tenido alguna vez nuestra industria en la confección de uniformes militares. Recuperar aquella calidad de producción e innovación deberán ser los objetivos en los próximos años para lograr de esta manera ser autosuficientes y no temer a quedarnos sin uniformes ante cualquier tipo de problema que interrumpiese nuestro canal de abastecimiento.

104. Antena tecnológica. Argentina: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. <http://antenatecnologica.mincyt.gob.ar/>

## 4. ARMAMENTO

### 4.1

# Munición Guiada para armas de apoyo de Fuego de Artillería y Morteros

Por el Cnel. (R) VGM Juan Carlos Villanueva\*

Hace más de cuatro décadas que se discute acerca del concepto de “*Revolution in war*”<sup>105</sup> y se realizan enormes esfuerzos para avanzar en el desarrollo de ciertas tecnologías que se consideran decisivas para proporcionar ventajas militares, básicamente en las áreas de: conectividad, resistencia de los equipos, movilidad, alcance y letalidad de las armas, precisión, miniaturización, ocultamiento, automatización y simulación, entre otras.

Específicamente en el campo del Armamento, desde los años 70 el empleo de sistemas de armas de gran precisión, avanzados sensores y entornos integrados de combate para la adquisición de los blancos y control de los fuegos ha tenido una enorme proliferación. En particular, finalizada la Guerra Fría, en la que el monopolio de los Misiles Balísticos Intercontinentales (ICBM), de gran alcance y con capacidad nuclear, estuvo limitado a las dos potencias hegemónicas (los Estados Unidos y la Unión Soviética); es a partir de la Primera Guerra del Golfo en 1991 que se pudo observar un importante crecimiento en el uso de proyectiles de precisión para su empleo en el campo táctico.

Si bien para determinar los orígenes de las municiones guiadas podríamos remontarnos a la Segunda Guerra Mundial con el desarrollo de los primeros torpedos guiados por parte de la Armada Alemana,<sup>106</sup> o las “*Radio Guided Glide Bombs*”<sup>107</sup>, también empleadas por ese país, es a partir de la década del 70 durante la Guerra de Vietnam, con el empleo exitoso por parte de Estados Unidos de las bombas guiadas por láser (LGB)<sup>108</sup>, que el uso de este tipo de sistemas de “*Municiones inteligentes*”<sup>109</sup> sobre blancos no estratégicos tuvo cierto grado de éxito. Sin

105. Cickers, M. y Martinage, R., (2004), *The Revolution in war*[La revolución en guerra]. CSBA.org.

106. Watts, B., (2007), *Six Decades of Guided Munitions and Battle Networks* [Seis décadas de municiones guiadas y redes de batalla]. Pág. 3

107. Robinson, J. y Berefelt, F., (s.f.), *On guidance and control for guided artillery projectiles* [Guía y control de artillería y proyectiles guiados]. Swedish Defense Research Agency.

108. LGB (*Laser Guided Bomb*).

109. Según la definición del Diccionario de la Real Academia de Ingeniería de España, Munición Inteligente es “*un misil con algún tipo de guiado, que es capaz de maniobrar durante la trayectoria para dirigirse a un blanco estacionario o en movimiento*”. <http://diccionario.raing.es/es/lema/munici%C3%B3n-inteligente>

embargo, su participación estuvo prácticamente limitada a la posibilidad de lanzamiento desde plataformas aéreas (aviones y helicópteros), siendo escaso su empleo desde plataformas terrestres del tipo MLRS<sup>110</sup>.

Una forma típica de clasificación de las municiones guiadas o "*municiones inteligentes*", es:

- **De Largo Alcance** (LRS - *Long Range Strike*): aquellas en las cuales la plataforma de lanzamiento y el sistema de control se encuentran a gran distancia del blanco. En general, suele incluirse en esta categoría a los vectores de empleo estratégico (ICBM y otros) y que normalmente disponen de capacidad nuclear, para alcanzar objetivos estáticos a cientos o miles de kilómetros de distancia.
- **De Corto Alcance** (SRS - *Short Range Strike*): aquellas en las cuales la plataforma de lanzamiento y los sistemas de adquisición de blancos y control del disparo se encuentran a distancias próximas al blanco. Su empleo se da principalmente en el campo táctico, a disposición de los Comandantes en ese nivel, a distancias entre cientos de metros a decenas de kilómetros y en apoyo cercano de las Fuerzas empeñadas.

Con el advenimiento de los modernos sistemas de Comando y Control de las operaciones, el apoyo de sofisticados satélites, aeronaves del tipo JTARS (*Joint Surveillance Target Attack Radar System*) y UAVs de reconocimiento y ataque, se impuso un criterio más moderno para clasificar las municiones guiadas.

Este criterio tiene en cuenta la "*distancia existente entre el arma y su sistema de adquisición de blancos y control del fuego*", más que la distancia entre la plataforma y el blanco. A modo de ejemplo, un Misil *HELLFIRE* disparado desde un UAV sobre un blanco puntual a 1000 metros de distancia en un remoto paraje de Afganistán es considerado un "*Long Range Strike System*", ya que el operador del sistema de control y disparo se encuentra a miles de kilómetros de distancia, en algún lugar del Estado de Nevada (EUA).<sup>111</sup>

Esto ha dado lugar a un nuevo concepto denominado "*Reconnaissance Strike*" (RS), que concibe estos sistemas integrando los diferentes tipos de municiones guiadas, con sofisticados sensores, capacidades PNT (*Positioning, Navigation and Timing*) y en un entorno C4I como mínimo que le permita identificar, adquirir y batir con eficacia blancos sensitivos, altamente móviles, todo ello en tiempo real.

Un aspecto que requiere enorme atención por parte de quienes desarrollan estos sistemas es la complejidad de los mismos y las dificultades que conllevan la implementación y sostenimiento de estas capacidades. Lograr que este tipo de sistemas de armas puedan operar eficientemente en el campo de batalla moderno constituye un desafío enorme y que no ha alcanzado aún un estado de maduración suficiente como para reemplazar totalmente a los "probados" sistemas tradicionales.<sup>112</sup>

Si bien muchos países trabajan en proyectos para obtener la capacidad de **RS**, la magnitud del presupuesto requerido para el desarrollo de los sistemas y posteriormente su despliegue, sostenimiento y operación, motivan que sean Estados Unidos el que prácticamente monopoliza el empleo de esta capacidad, con eficacia probada en combate real en los conflictos en Irak y Afganistán. En ese sentido, los UAV armados, "*Predator*" y "*Reaper*", constituyen la "punta de lanza" para conducir las operaciones de **RS** en el marco de las guerras globales por parte de Estados Unidos.

110. MLRS (*Multiple Launched Rocket System*).

111. Watts, B., (s.f.), *Evolution on Precision Strike [Evolución del ataque de precisión]*. CSBA. Pág 4.

112. Watts, B., (s.f.), *Evolution on Precision Strike [Evolución del ataque de precisión]*. CSBA. Págs. 18 y 24.

De manera complementaria, como una forma de contrarrestar estas fortalezas del oponente, principalmente los Estados Unidos, Rusia y China, entre otros, trabajan arduamente para adquirir capacidades A2/AD (*Anti Access/Area Denial*)<sup>113</sup> que les permitan, principalmente, generar zonas denominadas “No-Go”, las que, saturadas con variedad y cantidad de contramedidas electrónicas, neutralicen la capacidad de operar a estos sofisticados sistemas de armas.

La enorme complejidad y vulnerabilidad intrínseca de estos sistemas, sumado a los exorbitantes presupuestos necesarios para su desarrollo e implementación, ha dado lugar en los últimos 12/15 años a una proliferación de los sistemas **SRS**, en particular los conocidos como **G-RAMM** (*Guided – Rocket Artillery Mortar and Missiles*).

Las guerras del Golfo en 1991 / 2003, el conflicto de Afganistán, y más recientemente los conflictos entre Rusia y Ucrania, así como el combate contra el DAESH- ISIL en Siria y el norte de Irak, han permitido observar una creciente revalorización de la Artillería y específicamente los **G-RAMM** como soporte imprescindible para los comandantes en el Teatro de Operaciones.

Los especialistas de defensa relacionados con estos sistemas de Apoyo de Fuego prevén a la Artillería del futuro cercano como<sup>114</sup>:

- una Artillería de gran precisión y letalidad, en reemplazo de los tradicionales fuegos de saturación,
- que opera con piezas autónomas altamente móviles, pero integradas además, a una red de coordinación de apoyo de fuego aéreo, terrestre y naval, que permita optimizar el empleo de todos los medios disponibles.<sup>115</sup>

Particularmente, los nuevos desafíos que enfrenta el empleo de las armas de apoyo de fuego como la artillería de tubo, de cohetes y morteros, es su empleo en un ámbito particular, que se suele denominar “guerra híbrida”. Este tipo de confrontación incluye la participación de fuerzas regulares, mezcladas con elementos irregulares, locales o extranjeros, que emplean medios y técnicas de combate más propias del terrorismo que de la guerra convencional.

Cada vez más, se plantea la necesidad de disponer de sistemas de armas con una alta probabilidad de impacto eficaz en los primeros disparos y, además, que tengan la capacidad denominada “*shoot and scoot*”<sup>116</sup>, que consiste básicamente en disparar y marcharse rápidamente, de forma tal que se incremente la supervivencia de las piezas.

Específicamente en el caso del conflicto en Afganistán, las experiencias de combate de las Fuerzas de la Coalición empeñadas, como Alemania, Italia y los Estados Unidos, motivaron la decisión de invertir en proyectos de modernización de sus Morteros. Esto le dio un nuevo impulso al “rejuvenecimiento” de estas nobles armas, cuya necesidad y utilidad se confirmaron ampliamente en el reciente conflicto en Ucrania. Se ha verificado que normalmente las tropas resultan empeñadas en un nuevo e impredecible escenario de guerra terrestre, sin frentes definidos y con un enemigo difícil de identificar. En este tipo de ámbito es donde

113. “The Center for Strategic and Budgetary Assessments (CSBA) defined *anti-access* as enemy actions which inhibit military movement into a theater of operations, and *area-denial* operations as activities that seek to deny freedom of action within areas under the enemy’s control”. McCarthy, C., (s.f.), *Anti Access Area Denial: The evolution of Modern Warfare* [Denegación de acceso al área: la evolución de la guerra moderna].

114. *Future Artillery Symposium 2016* [Simposio de la artillería del futuro 2016], Reino Unido.

115. *International Artillery Symposium 2014* [Simposio de artillería internacional 2014], Alemania.

116. *Shoot and scoot*: disparar y largarse. Las unidades de artillería autopropulsadas, al disponer de modernos sistemas de navegación y posicionamiento y sistemas de control de los fuegos en la pieza, pueden adoptar la posición, realizar los fuegos y desplazarse rápidamente a una nueva posición de alternativa, reduciendo así las posibilidades de recibir fuegos de contrabatería. Fuente: *Emerging threat artillery environment* (s.f.).

los morteros se posicionan como una herramienta imprescindible de apoyo de fuego en los niveles tácticos inferiores.<sup>117</sup>

De acuerdo con lo expresado en el documento “*Army’s Precision Fire Study*”<sup>118</sup>, se requiere una transformación de los fuegos indirectos de apoyo, que operarán enmarcados en sistemas integrados de alta tecnología, los que ofrecerán la oportunidad de destruir las capacidades del enemigo a las más largas distancias, con gran precisión y minimizando los efectos colaterales no deseados. Disponibilidad, respuesta “todo tiempo” y gran precisión constituyen atributos imprescindibles del futuro sistema de apoyo de fuego.

Lo expresado ha llevado a los órganos de planeamiento de los diferentes países, que diseñan sus “*Ejércitos futuros*” sobre la base de estos nuevos escenarios de empleo de las Fuerzas Terrestres y particularmente para la Artillería, la implementación de mejoras en las siguientes áreas específicas:

**Movilidad.** Es una característica vital de las fuerzas terrestres actuales, haciendo foco en la capacidad de moverse rápido y las largas distancias, con una reducida carga logística. Para ello, al momento de renovar sus dotaciones o modernizarlas, los países tienden a equiparse con los denominados *Self propelled guns*. Se ha comprobado que, también para los elementos de apoyo de fuego, la movilidad constituye una cuestión de supervivencia. No se conciben actualmente los fuegos de apoyo realizados en forma estática, debido a la proliferación de gran cantidad de sistemas de vigilancia y reconocimiento del campo de combate que imponen una dinámica muy particular a la ejecución de los fuegos de apoyo.

Por ello, cada vez más se analiza la conveniencia de la “migración” de una artillería remolcada a una artillería mecanizada o montada en vehículos a rueda 6x6. Se pueden observar, además, proyectos enfocados en el desarrollo de sistemas de reducción del retroceso de los Morteros de 120 milímetros que permitan montarlos sobre vehículos livianos. Ya existen morteros de 120 milímetros en el Ejército de Estados Unidos, que operan sobre vehículos como el *HUMMER*.

En el caso de la modernización de los sistemas de artillería, se ha generalizado el agregado de componentes del tipo GNPS (*Gun Navigation and Pointing System*), que, además de asegurar una rápida localización y posicionamiento de cada una de las piezas integradas a un sistema de apoyo de fuego centralizado, les proporcionan una autonomía que permite la ejecución de misiones de fuego puntuales, realizadas en forma individual.

**Reducción de costos.** Un aspecto aparentemente contradictorio es que los presupuestos para la Defensa tienden a ser más estrechos y los costos de desarrollo continúan elevándose por la inexorable aparición de nuevas tecnologías. Un adecuado balance entre “*la mayor efectividad posible, pero al menor costo*” es el objetivo final de los proyectos más exitosos. El resurgimiento de la artillería de precisión en el campo táctico ha motorizado proyectos de espoletas de corrección de trayectoria, tales como la SPACIDO FUZE (NEXTER), la que, con un costo de unos 3.000 dólares, tiene una precisión del orden de 30 metros de Error Circular Probable (CEP), mientras que un misil táctico TOMAHAWK, con un costo de 1.000.000<sup>119</sup> de dólares, pese a que tiene superiores prestaciones, alcanza niveles de precisión similares, resultando por ello muy oneroso su empleo para batir blancos de escaso valor en el campo táctico.

117. *MORTAR SYSTEMS: Challenges in a new battle space* [Sistemas de morteros: desafíos en un nuevo espacio de batalla]. (s.f.).

118. Valcourt, D. (s.f.), *Army’s precision fire study* [Estudio sobre disparos de precisión del ejército]. El General Mayor David Valcourt es jefe del campo de artillería, del Centro del campo de artillería del ejército de los Estados Unidos.

119. Watts, B. (s.f.), *Evolution on Precision Strike* [Evolución del ataque de precisión]. CSBA. Pág 19.

Otro caso destacable, relacionado con la munición de 155 mm, es el del proyectil EXCALIBUR, que en el año 2010 sufrió un severo recorte en los requerimientos del Ejército de Estados Unidos (De 30.788 a 7.508 unidades), optándose por más unidades de espoleta de corrección de trayectoria XM 1156, con un costo de solo US\$ 3.000<sup>120</sup>. No obstante ello, el proyecto EXCALIBUR continúa siendo el “proyecto estrella” de la Artillería de Campaña del Ejército de Estados Unidos.

Por lo expresado, aquellos que logren desarrollar productos extremadamente confiables, de bajo mantenimiento, bajo costo de almacenamiento y con una adecuada relación costo/efecto, constituirán los sistemas que finalmente entrarán en la etapa de producción y empleo masivo.

En este punto, la interacción Estado/Industria juega un papel fundamental para un empleo racional de los recursos económicos con probabilidad de éxito y un cierto grado de autonomía en la disponibilidad de materiales sensitivos de carácter estratégico.

**Precisión.** La capacidad de proveer fuegos de artillería y **morteros precisos y en tiempo**, debidamente coordinados con otros elementos de apoyo, de manera tal de evitar superposiciones y redundancias, resulta crucial en un ámbito operacional de frentes de combate imprecisos, con alta participación de elementos irregulares y entremezclados en la población civil. Hoy los fuegos precisos y seguros son una necesidad, no solamente para el cumplimiento de la misión en el menor tiempo posible, sino además para minimizar los **efectos colaterales de víctimas o daños no deseados en la población civil**.

El desarrollo de capacidades de guiado o corrección de trayectoria para la munición de artillería, enmarcadas en lo que suele denominarse “Munición inteligente” (*Smart munition*) le permitirá a los elementos de apoyo de fuego, no solamente optimizar la eficacia de sus fuegos de supresión, sino además, incrementar enormemente su letalidad.

Esto tiene, además, varios beneficios concretos:

- **Reduce el tiempo** necesario para la neutralización de un blanco.
- Reduce la **carga logística** necesaria para sostener un fuego de apoyo eficaz.
- Incrementa la **supervivencia de las piezas**, al reducir los tiempos de exposición al fuego de contrabatería.
- Minimiza la posibilidad de generar **daños colaterales**, gracias a la precisión del disparo.

Complementariamente a lo expresado en los puntos anteriores, se observa además que la progresiva migración de una artillería remolcada a otra mecanizada o motorizada, con el agregado de munición guiada eficiente, trae como resultado la posibilidad cierta del empleo de la Artillería como arma antitanque, al tener la capacidad de acompañar en su avance a las Unidades Blindadas propias. Se observan también interesantes proyectos en este campo, particularmente en los denominados “*Sensor Fuzed warhead*”.

Es conveniente aclarar, además, que cualquier sistema de “*munición inteligente*”, deberá operar siempre enmarcada en una serie de plataformas multiespectro, terrestres y aéreas, que mediante sus sensores proveerán información precisa en un marco de operaciones C4ISR. La utilización de sistemas de Apoyo de fuego de Artillería que emplean munición guiada, en un entorno de combate con sensores adecuados para la adquisición de blancos, así como de sistemas de Comunicaciones y Control, **es lo que transforma a las municiones guiadas en verdaderas “municiones inteligentes”**<sup>121</sup>.

120. Watts, B. (s.f.), Evolution on Precision Strike [Evolución del ataque de precisión]. CSBA. Pág.27.

121. Watts, B. (s.f.), Evolution on Precision Strike [Evolución del ataque de precisión]. CSBA. Pág.13.

## CONCLUSIONES

- Podemos afirmar que el desarrollo de proyectiles guiados de empleo táctico ha generado una **revalorización de las piezas de Artillería de tubo y Morteros** en el combate actual, tanto por la capacidad de batir blancos en el primer disparo, como por la posibilidad de reducir sensiblemente los efectos colaterales sobre población civil. Los actuales requerimientos de fuegos de precisión y mínimo daño colateral requieren soluciones de bajo costo, con sistemas de control que 1 puedan ser aplicados a las municiones guiadas.
- A la fecha, su **implementación en el marco táctico** no ha cumplido aún las expectativas iniciales ni alcanzado un nivel de maduración adecuado que les permita aún ser empleados masivamente, con el grado de eficiencia requerido. Esto se debe a que la *“clave del éxito”* está en la combinación de sistemas de control de fuego y disparo de rápida respuesta, alimentados con información de los blancos proporcionada por sensores y sistemas de adquisición “todo tiempo” y una rápida ejecución de los fuegos por parte de las piezas.
- Los proyectos que se llevan adelante para la Artillería de tubo y Morteros, del tipo **G-RAMM**, tienen el enorme desafío de **obtener sistemas realmente confiables, “todo tiempo” y con capacidad de evitar las interferencias o contramedidas electrónicas** que puedan afectar o neutralizar su empleo en combate real. Obviamente, se aspira a que todos estos sistemas tengan los menores costos posibles.
- Podemos afirmar que hay destacados avances en los sistemas eficientes de adquisición de blancos, principalmente en radares de contrabatería accesibles en los niveles tácticos inferiores, UAV e Información satelital, complementando ello con la provisión a los Equipos de Observadores Adelantados de Artillería que acompañan a las Unidades de Infantería y blindados, de modernos equipos optoelectrónicos, telémetros y marcadores láser, capaces de proporcionar información precisa en cualquier condición. Sin embargo, pocos son los países que tienen disponibles e integradas todas estas capacidades en forma operativa y ello es lo que finalmente constituye un *“multiplicador del poder de combate”* de las Unidades de apoyo de fuego.
- Finalmente, pese al inexorable avance de la tecnología en todos los sistemas de armas y las tendencias que se avizoran, puede observarse también que la capacitación básica y adiestramiento de las dotaciones de los sistemas de apoyo de fuego sigue contemplando como prioridad el empleo del “lápiz, la carta topográfica en papel y la calculadora de mano”, para cuando la electrónica y las comunicaciones “fallen” y todos estos sofisticados sistemas dejen de estar disponibles, cosa que la experiencia de guerra demuestra que suele suceder.

El objetivo del trabajo que a continuación se expone, desarrollado por un alumno de la Especialidad de Armamentos de la Carrera de Ingeniería Mecánica, quien se desempeña como *“Observador Tecnológico”* dentro del CEPTM “Grl MOSCONI”, es realizar una descripción conceptual de los aspectos técnicos relevantes de los sistemas de munición guiada, que se pueden enmarcar en lo que denominamos *“munición inteligente”*, su evolución y el “estado del arte” alcanzado, particularmente los que son empleados en armas de Artillería de tubo y Morteros, y completar el trabajo con una descripción de los principales proyectos que se pueden considerar representativos de estos sistemas de armas.

No se incluyen los desarrollos correspondientes a Lanzadores de Cohetes y Misiles, del tipo GMLRS<sup>122</sup> o ATACMS<sup>123</sup>, por escapar al objetivo del presente trabajo.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Cickers, M. y Martinage, R., (2004), *The Revolution in war [La revolución en guerra]*. CSBA.org.
- *Emerging threat artillery environment* (s.f.). RAND.org.
- *Future Artillery Market Report 2016* [Simposio del mercado de artillería del futuro 2016].
- *Future Artillery Simposium 2016* [Simposio de la artillería del futuro 2016]. Reino Unido.
- *International Artillery Simposium2014* [Simposio de artillería internacional 2014]. Alemania.
- McCarthy, C., (s.f.), *Anti Access Area Denial: The evolution of Modern Warfare [Denegación de acceso al área: la evolución de la guerra moderna]*.
- *MORTAR SYSTEMS: Challenges in a new battle space* [Sistemas de morteros: desafíos en un nuevo espacio de batalla]. (s.f.). [www.Future-mortars.co.uk](http://www.Future-mortars.co.uk)
- Pincoski, M., (s.f.), *Precision Guided Missiles and Rockets Program Review [Revisión del programa de misiles y cohetes guiados de precisión]*.
- Robinson, J. y Berefelt, F., (s.f.), *On guidance and control for guided artillery projectiles [Guía y control de artillería y proyectiles guiados]*. Swedish Defense Reseach Agency.
- Valcourt, D. (s.f.), *Army's precision fire study [Estudio sobre disparos de precisión del ejército]*.
- Watts, B., (2007), *Six Decades of Guided Munitions and Battle Networks [Seis décadas de municiones guiadas y redes de batalla]*.
- Watts, B., (s.f.), *Evolution on Precision Strike [Evolución del ataque de precisión]*. CSBA.
- *Fire Support*. <http://www.gicat.com/wp-content/uploads/2015/11/Fire-Support.pdf>
- *Future Mortar Systems*. <http://www.future-mortars.co.uk/mediacenter>.
- *Precision Strike*. [http://www.precisionstrike.org/pdf/2nd\\_qtr\\_2008\\_digest.pdf](http://www.precisionstrike.org/pdf/2nd_qtr_2008_digest.pdf)

[\*] **Juan Carlos VILLANUEVA** es Ingeniero Militar de la especialidad Armamentos y Oficial retirado del Ejército Argentino con el grado de Coronel de Infantería. Es Paracaidista Militar y Veterano de la Guerra de Malvinas.

Es especialista en Gestión Tecnológica (Instituto Tecnológico Bs As - ITBA y Master Executive en Gestión de Empresas Tecnológicas (Doble titulación EOI -España/ITBA). Ocupó cargos en Fábricas Militares con responsabilidad en la fabricación de armamentos, en el ámbito de proyectos militares en el EMCFFAA, en el EMGE y en CITEDEF. Actualmente se desempeña como Analista en la especialidad de Armamentos, en el CEPTM "GrI MOSCONI".

122. Sistema de lanzamiento de cohetes múltiples guiados (GMLRS, *Guided Multiple launched Rocket System*)

123. Sistema de misiles tácticos del ejército (ATACMS, *Army Tactical Missile System*)



4.2

## Vigilancia tecnológica sobre munición guiada para armas de apoyo de fuego de artillería y morteros

Por el Vigía Tecnológico: Teniente Primero Infantería Fernando Daniel Quinodoz\*

### **Munición guiada para armas de apoyo de fuego de artillería y morteros**

Autor: Teniente Primero Infantería Fernando Daniel Quinodoz.  
Alumno de segundo año de Ingeniería Mecánica (Especialidad Armamentos)

#### **RESUMEN**

El daño colateral, los costos de la munición, los problemas logísticos y la acumulación de municiones no guiadas en los inventarios han promovido el desarrollo de sistemas de apoyo de fuego de Artillería G-RAMM (*Guided – Rocket Artillery Mortar and Missiles*), los que han evidenciado un crecimiento notable en los últimos diez años; se puede observar incluso que se priorizan importantes asignaciones presupuestarias frente a otros sistemas guiados de largo alcance.

El presente trabajo de investigación se refiere a la “Munición Guiada para armas de apoyo de fuego de Artillería y Morteros”. Se realiza una revisión histórica de los desarrollos en este campo, su evolución y el estado del arte alcanzado en la actualidad. Se describen conceptualmente las principales tecnologías desarrolladas y aplicadas a los proyectiles guiados, su funcionamiento, clasificación y su evolución en los últimos treinta años.

Se presentan también aquellos programas y proyectos que resultan más representativos e importantes para cada tipo de tecnología y su grado de avance a la fecha. Algunos de ellos fueron recientemente probados con éxito en combate, mientras que el resto se encuentra ya en producción o lo estará a partir del próximo año.

Se espera que el trabajo permita al lector vislumbrar las tendencias generales de este tipo de tecnología en el corto y mediano plazo. Es conveniente destacar que tener una prospectiva errónea en este aspecto, o directamente no tenerla, puede provocar el grave error de incursionar en el desarrollo o adquisición de tecnologías que resulten obsoletas, aún antes de ser

utilizadas; e incluso, no contar con la capacidad de brindar una respuesta desde el punto de vista doctrinario, táctico y técnico en el nivel que corresponda, frente a un oponente que las posea y utilice.

## 1.

### INTRODUCCIÓN

El empleo de las armas de tiro indirecto se remonta a los primeros conflictos armados conocidos, su evolución tecnológica ha ido modificando no sólo las tácticas utilizadas por los ejércitos de diferentes civilizaciones, sino que también han marcado los rumbos de la historia a través del resultado de varias guerras. Se puede nombrar así cronológicamente al arco y flecha en la edad antigua, las catapultas romanas, la pólvora y su empleo en los cañones otomanos que hicieron caer los milenarios muros de Constantinopla, el obús en las guerras napoleónicas, el ánima rayada y los cañones de acero en las guerras prusianas, los cartuchos con vaina y los primeros cañones con amortiguación de retroceso durante la Primera Guerra Mundial, la aparición del mortero como un arma de tiro indirecto para el apoyo cercano de la Infantería, el mejoramiento de los sistemas de adquisición de blancos y procesamiento de los datos de tiro por medio del cálculo de la trayectoria, provistos por sistemas computarizados desde la Segunda Guerra Mundial y las sucesivas generaciones de cohertería y misiles. Cada una de estas innovaciones tecnológicas fue el resultado de la búsqueda de mayor letalidad, alcance y precisión sobre los blancos a batir.

Durante el siglo XX, y principalmente durante la carrera armamentística producto de la Guerra Fría, las grandes innovaciones tecnológicas de las armas de tiro indirecto se orientaron fundamentalmente a desarrollos en las áreas de alcance, precisión y letalidad. En particular, en lo referido a la precisión, los mayores avances se produjeron en sistemas de armas aire-tierra, y en sistemas de armas tierra-tierra, de largo alcance para llegar a objetivos estratégicos. En lo que respecta a la Artillería de Campaña y morteros, la precisión se mantuvo casi inalterable desde la Segunda Guerra Mundial hasta los últimos conflictos armados.

Si bien tanto los alemanes como los aliados (Estados Unidos y Reino Unido) intentaron desarrollar tecnología de guiado para sus proyectiles aéreos durante la Segunda Guerra Mundial, fue durante la Guerra de Vietnam que se utilizaron con éxito las primeras armas de guiado láser a través de bombas aerolanzables. Surge así un primer concepto de munición de precisión guiada (PGM): *“arma que utiliza un detector de ondas electromagnéticas reflejadas en un objetivo o punto de referencia y, a través del procesamiento de esta información, establece comandos de guiado para un sistema de control que modifica la trayectoria del arma guiándola hacia el objetivo”*<sup>124</sup>. Todo sistema de armas, además de contar con movilidad, poder de destrucción y alcance, debe ser capaz de impactar o afectar el objetivo con precisión. Las municiones de precisión guiada en su evolución *“intentaron combinar todos esos atributos en una única arma. Las actuales familias de municiones de precisión guiada y sus plataformas de tierra, mar y aire tienen todo esto y un poco más”*<sup>125</sup>.

Durante la Primera Guerra de Irak (1991) uno de los problemas que encontró la Fuerza Aérea de Estados Unidos para emplear las municiones de precisión guiada por láser fue ocasionado por las frecuentes tormentas de arena; en estas condiciones las bombas aerolanzables

124. DOD Dictionary of Military and Associated terms [Diccionario de términos militares y relacionados]. (2002), Publicación Conjunta Ministerio de Defensa USA, JP1-02.

125. Chand N., (2014). *Bull's Eye with Precision Guidance [En el blanco con guía de precisión]*. Scholar Warrior, pág 98.

no eran efectivas, ya que no funcionaba correctamente el sistema de guiado. Con el desarrollo de los sistemas satelitales de posicionamiento, navegación y sincronización (PNT<sup>126</sup>) durante la década de 1980, surge un nuevo modo de guiado para dichas municiones, el sistema integrado GPS/INS (*Inertial Navigation System*). Estos sistemas de PNT incluyen actualmente el conocido GPS (Estados Unidos), el GLONASS (Rusia), Beidou (China), y los proyectos IRNSS (India) y GALILEO (Unión Europea). Fue así que, durante la década de 1990, se desarrollaron municiones de precisión guiada que no necesitan de una onda electromagnética reflejada en el objetivo para adquirirlo y alcanzarlo; surgieron las famosas *Joint Direct Attack Munition*. Esta munición consiste básicamente en un kit que, colocado en la cola de una bomba no guiada, la transforma en una munición inteligente. Le provee un guiado GPS/INS con un error circular probable (CEP<sup>127</sup>) de -13 metros en modo GPS/INS o -30 metros en modo INS (en caso de perderse la señal de GPS por interferencia).

De esta manera, durante la Operación Libertad Duradera (Irak -2003), la Fuerza Aérea de Estados Unidos contaba ya con un sistema todo tiempo, kits LGB y JDAM que, según las condiciones meteorológicas y el tipo de objetivo, le permitía optar por uno de los dos sistemas. A partir del año 2008, la principal proveedora del kit LGB, Raytheon Missile Systems, presentaba su tercera generación; el *Paveway III* al que le adhirió el guiado GPS/INS. Por otro lado, Boeing, responsable del kit JDAM, sacaba al mercado en 2012 su Laser JDAM, incluyéndole el sistema de guiado láser al sistema de guiado GPS/INS. En la última década, estos kits que permitían transformar las *dumb bombs* o bombas no guiadas en *smart bombs* reemplazaron por completo a aquellas municiones de precisión guiada que se construían originalmente como tales, reduciendo considerablemente los costos al aprovechar el gran stock de bombas no guiadas disponibles.

Para diferenciar entre corto y largo alcance de un sistema con munición de precisión guiada se establece como criterio la “distancia existente entre el objetivo y su sistema de adquisición de blancos y control de fuego”. La eficiencia de los sistemas de armas de largo alcance depende de la superioridad relativa obtenida en el denominado “entorno de batalla” brindado por los apoyos de sistemas satelitales, aeronaves tipo JTARS (*Joint Surveillance Target Attack Radar System*), sistemas de C4ISTAR (Comando, Control, Comunicaciones, Computadoras, Inteligencia, Vigilancia y Adquisición de blancos) que garanticen la conducción de las operaciones de apoyo de fuego “todo tiempo”. Entre estos están los UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) de reconocimiento y ataque, guerra electrónica, superioridad aérea, entre otros.

Durante la Guerra del Golfo (1991- Operación Tormenta del Desierto), los observadores militares soviéticos concluyeron que “*por primera vez se integraban con éxito los conceptos de control, comunicaciones, reconocimiento, guerra electrónica y la conducción de los fuegos de apoyo como un todo*”<sup>128</sup>, destacando que si bien las fuerzas iraquíes contaban con modernos y numerosos sistemas de fuego, tanto aéreos como terrestres, al no contar con superioridad en el entorno de batalla, sus sistemas disparaban a ciegas la mayor parte del tiempo. La diferencia se acentuó aún más durante la segunda Guerra de Irak. De la integración de las municiones de precisión guiada de largo alcance con un entorno de batalla adecuado surge el concepto de “*reconnaissance strike*” (RS) que permite batir blancos en tiempo real con municiones de largo alcance.

126. *Pointing, Navigation, Timing*.

127. Error circular probable. *Circular Error Probability*

128. *Soviet Analysis of Operation Desert Storm and Operation Desert Shield [Análisis soviético de la operación Tormenta del desierto y la operación Escudo del desierto]*, (1991), Defense Intelligence Agency, pág. 32.

La complejidad en la implementación de este entorno de batalla y el elevadísimo presupuesto que implica su tecnología motivaron que sean pocas las potencias capaces de contar con él, siendo la principal de ellas Estados Unidos junto a los países de la OTAN, Rusia y China. Por otro lado, son estas potencias las que comenzaron a desarrollar la tecnología necesaria para contrarrestar el entorno de batalla de sus oponentes de manera de negarles el uso eficiente de sus sistemas de municiones de precisión guiada. Estas capacidades son las llamadas A2/AD (*Anti Access /Area Denial*), que crean zonas “no-go” al oponente mediante sistemas de contramedidas electrónicas y de fuego, tales como radares OVH (*over-the-horizon*), misiles tierra-aire (SAM) de intercepción, submarinos, armas cinéticas anti satelitales (*hit-to-kill*), sistemas de interferencia por radiofrecuencia, armas láser (LWS) anti misiles y vehículos aéreos no tripulados, entre otros. Sin embargo, estos sistemas que proveen capacidades A2/AD son ineficientes frente a algunos sistemas PGM de corto alcance utilizados por plataformas de tiro de Apoyo de Fuego en el nivel táctico inferior: cañones de artillería de campaña, morteros y lanzadores de cohetes, y misiles de artillería.

El daño colateral, los problemas logísticos, los costos de munición, la acumulación de municiones no guiadas en los inventarios y los avances en las capacidades de A2/AD de varios países promovieron el desarrollo de sistemas G-RAMM (*Guided – Rocket Artillery Mortar and Missiles*) que durante la última década han evidenciado un notable crecimiento y se puede observar que actualmente los países más avanzados priorizan importantes asignaciones presupuestarias en este área, frente a otros sistemas PGM de largo alcance.

En el presente trabajo expondremos con mayor profundidad algunos de los principales proyectos de municiones de precisión guiada de corto alcance, los G-RAMM, con un enfoque fundamentalmente en lo que concierne a proyectiles de artillería y morteros. Se partirá desde las causas que promovieron su desarrollo en el contexto de los conflictos armados del siglo XXI, las tecnologías de control y guiado utilizadas en su concepción, las diferentes tendencias actuales de los principales fabricantes y países que las han comenzado a implementar con éxito en combate.

## 2.

### LA TENDENCIA HACIA EL DESARROLLO Y UTILIZACIÓN DE LOS SISTEMAS G-RAMM

#### 2.1. El daño colateral y el empleo de los sistemas G-RAMM

Fue quizás el concepto de “daño colateral” uno de los principales fundamentos para el desarrollo de la munición guiada. La Fuerza Aérea de Estados Unidos lo define como “*el daño producido sobre aquellos recursos (sean o no militares) que rodean a un objetivo alcanzado por un ataque o acción directa, siendo el objetivo las fuerzas enemigas o instalaciones militares*”<sup>129</sup>. En otras palabras, se entiende como daño colateral a las muertes o heridas producidas a civiles no combatientes y los daños producidos a propiedades o instalaciones civiles no utilizadas con un propósito militar. Los daños producidos en la población civil durante la Segunda Guerra Mundial, que quedaron en evidencia cuando esta terminó, produjeron un impacto profundo en la opinión pública y en numerosos organismos internacionales. Las imágenes de las ciudades devastadas durante la Segunda Guerra Mundial, como Caen, Stalingrado y Berlín fueron el inicio del concepto de daño colateral. En la Guerra de Vietnam, la cercanía de los combates con la población civil, las cámaras de televisión y la opinión pública presionaron a los coman-

129. *Air Force Pamphlet 14-210, USAF Intelligence Targeting Guide [Panfleto de la Fuerza Aérea 14-210, Guía de selección de objetivo de inteligencia de la Fuerza Aérea].* (1998), pág 114.

dantes para encontrar la manera de reducir los daños colaterales producidos por los bombardeos. Seguramente todos recuerdan la imagen que recorrió el mundo de una niña vietnamita corriendo, con su cuerpo con grandes quemaduras producidas por una bomba incendiaria.

Durante la Operación Tormenta del Desierto (1991) y la Operación Fuerzas Aliadas en Kosovo (1999), los bombardeos de objetivos militares en ciudades se incrementaron y fueron muchos los casos de daños colaterales producidos incluso por el empleo de municiones de precisión guiada. Ya “en 1993 la *Office of Net Assessment (ONA) del Pentágono, pronosticaba correctamente que las guerras de baja intensidad y no convencional se convertirían en la forma más común de los conflictos venideros*”<sup>130</sup>. Durante los últimos quince años, la Guerra de Afganistán contra el régimen talibán, la segunda Guerra de Irak, los conflictos surgidos en Medio Oriente con la Primavera Árabe, la reciente aparición del Estado Islámico (ISIS), el conflicto en Ucrania entre fuerzas rebeldes y fuerzas del estado establecieron una delgada línea entre los no combatientes y combatientes. La tecnología digital y las redes sociales muestran en tiempo real los daños colaterales producidos en estos conflictos. El costo estratégico militar y político de los daños colaterales, llevaron a casi todos los estados participantes a adquirir sistemas con municiones de precisión guiada y también a producirlos.

Los nuevos escenarios de la guerra, junto con el desarrollo de la tecnología de guiado, llevaron a la opción del empleo de la Artillería de Campaña en este tipo de conflictos. Históricamente empleada para brindar apoyo de fuego de zona a las tropas empeñadas en primera línea, la Artillería de Campaña y las armas de tiro indirecto de Infantería se vieron seriamente limitadas para proveer apoyo de fuego cercano en áreas pobladas. Los daños colaterales producidos por el empleo de la Artillería y morteros provienen principalmente de la dispersión a causa de los errores tanto intrínsecos como extrínsecos de la trayectoria: variaciones del viento, temperatura, presión atmosférica, velocidad inicial, pequeñas variaciones en el peso del proyectil, entre otros. Una dispersión normal de los cañones de 155 milímetros de Artillería es de aproximadamente 175 metros de CEP a 20 kilómetros de alcance y de 273 metros a 30 kilómetros es un error de dispersión muy grande para realizar tiro indirecto en un área poblada o una ciudad.

Estas restricciones de la Artillería de Campaña en el nuevo campo de combate motivaron en la última década a que los diferentes ejércitos desarrollaran municiones de precisión guiada para sus cañones de 155 mm. De esa manera, lograban integrar a la Artillería de Campaña los sistemas de apoyo de fuego de precisión. El M712 COPPERHEAD de Estados Unidos y el 30F39 KRASNOPOL con guiado láser de Rusia son los más conocidos y utilizados con esta tecnología. El más moderno es el EXCALIBUR (en sus variantes XM982 y M982) que cuenta con guiado GPS/INS y guiado láser al igual que el italiano VULCANO (155 mm y 127 mm). Estos sistemas de PGM le dieron la capacidad a la Artillería de campaña de obtener valores de CEP de entre 5 y 20 m, aunque con un costo relativamente alto aún, considerando la importancia relativa de ciertos blancos típicos de la Artillería de Campaña.

## 2.2. Problemas logísticos y movilidad

El concepto de movilidad se ha trasladado también a los sistemas de armas de apoyo de fuego y actualmente se tiende al reemplazo de las plataformas de apoyo de fuego estáticas. La complejidad del campo de combate actual con modernos sistemas de vigilancia y adquisición de blancos junto a sistemas de fuego contrabatería para neutralizar las armas de apoyo de fuego

130. Chand N., (2014). *Bull's Eye with Precision Guidance [En el blanco con guía de precisión]*. Scholar Warrior, pág. 99.

enemigas impulsaron el desarrollo de las “*self propelled guns*”. Podemos nombrar entre los principales y más modernos sistemas al ARCHER L52 (Unión Europea/Suecia), DONAR (Alemania), CEASAR (Francia), K9 Thunder (Corea del Sur), KRAB 155 mm (Polonia), ATMOS (*Autonomous Truck Mounted howitzer System* - Israel), SSPH 1 Primus (*Singapore Self Propelled Howitzer* - Singapur) o el M109A7 PIM (*Paladin Integrated Management* – Estados Unidos). Las principales potencias militares del mundo (los países de la OTAN, Rusia, China) y otros países menores ya poseen la mayor parte de sus sistemas de apoyo de fuego autopropulsados. Además de la movilidad, todos ellos poseen sus propios centros de dirección de fuego computarizado (CDFC) a través de componentes tipo GNPS (*Gun Navigation and Pointing System*) que los integra de manera rápida mediante localización y posicionamiento al sistema de apoyo de fuego centralizado y también les permite la ejecución de misiones de fuego individuales. Algunos de ellos, tales como el M109A7 PALADIN, son un sistema compuesto por dos vehículos el SPH (cañón autopropulsado) y el FAASV (*Field Artillery Ammunition Support Vehicle*) que acompaña al SPH con el reaprovisionamiento de la munición y mantenimiento. El FAASV puede transportar hasta 95 proyectiles de 155 mm, que sumados a los 35 del SPH, le dan una autonomía total de 130 proyectiles. No obstante, el principal problema, aún en los más modernos y efectivos sistemas de apoyo de fuego de Artillería, continúa siendo la logística de transporte y reaprovisionamiento de la munición.<sup>131</sup>

FIG. 1: DONAR SISTEMA AGM (CAÑÓN DE ARTILLERÍA MODULAR)



FIG. 2: M109A7 PIM ES EL SISTEMA MÁS MODERNO DE EEUU



La gran movilidad y autonomía de las piezas demanda mayor eficiencia en el empleo de las dotaciones de munición. Para ello, se requiere necesariamente mejorar la precisión. Los desarrollos de las primeras municiones de precisión guiadas para Artillería de Campaña (M712 Copperhead, M982 Excalibur, 30F39 Krasnopol, Vulcano) producían el efecto requerido en el blanco al primer disparo y dejaban en el pasado el concepto del Tiro de registro. Brindan de este modo a los cañones autopropulsados una mayor supervivencia en el campo de combate, aplicando el concepto de “*Shoot and Scoot*” (disparar y huir), a través del máximo aprovechamiento de su movilidad, su sistema autónomo de tiro y su cadencia de fuego.

### 2.3. Costos y viabilidad de los diferentes sistemas PGM

El costo del kit *Paveway II*, con sólo guiado láser es de alrededor de US\$ 12.000, mientras que el *Paveway III* con el GPS/INS aumenta a US\$ 40.000/70.000. Por otro lado, el sistema

131. Fig. 1, Fig. 2: Fuente: *Army recognition digital magazine*, disponible en <http://www.armyrecognition.com/>

básico JDAM tiene un costo de US\$ 25.000, mientras que el Laser JDAM, alrededor de US\$ 42.000<sup>132</sup>. Es importante remarcar el costo de cada uno de estos sistemas, ya que tienen una precisión y letalidad similar a algunos sistemas de armas de largo alcance, tales como Tomahawk o el JASSM (*Joint Air to Surface Standoff Missile*) con un costo que oscila entre el US\$ 1 M / 1.5 M. Los requerimientos de provisión de las JDAM, en sus dos variantes, por parte de la Fuerza Aérea de Estados Unidos a Boeing, se fueron incrementando en los últimos tres años, con un presupuesto para el 2016 de US\$ 559 M, contra un presupuesto de US\$ 101 M en 2015 y US\$ 210 M en 2014. Por otro lado, los presupuestos para sistemas de largo alcance como el Tomahawk han descendido casi en un 50 por ciento, pasando de un presupuesto de US\$ 343 M a US\$ 210 M<sup>133</sup>.

JDAM	ACTUAL		ACTUAL		ACTUAL		PRELIMINARY		REQUESTED		FY 2017 FY 2020 Budget Data FY 2017 FY 2020 Budget Data FY 2017 FY 2020 Budget Data
	FY2012 Total	FY2013 Total	FY2014 Total	FY2015 Total	FY2016 Total	QTY	Million \$	QTY	Million \$		
<i>Procurement</i>											
JDAM Kit Purchases	USAF	4,259 127.25	4,678 144.61 10K	250.47	4,333 228.44	12K	559.10				
<b>Total Procurement</b>		<b>4,259 127.25</b>	<b>4,678 144.61 10K</b>	<b>250.47</b>	<b>4,333 228.44</b>	<b>12K</b>	<b>559.10</b>				
RDT&E	USAF	-	-	2.42	2.47						
<b>Total RDT&amp;E</b>		<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2.42</b>	<b>2.47</b>						
<b>Total Program Spending</b>		<b>4,259 127.25</b>	<b>4,678 144.61 10K</b>	<b>252.89</b>	<b>4,333 230.91</b>	<b>12K</b>	<b>559.10</b>				

En cuanto a los PGM de Artillería, encontramos un paralelismo respecto de la evolución de las municiones utilizadas por los bombarderos. Si bien esta tecnología se comenzó a desarrollar en los años 90, se utilizaron por primera vez con éxito durante la década pasada. Sin embargo, como se dijo anteriormente, su costo aún continúa siendo elevado para su empleo sobre blancos tradicionales de la Artillería de Campaña y sólo son utilizados en caso de blancos de alto valor (HVT).

Con el objetivo de reducir costos y aprovechar los grandes inventarios de proyectiles de Artillería, el Departamento de Defensa de Estados Unidos ordenó a finales de la década pasada promover proyectos que utilicen el “*concepto de modularidad*” como los kits JDAM o Paveway, pero que se puedan aplicar a los proyectiles de artillería no guiados. Surgieron así varios proyectos con una concepción similar centrada en la corrección de trayectoria a través de una espoleta “inteligente”, las CCF (*Course Correction Fuze*). Si bien el desarrollo de estos programas llevó más años de lo esperado, se encuentran actualmente en etapa de prueba, como es el caso del PGK (*Precision Guidance Kit*), que puede considerarse como el único, hasta el momento, testeado en combate. El relativo bajo costo y el aprovechamiento de los proyectiles no guiados, hacen viable el uso de estos sistemas PGM por parte de la Artillería de Campaña y Morteros para todo tipo de blancos tácticos.

De esa manera, podemos observar que la tendencia de las PGM se orienta decididamente hacia los kits que transforman proyectiles no guiados en proyectiles “inteligentes”, tanto para las bombas aerolanzables (JDAM y Paveway), como para las espoletas de corrección de trayectoria (CCF), de empleo en la Artillería de Campaña y Morteros. Sin embargo, el resto de los proyectos de PGM de largo alcance (Tomahawk, JASSM) o de Artillería no modulares (Excalibur, Vulcano) aún continúan vigentes y en desarrollo.

132. *Selected Acquisition Report (SAR) of Joint Direct Attack Munition (JDAM), FY16*. (2016), Defense Acquisition Management Information Retrieval (DAMIR), pág. 29.

Eshel, T., *The high cost of precision attack [El alto costo del ataque con precisión]*, (2011), Defense Update Digital Magazine, pág. 1.

133. Defense Advanced Research Project Agency (DARPA), Fiscal Year 2017 (FY17), President's Budget Submission.

## 3.

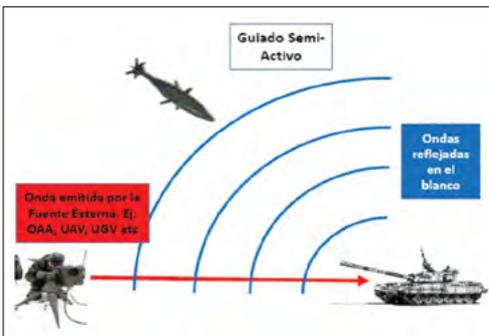
## ESTADO DEL ARTE DE LA TECNOLOGÍA DE PGM DE ARTILLERÍA DE CAMPAÑA Y MORTEROS

## 3.1. Tecnología de guiado por ondas electromagnéticas

Como se expresó antes, básicamente lo que hace una PGM es corregir cada uno de los errores que inciden sobre la trayectoria del proyectil y reducir los efectos acumulativos de esos errores que terminan incidiendo sobre la precisión en el punto de impacto. Para ello, el proyectil o una fuente externa deben ser capaces de recolectar los datos suficientes mientras se encuentra en vuelo. Utilizando la información resultante, se generan las acciones de control que guiarán el proyectil al blanco. Si los datos son obtenidos por dispositivos externos al proyectil (radar, señales ópticas, satélites, u otros) y luego de procesados, los comandos son enviados desde una fuente también externa, estos sistemas se clasifican dentro de los “*Command guidance*”.

Por otro lado, si los datos son obtenidos y procesados por el mismo proyectil, generando sus propios comandos de guiado, se clasifican dentro de los “*Homing guidance*”. En esta última clasificación se engloban las modernas tendencias de municiones de precisión guiada, lo que incluye todos los proyectos de G-RAMM. La primera tecnología de “*command guidance*” fue utilizada en las primeras PGM, durante la Segunda Guerra Mundial.

Las “*homing guidance*”, se suelen clasificar en: guiado pasivo, semi-activo y activo.

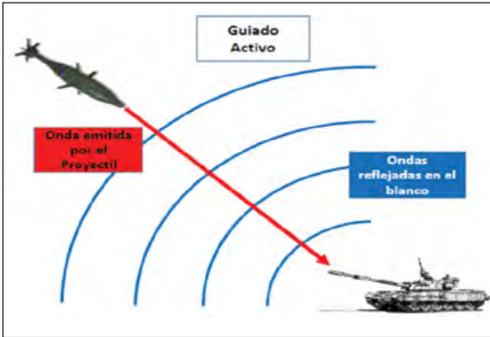


El **guiado pasivo** utiliza ondas electromagnéticas emitidas por el blanco (ejemplo: calor), o las originadas por recursos naturales (sol, estrellas, luna) que se reflejan en el blanco. Esta técnica es eficiente, siempre que el contraste entre la energía emitida por el blanco y su entorno sea tal que le permita al sensor del proyectil diferenciarlo.

El **guiado semi-activo** se utiliza cuando las ondas electromagnéticas emitidas por el blanco no contrastan lo suficiente con su entorno como para poder diferenciarlo. En este caso, resulta necesario emplear otra fuente de onda electromagnética ajena al proyectil que “ilumine” el blanco para que, una vez reflejada en el objetivo, sea detectada por el sensor del proyectil. Este tipo de guiado es el que utilizan la mayoría de las municiones de precisión guiada, como los misiles SIDEWINDER que utilizan ondas de radar y otros, como en el caso de las primeras bombas aerolanzables, o los proyectiles “inteligentes” KRASNOPOL que emplean un designador láser.

La tercera clasificación para el “*homing guidance*”, más avanzada y costosa que las

demás, es la de **guiado activo**. Este sistema de guiado, se diferencia de la semi-activa en que la fuente que emite la onda electromagnética se encuentra en el proyectil mismo. Para este tipo de guiado, se usan tanto ondas electro-ópticas (guiado por imágenes), como guiado láser,



ondas de radar o una combinación de ellas. Utilizan guiado activo el misil Tomahawk, kit Paveway IV, los modernos Laser JDAM, y el modelo Excalibur 1b, para el caso de proyectiles de Artillería.

### 3.2. Tecnología de Guiado GPS/INS

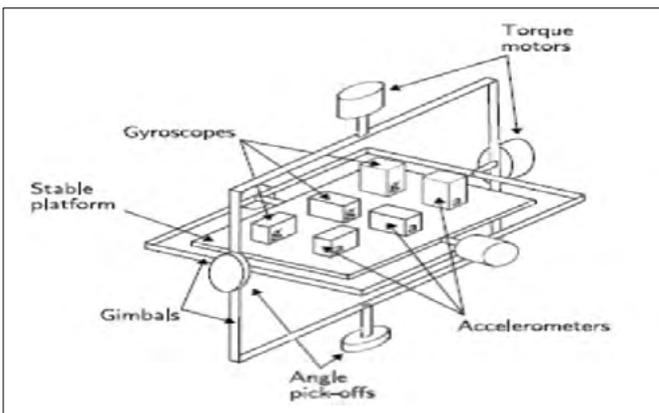
En las últimas dos décadas se han integrado a la tecnología de guiado los sistemas de navegación inercial. El menor tamaño junto a la reducción de costos de sus componentes electrónicos producidos gracias a los avances tecnológicos en este campo hicieron viable su empleo en misiles, bombas y proyectiles inteligentes de artillería.

“La IN (*inertial navigation*) es una técnica autónoma de navegación que utiliza las mediciones obtenidas por giróscopos y acelerómetros para realizar un seguimiento de la posición y orientación de un objeto respecto de una posición, velocidad y orientación iniciales conocidas”<sup>134</sup>. Este sistema se localiza en una plataforma llamada IMU (*inertial measurement unit*), la cual contiene tres giróscopos ortogonales y tres acelerómetros, que miden la velocidad angular y la velocidad lineal respectivamente. Del procesamiento de estas mediciones es posible obtener la posición y la orientación relativa del proyectil.

Existen actualmente dos plataformas diferentes o tipos de IMU, que funcionan con algoritmos similares. En una de ellas, la plataforma se mantiene independiente o aislada con respecto a cualquier rotación externa. Mediante un sistema de marcos libres y pequeños motores eléctricos (sin escobillas o *brushless*) corrigen las variaciones en la orientación en los ejes x, y,z de la plataforma, aplicando el par de fuerzas necesario para mantenerlo estable. Para conocer la orientación del proyectil, el sistema mide la separación angular entre los marcos adyacentes. Por otro lado, al mantenerse la plataforma en una misma posición, los acelerómetros pueden medir directamente la aceleración instantánea, y a través de un algoritmo de doble integración se conoce la posición relativa del proyectil.<sup>135</sup>

En el otro sistema, la plataforma que contiene los sensores inerciales se encuentra rígida dentro del proyectil. En este tipo de IMU, las mediciones obtenidas por los giróscopos son las mismas que las que realiza el proyectil. Aquí los cambios en la orientación

FIG. 5: ESQUEMA DE IMU CON SISTEMA DE PLATAFORMA ESTABLE

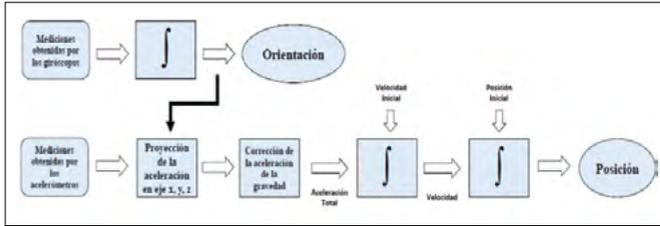


En el otro sistema, la plataforma que contiene los sensores inerciales se encuentra rígida dentro del proyectil. En este tipo de IMU, las mediciones obtenidas por los giróscopos son las mismas que las que realiza el proyectil. Aquí los cambios en la orientación

134. Woodman, O., (2007), *An introduction to Inertial Navigation [Introducción a la navegación inercial]*. Informe técnico 696, University of Cambridge, Computer Laboratory.

135. Fig. 5, Fig. 6 y Fig. 7: Ídem<sup>10</sup>.

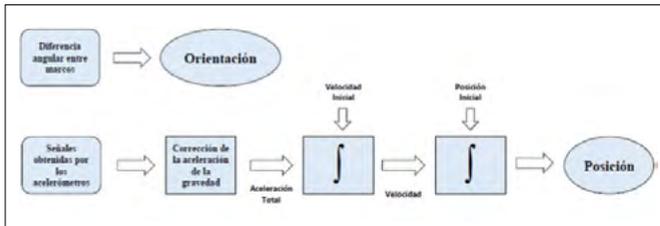
FIG. 7: ALGORITMO DEL SISTEMA DE PLATAFORMA RÍGIDA DE NAVEGACIÓN INERCIAL



da y utiliza esta información junto con la brindada por los tres acelerómetros para calcular la posición. Al igual que el otro algoritmo, integra dos veces el vector aceleración ( $R^3$ ) para obtener el vector velocidad y luego el vector posición.

Aunque ambos sistemas funcionan con los mismos principios, el de plataforma estable, al contar con mayor cantidad de componentes mecánicos tenía una mayor posibilidad de error y fallas producto del desgaste y es a la vez físicamente más grande, más allá de tener un costo menor a su favor. Sin embargo, a raíz de que los costos y tamaño de los componentes se han ido reduciendo en los últimos años, el sistema más utilizado actualmente es el de Plataforma Rígida.

FIG. 6: ALGORITMO DEL SISTEMA DE PLATAFORMA ESTABLE DE NAVEGACIÓN INERCIAL



y barcos, antes de la aparición de los sistemas PNT (*position, navigation and timing*) como el GPS, desde que se integraron ambos sistemas de navegación, el INS comenzó a utilizarse con éxito en las municiones de precisión guiada. El sistema GPS (GPS II, GPS III, GLONASS, Beidou, Galileo, etcétera) va actualizando constantemente la posición inicial requerida por el INS, y aunque el sistema GPS puede enviar la información directamente al procesador de guiado, el INS asegura su continuidad en caso de perderse la señal GPS, por condiciones climáticas o interferencia de señales causadas por el enemigo. El kit JDAM y varios otros PGM, como el M982 Excalibur, tienen la opción de escoger entre el guiado GPS/INS o solamente el INS. Los valores obtenidos del CEP son de 10 metros en el modo GPS/INS y de 30 metros en el modo INS.

Actualmente, la Defense Advanced Research Project Agency (DARPA), agencia que depende del Departamento de Defensa de Estados Unidos, se encuentra trabajando junto a varias empresas en el Chip-Scale Combinatorial Atomic Navigator (C-SCAN) para integrar sensores de navegación inercial, de diferentes tecnologías, en una IMU de escala micrométrica, que resuelva los problemas de deriva a gran distancia, margen dinámico y tiempo de calentamiento de sus componentes. El objetivo de DARPA es que las empresas investiguen formas de disminuir el tamaño del IMU, fabricando sensores atómicos inerciales de estado sólido de gran rendimiento. El programa C-SCAN forma parte de otro programa de DARPA para el

del proyectil afectan las mediciones obtenidas por el acelerómetro. Por ende, a diferencia del sistema anterior, no se pueden calcular de manera independiente la orientación y la posición. El algoritmo entonces integra las mediciones conseguidas por el giroscopo, obtiene la orientación conocida

Como el INS requiere de una velocidad y posición inicial para obtener la posición y la orientación del proyectil en un punto de la trayectoria, el error de cálculo es mayor a medida que el proyectil se aleja de esa posición inicial. Si bien el INS ya existía y era utilizado con éxito en aeronaves

desarrollo de micro tecnologías PNT, cuyo objetivo es generar tecnologías para sistemas de guiado de precisión y de navegación inerciales que se integren en un único chip con el fin de eliminar la dependencia de GPS u otras señales de guiado externas transformándose en P-INS (*Precision Inertial Navigation Systems*). Los sistemas inerciales actuales pueden proporcionar la precisión necesaria para misiones de pequeña duración, treinta segundos o menos, mientras que el programa micro-PNT incluido en el C-SCAN trata de desarrollar sensores inerciales de tamaño, peso, costo y consumo de energía muy pequeños, para realizar misiones de mayor duración, de minutos a horas.

### 3.3. Componentes fundamentales de una munición de precisión guiada

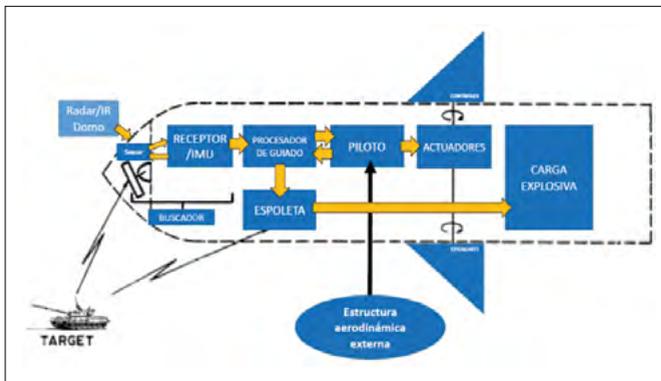
Independientemente de la tecnología de guiado utilizada, se trate o no de un kit modular, una munición de precisión guiada contiene una serie de componentes básicos indispensables que le permiten funcionar como tal.

#### 3.3.1. Sensor

El sensor recibe cualquier tipo de señal externa a la munición de precisión guiada que le permitirá corregir su trayectoria hacia el objetivo. Al igual que el ojo humano o los oídos, los sensores son la interfaz entre el proyectil y su entorno. El sensor es el componente fundamental del sistema de guiado ya que sus capacidades condicionan el funcionamiento eficiente del resto de los subsistemas. La elección del sensor determina la clasificación o tipo de munición de precisión guiada, ya que sobre la base de lo que el sensor sea capaz de recibir del entorno u objetivo, será el guiado utilizado. Estas señales recibidas por el sensor, pueden venir de cuatro fuentes: señales reflejadas en el objetivo, señales emitidas directamente por el objetivo, señales del entorno cercano al objetivo o señales de sistemas PNT, como GPS, GLONASS, Beidou, etc. En el caso de sensores de detección de ondas infrarrojas (calor), se puede ajustar la frecuencia o banda de frecuencia que el sensor detecte, optimizando la respuesta a un tipo particular de objetivos (blindados,

helicópteros, aviones, entre otros). El sensor incluye un sistema de adquisición, formado por antenas para radiofrecuencia, lentes/espejos para espectro ultravioleta, visible e infrarrojos. Se considera al sensor como el componente clave en la operación de la munición de precisión guiada. Un sensor que no perciba señales, o lo haga de manera confusa, resulta en una munición que no puede ser considerada como “inteligente”.

FIG. 8: DIAGRAMA DE COMPONENTES DE UN PGM



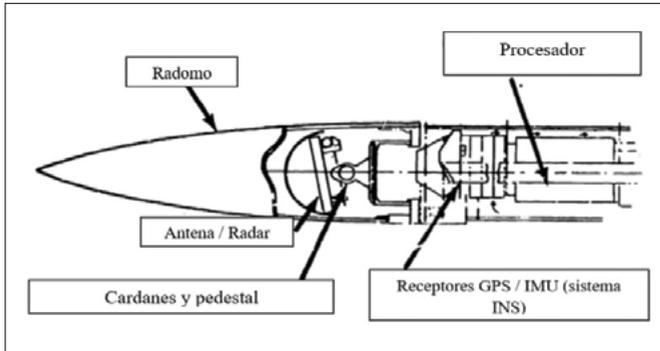
#### 3.3.2. Buscador

El buscador toma los datos obtenidos por el sensor y mediante un proceso los transforma en información útil para la munición de precisión guiada. Otra función del buscador es asegurarse que el sensor esté orientado de forma tal de obtener la mayor cantidad de señales. La orien-

tación del sensor permite reconocer, adquirir, y finalmente seguir la trayectoria del objetivo (en caso de ser móvil). Los componentes utilizados en el buscador se dividen en cuatro áreas:

- > Sensor (ya mencionado anteriormente).
- > Plataforma estabilizada y su sistema de control: Incluye

FIG. 9: DIAGRAMA DEL BUSCADOR



giroscopos y acelerómetros y tiene la función de mantener orientado el sensor hacia la fuente de emisión (blanco o GPS), independientemente de los movimientos del proyectil producto de la corrección de la trayectoria.

> Sistema de procesamiento de señales: recoge las señales obtenidas por el sensor y la información del IMU (sistema INS), las procesa y envía al sistema de proceso de guiado para el control de trayectoria.

### 3.3.3. Procesador de Guiado

El procesador de guiado es el que realmente le da a la munición de precisión guiada su “inteligencia”. Todas las municiones cuentan con este procesador, cuya función es que todo el sistema siga un algoritmo determinado, según el tipo de sensor y/o sistema de control del proyectil. Se puede comprender el funcionamiento del sistema de guiado comparándolo con el ser humano, de la siguiente manera: “*si la retina del ojo es el sensor; la córnea es el radomo, la pupila, los músculos del ojo y una cabeza móvil conforman el buscador; entonces el cerebro es el procesador*”<sup>136</sup>. En un primer momento las señales obtenidas por el sensor son procesadas para obtener información del blanco. Si estas señales no contienen la información necesaria para detectar el blanco designado, el procesador utiliza el buscador continuando con el reconocimiento de patrones que le permitan identificar el objetivo. Por ello es que la mayoría de las municiones de precisión guiada integran dos o más tecnologías de guiado (GPS, infrarrojos, láser, microondas de radar, reconocimiento de imágenes, entre otros). Una vez que las señales recibidas por el sensor sean las del objetivo asignado, el procesador comienza a tomar decisiones continuando con el algoritmo. Obliga al buscador a adquirir el blanco y seguir su trayectoria. Este fue básicamente el salto tecnológico que permitió la utilización exitosa de las municiones de precisión guiada desde la Guerra de Vietnam, la adquisición y reconocimiento de blancos militares sin la intervención humana.

La principal función del procesador, sin embargo, comienza cuando el blanco es detectado por el buscador. Esta función es la de relacionar las coordenadas del proyectil en el espacio con las coordenadas del blanco y de esta relación resultan los comandos necesarios para que los componentes de control lleven al proyectil al blanco. El procesador contiene también las leyes de guiado usadas para direccionar el proyectil y escoger la mejor trayectoria para interceptar

136. Heaston, R. y Smoots, C., (1983), *Introduction to Precision Guided Munitions [Introducción a las municiones guiadas con precisión]*. Informe técnico del Centro de análisis de información de guía y control (GIDAC, Guidance and Control Information Analysis Center) para el Departamento de Defensa de los Estados Unidos y DARPA, pág. 30.

el blanco. El procesador es entonces un intermediario entre los componentes de recolección de datos y el sistema de control, encargado de ejecutar las órdenes para corregir la trayectoria. El sistema de control es el autopiloto, el cual traduce los comandos del procesador y los ejecuta sobre los controles aerodinámicos que efectivamente corregirán la trayectoria en vuelo.

### 3.3.4. Autopiloto

El autopiloto es el sistema que traduce los comandos de control producidos por el procesador y los transforma en órdenes de control para manejar los actuadores, mientras mantiene la estabilidad de vuelo del proyectil. El diseño del autopiloto depende en gran medida de los perfiles aerodinámicos del proyectil (no es lo mismo un proyectil de artillería que uno de mortero) y del tipo de control empleado.

Existen dos configuraciones empleadas para los sistemas de autopiloto, el “open-loop” y el “closed-loop”. En el sistema “open loop”, la maniobra del proyectil se basa sólo en la información brindada por el buscador. Este tipo de configuración se puede aplicar solamente en

sistemas de guiado básicos, en los que el tamaño y el bajo costo son consideraciones importantes. El sistema “closed-loop” emplea los sensores inerciales para producir una retroalimentación constante, manteniendo la estabilidad del proyectil y su perfil aerodinámico, independientemente de la velocidad y altitud del mismo. Este tipo de sistema puede proveer estabilidad al proyectil en los tres ejes: lateral, longitudinal y rotacional. Los sensores inerciales son utilizados por el autopiloto *closed-loop* para generar una señal de retroalimentación en respuesta a cambios en la aceleración lateral y rotacional.<sup>137</sup>

FIG. 10: EJES PRINCIPALES DE ROTACIÓN

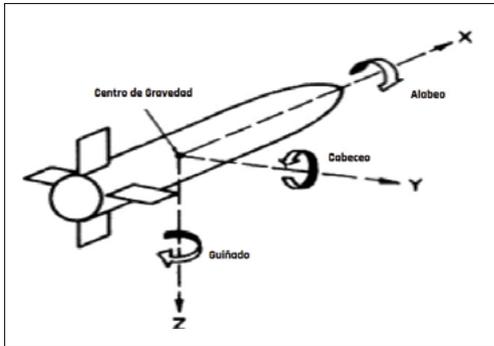


FIG. 11: SISTEMA DE AUTOPILOTO OPEN-LOOP

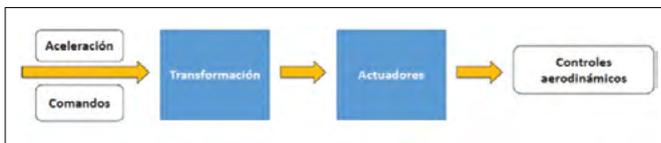
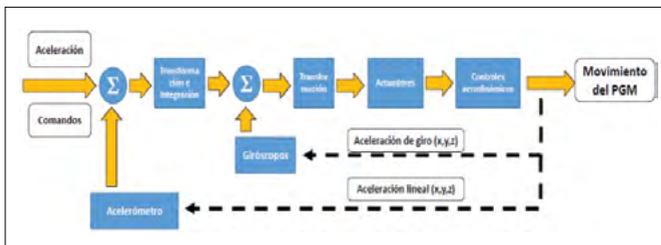


FIG. 12: SISTEMA DE AUTOPILOTO CLOSED-LOOP UTILIZANDO RETROALIMENTACIÓN CON ACELERÓMETROS Y GIRÓSCOPOS.



### 3.3.5. Actuadores y control aerodinámico

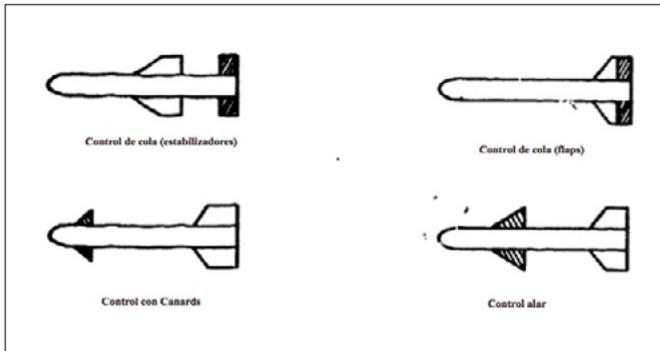
La maniobra del proyectil hacia el blanco es producida, en el caso de la mayoría de los sistemas PGM, por controles aerodinámicos o superficies de mando. Podemos encontrar cuatro clases diferentes que normalmente son aplicadas a los PGM: *canards*, alas, estabilizadores o control de cola y *flaps*. Cada uno de estos sets, está conformado por cuatro

137. Fig. 8, 9, 11, 12, 13: Ídem<sup>12</sup>.

controles aerodinámicos (*canards*, alas, estabilizadores, *flaps*), dispuestos equidistantemente en torno a la periferia del cuerpo del proyectil.

Los controles aerodinámicos pueden configurarse en un sistema cartesiano, recreando los movimientos del proyectil hacia arriba, abajo, izquierda y derecha. Cuando se emplean dos sets de control que actúan de manera conjunta, pueden recrear movimientos en cualquier dirección. Un ejemplo de esto es un misil o proyectil que trabaje mediante cuatro alerones de cola y cuatro *canards* y, mediante el control de ambos, modifica la trayectoria del mismo en cualquier eje, sin que el misil pierda la estabilidad por cabeceo, alabeo o guiñado. Este sistema conjunto es el más idóneo para utilizar en una munición de precisión guiada y es empleado por el misil Tomahawk, el AIM-9L Sidewinder, Hellfire II, bombas con kit Paveway IV, M982 Excalibur, Vulcano, es decir las municiones de precisión guiada más sofisticadas y de mayor costo. Existe también la modalidad

FIG. 13: LOS CUATRO TIPOS DE CONTROLES AERODINÁMICOS. SSE UTILIZA TAMBIÉN LA COMBINACIÓN DE ELLOS



de emplear solamente un tipo de control. Esta técnica es menos eficiente ya que al activar los controles aerodinámicos sin controlar las rotaciones del proyectil, pueden producirse desviaciones en direcciones no deseadas. Sin embargo, es el que se utiliza en sistemas con una trayectoria de guiado más corta, no autopropulsados, y con un costo mucho menor. Las JDAM, el kit para Artillería tipo PGK o SPACIDO, utilizan esta configuración.

Los momentos de inercia ejercidos en el proyectil en vuelo, tomando las rotaciones en los tres ejes, cabeceo, alabeo y guiñado, determinan el tamaño y la energía requerida para controlar los actuadores. El torque necesario para deflectar los controles aerodinámicos determina el tamaño de los mismos. El momento de inercia del proyectil depende del centro de presión en la superficie aerodinámica del proyectil. Y este varía de acuerdo al ángulo de incidencia, la deflexión de los controles aerodinámicos, el ángulo de rotación y la velocidad del proyectil.

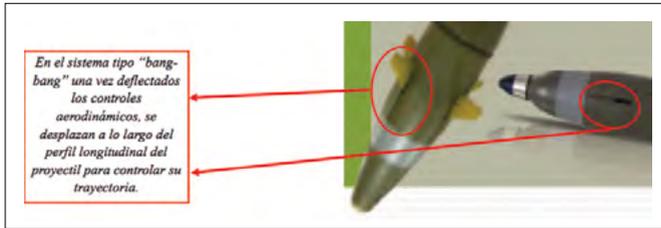
Hay básicamente tres tecnologías aplicadas en los actuadores para controlar la deflexión de los *canards*, estabilizadores, *flaps* y alas. Ellas pueden ser: eléctricas, hidráulicas y neumáticas. En aquellas municiones de precisión guiada en las cuales se requiere un gran torque y una rápida respuesta para el cambio de dirección, se emplea comúnmente la hidráulica. Los actuadores neumáticos obtienen su poder de gas comprimido o de quemar combustible gaseoso y son empleados, por lo general, en misiles de corto alcance que necesitan cambios bruscos de trayectoria. Más allá de estas dos tecnologías, el aumento en el torque de los motores eléctricos y la reducción de su tamaño en las últimas dos décadas hicieron cada vez más aplicable a estas municiones los actuadores eléctricos, que en un principio solo eran utilizados por misiles crucero de largo alcance.

Independientemente de la posición de los controles aerodinámicos y de la fuente de energía necesaria para hacerlos deflectar, se utilizan dos maneras para controlar la dirección de vuelo. En una de ellas, los actuadores producen una deflexión de la superficie de control (ale-

rón, *canard*, alas) que es proporcional a la magnitud del momento de inercia requerido para modificar la trayectoria del proyectil y funciona como un freno aerodinámico. El otro tipo conocido como “*bang-bang*” actúa mediante la deflexión de los controles de superficie entre dos posiciones extremas a lo largo del perfil del proyectil, es decir, cada ala o alerón defleca

desde posiciones diferentes. La dirección del proyectil se modifica al ir variando continuamente la posición de cada control de superficie entre sus extremos posibles. En la imagen siguiente se ven las ranuras a lo largo del proyectil, por las que se mueven longitudinalmente las canards para modificar la trayectoria.

FIG. 14: SISTEMA DE CONTROL AERODINÁMICO DE CANARDS TIPO “BANG-BANG” EN PGM 120 MM GUIDED MORTAR MUNITION (ISRAEL MILITARY INDUSTRIES LTD)



En el caso de los proyectiles inteligentes de Artillería, como el Excalibur, Vulcano y Krasnopol, o los kits PGK o TopGun; el guiado se inicia cuando el proyectil alcanza la flecha de su trayectoria. A partir de allí, el buscador empieza a obtener los datos necesarios y comienza el guiado de media distancia, a través del sistema GPS, INS o GPS/INS o SAL. Posteriormente, en la fase final de la trayectoria, se realizan los ajustes finales de corrección mediante el guiado SAL (*semi-active laser*) en el caso de que el sistema posea este tipo de tecnología. Es decir que una vez que el proyectil pasa su flecha máxima, el funcionamiento del control y guiado es el mismo que rige para una bomba que utiliza los kits JDAM o Paveway IV.

#### 4.

##### ESPOLETAS DE CONTROL DE TRAYECTORIA

Las espoletas de control de trayectoria (CCF, por sus siglas en inglés) conforman una tecnología que inició su desarrollo a mediados de la década pasada, e intenta emular a los kits aplicados a las bombas aerolanzables del tipo LGB, JDAM o el Paveway, transformando así un proyectil de Artillería no guiado en una munición de precisión guiada. Estos proyectos significaron un desafío tecnológico enorme, ya que debían reducir el tamaño de todos los componentes de control y guiado de una munición de precisión guiada, al espacio disponible en una espoleta de proyectil de artillería o mortero, manteniendo obviamente las funciones propias de la misma espoleta. Pero además del gran desafío que suponía alcanzar los requerimientos citados, se debían reducir los costos, de forma tal que resultara viable emplear estos kits para batir blancos cercanos en el nivel táctico.

Problemas técnicos diversos llevaron a que los desarrollos de estos proyectos se extendieran por casi diez años. Demasiado tiempo si se considera la evolución exponencial de la tecnología en estos tiempos. Sin embargo, uno de estos kits logró imponerse al resto y se probó su eficiencia en combate. Esto aceleró varios programas que obtuvieron presupuestos específicos por parte de algunas potencias militares, tales como Israel, China, Francia, Gran Bretaña, Alemania y requerimientos de compra por parte de otros países, como Chile, Sudáfrica, Corea del Sur y Polonia.

Desde el punto de vista del guiado, salvo el tamaño, la tecnología y empleo específico, el concepto es el mismo que en el resto de las municiones de precisión guiada, variando entre GPS,

INS, SAL (*semi-active laser*) o combinación de algunas de ellas. Sin embargo, el desafío más grande fue la implementación del sistema de control. Finalmente fueron cuatro los sistemas desarrollados, cada uno con capacidades diferentes, lo que variaba principalmente era el grado de precisión obtenido y el costo, los que obviamente resultan inversamente proporcionales.

El sistema de "*drag brake*" fue el primero en ser propuesto, es el más económico y sólo permite el control de trayectoria en dirección longitudinal o 1-D; es decir no puede corregir desviaciones laterales del proyectil. "*Su funcionamiento se basa en el despliegue, en determinado momento, de superficies que oponen una resistencia aerodinámica al movimiento del proyectil a lo largo de la trayectoria*"<sup>138</sup>. Dentro de este tipo de sistemas, hay algunos modelos que una vez que

FIG. 15: ESPOLETAS CON SISTEMAS DE CONTROL TIPO "DRAG BRAKE"



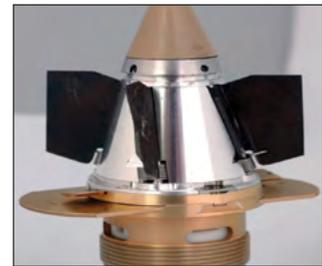
El otro sistema diseñado fue el "*spin brake*" que dispone de *canards* desplegables que van frenando el rolido o spin que tiene el proyectil, que produce principalmente variaciones laterales en la trayectoria. También mediante este mismo efecto de reducción del spin, puede corregir variaciones en alcance, pero no en gran medida o con el mismo efecto que tiene el "*drage brake*". Se trata en este caso de un sistema con correcciones en 2-D.

FIG. 16: ESPOLETA CON SISTEMA DE CONTROL "SPIN BRAKE", TOP GUN CCF DE IMI, ISRAEL.



sus frenos son desplegados o recogidos, no pueden volver a modificar su posición, es decir sólo realizan una sola corrección de la trayectoria. Por otro lado, están los que sí lo pueden realizar y van actualizando su posición a través de sucesivas correcciones, siempre en sentido longitudinal.

FIG. 17: SISTEMA DE CONTROL COMBINADO "SPIN BRAKE" Y "DRAGE BRAKE", CCF DESARROLLADA POR BAE BOFORS.

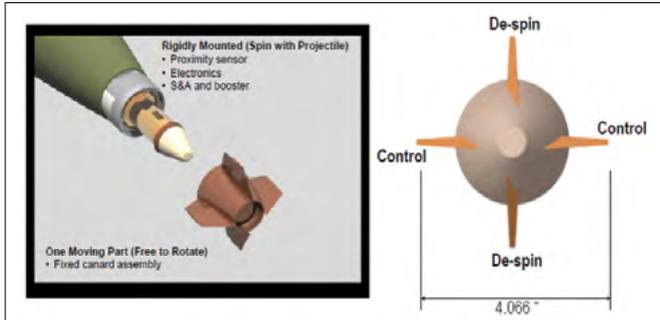


El tercer sistema desarrollado es la combinación de los dos anteriores, con *canards* desplegables que realizan el freno de rolido y corrigen lateralmente la trayectoria y aletas desplegables para la variación del alcance. El proyecto propuesto y desarrollado por BAE Systems es más costoso y complejo que los otros sistemas, debido a que se deben controlar simultáneamente dos sistemas: de control de rolido y variación de trayectoria.

El cuarto sistema llamado "*roll-decoupled*" o "*fixed canards*" fue en sus inicios el más resistido, debido a su aparente complejidad. Fue patentado en 2003 por John Clancy, Tomas Bybee y William Friedrich y desarrollado desde el año 2007 por la empresa Orbital ATK, que lo comercia-

138. Gagnon, E. y Lauzon, M., (2009), *Low cost guidance and control solutions for in-service unguided 155mm artillery shell [Soluciones de control y guía de bajo costo para proyectil de artillería de 155 mm no guiado en uso]*, Investigación y Desarrollo para la Defensa de Canadá (DRDC, Defense Research and Development Canada) Valcartier, Informe técnico, pág. 14.

liza como PGK (*Precision Guided Kit*). Este tipo de sistema utiliza cuatro *canards*, con dos formas aerodinámicas diferentes, fijas a un sistema de roldo, independiente del spin del proyectil. El control de la trayectoria se realiza tanto de manera lateral, como longitudinal o 2-D. Las formas de los dos pares de *canards* hacen que el flujo de aire que incide en el proyectil las haga girar en sentido contrario al que gira el cuerpo del mismo, producto del rayado propio del cañón y su velocidad inicial. Para realizar correcciones en la trayectoria, la espoleta posee internamente un pequeño alternador que provee la energía necesaria a la superficie de giro independiente, para que vaya efectuando pequeñas variaciones en su velocidad de giro, actuando de manera similar y aún más precisa que el “*spin brake*”. Al reducir o incrementar la velocidad de spin del proyectil, puede realizar correcciones en el alcance del mismo y actúa de manera similar al “*drage brake*”.<sup>139</sup>

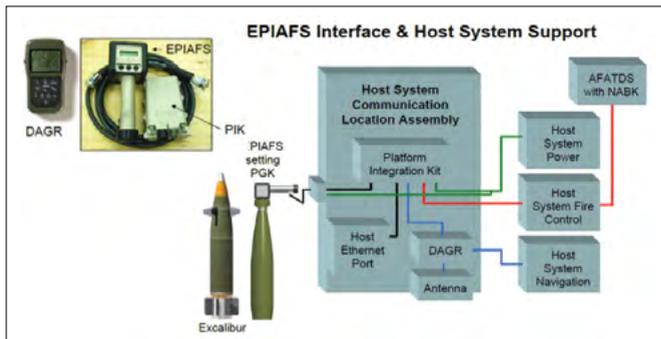


## 5. TRANSMISIÓN DE DATOS DE TIRO A LA MUNICIÓN DE PRECISIÓN GUIADA

La utilización de PGM que constan de un sistema de guiado GPS o INS, o la combinación de ambas, requieren necesariamente de un sistema computarizado que le permita la carga digital previa de los datos del tiro: coordenadas del blanco, coordenadas de la plataforma de tiro, distancia y ángulo de dirección al blanco, ubicación de OOA y propias tropas, condiciones climáticas, etc. El guiado GPS requiere, al menos, los datos de las coordenadas del blanco y el INS, también, como mínimo, la plataforma.

Para realizar esta actividad se utiliza el EPIAFS (*Enhanced Portable Inductive Artillery Fuze Setter*), que transmite los datos obtenidos por el PIK (*Platform Integration Kit*) provenientes del

FIG. 19: DIAGRAMA DE SISTEMA INTEGRADO: PGM (GPS/INS), EPIAFS, PIK, CONTROL DE FUEGO COMPUTARIZADO Y PLATAFORMA DE TIRO.



sistema de control de fuego y del receptor GPS de la plataforma de tiro. Cada plataforma M109A6/7 Paladin (Ejército de los Estados Unidos) posee este sistema integrado que le permite operar independientemente, con un tiempo menor al minuto, desde que se reciben los datos del blanco hasta que sale el proyectil. Es importante destacar que sin el sistema de control de fuego computarizado integrado y/o

139. Fig. 18, Fig. 19: Johnston, L., (2012), *Precision Guided Kit (PGK) [Kit de precisión guiada]*. Armament Systems Information Program, Orbital ATK.

el EPIAFS, es inútil la utilización de una munición de precisión guiada que sólo opere con guiado GPS/INS como en el caso del kit PGK. No es el caso de los que utilizan sólo el SAL como guiado, como el Proyectoil Krasnopol, en el que el guiado comienza cuando adquiere la señal reflejada en el blanco "iluminado" por el láser.

**6. PROGRAMAS Y PROYECTOS DE MUNICIÓN DE PRECISIÓN GUIADA DE MAYOR RELEVANCIA ACTUAL**

**6.1. Programa Excalibur**

Si bien el proyecto de una munición guiada de Artillería comenzó en 1992 con varias patentes de funcionamiento del sistema y sus componentes, su desarrollo recién se inició como un programa de DARPA en 1997, por las empresas RAYTHEON y BAE Systems, actuales proveedoras del sistema de armas. El programa fue separado en cuatro etapas sucesivas con el objetivo de

*"mejorar el sistema de apoyo de fuego a través de una familia de proyectiles guiados de 155 mm de Artillería con alcance extendido, aumentando la precisión y reduciendo el daño colateral"*<sup>140</sup>. Esta familia de proyectiles se dividió en tres etapas de desarrollo (Block I, Block II, Block III) y sumó en cada etapa capacidades significativas al apoyo de fuego cercano. La primera etapa del programa consiste en el Block 1, como una munición de precisión guiada con cabeza de guerra de alto explosivo (HE) para blancos únicos; el Block II (*Smart*) mantiene la misma característica que el anterior, pero cargado a su vez con sub-municiones también inteligentes para blancos múltiples móviles, el Block III (*Discrimination*) mantiene las características del Block I, con alto explosivo, pero con la capacidad de batir blancos móviles, detectando automáticamente el blanco de más alto valor. Si

FIG. 20: CONCEPTO DE EMPLEO DEL PGM EXCALIBUR.

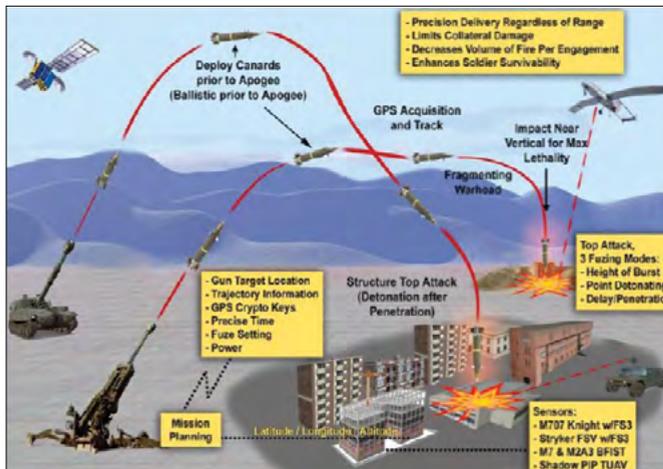
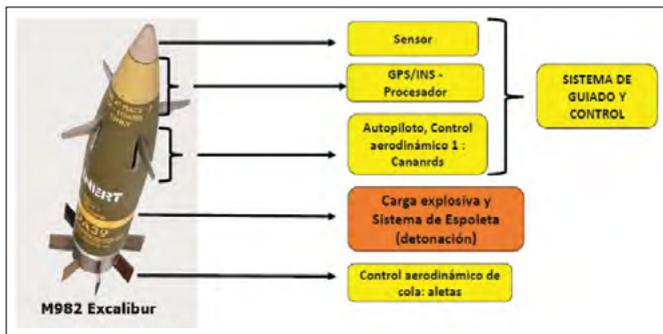


FIG. 21: M982 EXCALIBUR 1B PARTES FUNDAMENTALES.



140. Fig. 20, 21 y 22: Milner, M., (2012), *Precision Strike Association Excalibur Overview [Visión general de la asociación de ataque de precisión de Excalibur]*. Combat Ammunition Project Office, Picatinny Arsenal, New Jersey.

bien las etapas del programa se han demorado en su desarrollo, la primera (Block I) tuvo su bautismo de fuego en combate en Irak en 2007 y continúa con éxito en servicio.

El Block I, se dividió a su vez en los Ia-1, Ia-2 y el más moderno Ib. Actualmente esta etapa de desarrollo se encuentra finalizada, con los proyectiles en producción y abastecimiento. El Block II, se encuentra en etapa de prueba de campo y resta aún la prueba en combate. El Block III mientras tanto sigue en desarrollo.

El M982 Excalibur, es una munición de precisión guiada que combina el sistema de guiado GPS/INS con el guiado láser semi-activo, por lo que cuenta con capacidad todo tiempo, bajo cualquier condición meteorológica.

El último modelo el Ib tiene un CEP menor a 4 metros y pruebas realizadas durante el presente año con el nuevo P-INS, lograron reducir el CEP a 2 metros, utilizando sólo el sistema de guiado GPS/INS. Este sistema no sólo se caracteriza por el guiado, sino que tiene además un alcance de 40 kilómetros, casi el doble que una munición no guiada de 155 milímetros. Además, su espoleta se encuentra conectada electrónicamente al sistema de guiado y control y le permite programar tres tipos diferentes de retardo o ángulo de impacto. El primer modo es la detonación a una altura determinada respecto del blanco, con un ángulo de impacto de 90 grados, para incrementar los efectos de balística terminal. Un segundo modo tiene detonación al impacto, y un tercero tiene retardo y gran ángulo de impacto para instalaciones o fortificaciones.<sup>141</sup>

Sin embargo, sus costos continúan siendo excesivos, considerando la cantidad y características de los blancos que normalmente debe batir

FIG. 22: COMPARACIÓN DEL ALCANCE Y CEP DEL EXCALIBUR 1B CON OTROS PROYECTILES Y CAÑONES DE ARTILLERÍA.

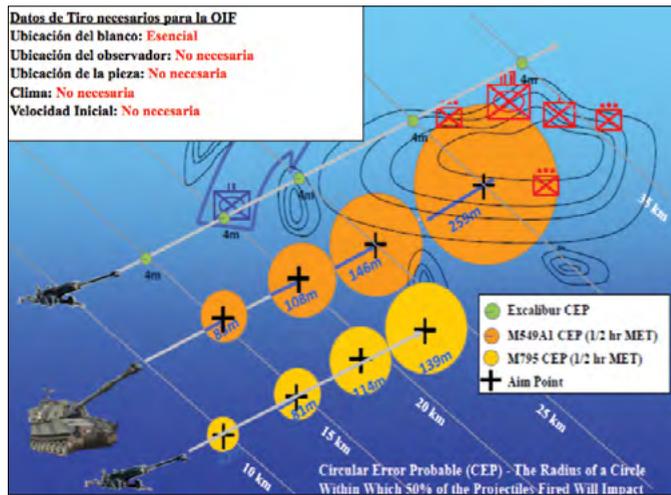
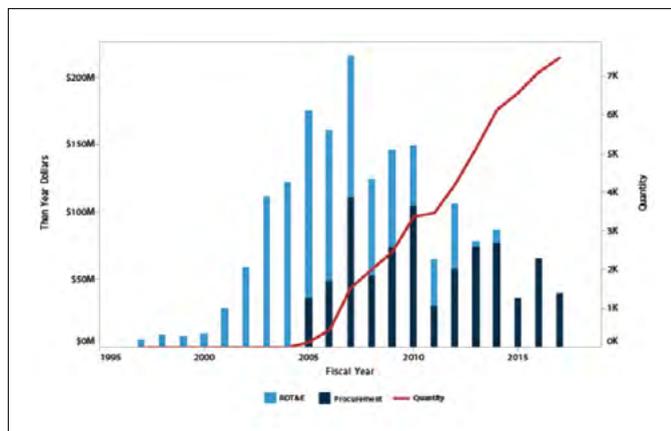


FIG. 23: GRÁFICO CON EL PRESUPUESTO ASIGNADO PARA DESARROLLO, CANTIDAD ADQUIRIDA Y EN STOCK DEL PROGRAMA EXCALIBUR.



141. Cohn, J., (s.f.), FY17 *Weapon Systems Factbook* [Libro de hechos de sistemas de armas del año 2017]. Center of Strategic and Budgetary Assessments (CSBA), pág. 49.

la Artillería de Campaña. Su utilización se restringe a blancos de alto valor táctico o estratégicos que supongan un riesgo alto de daño colateral. El costo de cada proyectil Excalibur 1b, si bien se ha reducido con respecto a los modelos anteriores, es actualmente de 50.000 dólares. La aparición de los kits para munición no guiada, que permiten aprovechar el stock disponible a un costo casi diez veces menor, obteniéndose además valores de CEP aceptables, hizo que el presupuesto asignado al programa se reduzca. Para el próximo año el Departamento de Defensa de Estados Unidos planifica mantener en stock algo más de 7000 proyectiles<sup>142</sup>. Se encuentra actualmente en servicio en Estados Unidos, Canadá, Australia, Suecia, Jordania y Gran Bretaña.

## 6.2. Krasnopol -M

El Krasnopol es un proyectil desarrollado por la empresa Rusa KBP Ltd disponible en calibres 152 mm y 155 mm, que cuenta con un sistema de guiado láser semi-activo. Su última versión es el Krasnopol M2 que extendió el alcance de su predecesor de 17 a 25 kilómetros. Posee, al igual que el Excalibur, aletas de cola desplegadas para mantenerlo estabilizado durante el vuelo. Si bien posee un CEP menor a 3 metros, no es un proyectil todo tiempo, ya que requiere la asistencia de un observador en tierra que ilumine el blanco con el equipo LTD/R (*laser target designator / rangefinder*) ID22, que forma parte del sistema de control de fuego Malakhit. El alcance del ID22 es de 7 kilómetros para blancos móviles y 15 kilómetros para blancos de gran tamaño que le brindan al proyectil una probabilidad de impacto de 0,7/0,8. El Malakhit se completa con el equipo de comunicaciones del observador, la computadora de cálculo de tiro y el equipo de sincronización que vuelca los datos

FIG. 24: KRASNOPOL-M 155MM JUNTO CON EL SISTEMA DE CONTROL DE FUEGO MALAKHIT.



de tiro en el proyectil. Si el observador deja de iluminar el blanco por cuestiones climáticas o tácticas, el proyectil no tiene manera de corregir su trayectoria ya que no posee el sistema INS. El sistema de control utilizado es el de cuatro *canards* desplegadas que, variando su posición, modifican el *spin* del proyectil, lo que permite una corrección 2-D, desde las fases media y final de la trayectoria. Puede adquirir y batir blancos móviles con velocidades hasta 36 kilómetros por hora. Su principal ventaja es el costo del proyectil ya que no sobrepasa los US\$ 2.000. Este sistema se encuentra en servicio desde mediados de la década del 80 y los principales países usuarios son China e India. Este último lo empleó con éxito en la guerra con Pakistán. En nuestra región, Venezuela posee este sistema de munición de precisión guiada.<sup>143</sup>

142. Cohn, J., (s.f.), FY17 *Weapon Systems Factbook [Libro de hechos de sistemas de armas del año 2017]*. Center of Strategic and Budgetary Assessments (CSBA), pág. 49.

143. Fig.24: Fuente; KBP Instrument Design Bureau, disponible en <http://kbpptla.ru>

### 6.3. Vulcano V155 GLR-SAL

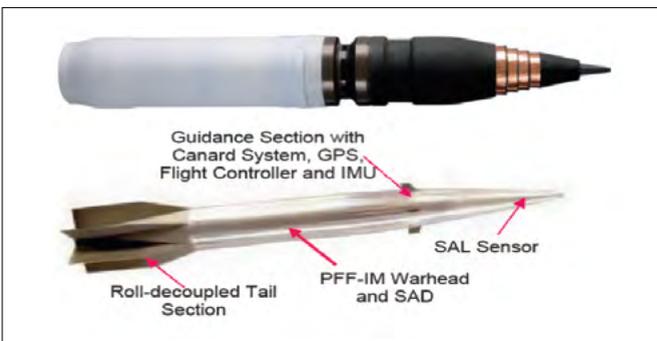
El programa Vulcano, si bien aún no ha sido probado en combate, es el que más capacidades ofrece a un proyectil inteligente de Artillería. Fue diseñado tanto para ser utilizado tanto por la artillería de campaña como por la artillería naval, con sus dos versiones en calibres 155 mm y 127 mm respectivamente. La empresa italiana Oto Melara, actualmente fusionada con LEONARDO (Finmeccanica) desarrolla este sistema junto con la alemana DHIEL.

El Vulcano es un sistema de munición de precisión guiada de largo alcance, todo tiempo, ya que integra los sistemas de guiado GPS/INS/SAL, al igual que el Excalibur 1b. Sin embargo, se diferencia de la última versión del Excalibur en el alcance. El poder realizar fuegos de precisión con unos sorprendentes 80 km de alcance lo convierten en el más avanzado proyectil de Artillería de Campaña de la actualidad. La versión de 127 mm naval agrega, además, la tecnología de guiado activa infrarroja, capaz de discriminar blancos móviles en el campo de combate. Aunque aún se encuentra en etapa de desarrollo debido a su costo, ya ha sido probada con éxito en los proyectiles de 155 mm en el año 2014. La implementación del guiado activo a un proyectil de Artillería, con capacidad de discriminación de blancos le permitirá batir vehículos blindados en movimiento a 80 km de distancia, sin ningún tipo de apoyo externo o necesidad del *"battle network"*. Su única desventaja, al igual que los proyectiles del programa Excalibur es su elevado costo, ya que la versión Vulcano V155 GLR-SAL tiene un precio de alrededor de US\$ 50.000.

Con el guiado GPS/INS, tiene un CEP que varía entre tres y quince metros, según el nivel de señal GPS. En caso de contar además con una iluminación del blanco mediante un LTD/R, el CEP se reduce a menos de un metro en el caso de blancos fijos, a un CEP menor a tres metros en el caso de blancos móviles como vehículos blindados. Para que el SAL pueda ser empleado en el blanco se debe encontrar dentro de un cono determinado respecto de la dirección de la trayectoria que le permita la maniobrabilidad suficiente al proyectil para adquirir el blanco y corregir su trayectoria; este cono recibe el nombre de campo de visión (FoV, por sus siglas

en inglés). Para la corrección de la trayectoria, utiliza un sistema integrado de *canards* y control de cola, que mediante un roldo desacoplado de las aletas, le otorgan gran estabilidad y velocidad de respuesta. El proyectil puede ser utilizado en la mayoría de los cañones modernos de 155 milímetros, actualmente en servicio. A fines de 2016 se prevé la primera provisión a las Fuerzas Armadas de Alemania e Italia.

FIG. 25: VULCANO V155 GLR-SAL, SU SISTEMA GPS/INS/SAL Y SUS 80 KM DE ALCANCE LO CONVIERTEN EN EL MÁS SOFISTICADO PGM DE ARTILLERÍA DE LA ACTUALIDAD



### 6.4. M1156 PGK (Precision Guided Kit)

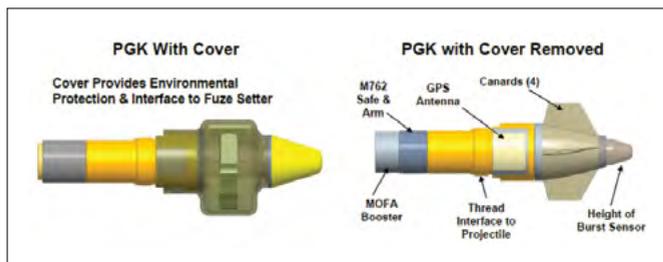
El PGK es una espoleta de corrección de trayectoria (CCF), desarrollada y comercializada actualmente por la empresa **Orbital ATK**. Ha pasado ya a la fase final de producción; completó con éxito las pruebas de campo desde el año 2013 y fue probada en combate en Afganistán.

Posee solamente un sistema de guiado(GPS) que actualiza constantemente su posición en el espacio, lo que permite al sistema de control corregir continuamente la trayectoria. El sistema de control utilizado es el de “*roll decoupled*” con *canards* fijas, que le brinda correcciones 2-D. Si bien el programa ya puede considerarse un éxito, demoró más de lo esperado por complicaciones técnicas. Incluso se cambió el sistema de control previamente concebido para el programa, pasando de un sistema de “*spin brake*”, al “*roll-decoupled*”. Desde el 2013 ha pasado las distintas pruebas, por lo que el desarrollo del programa continúa. En los últimos tres años se ha logrado reducir los costos en un 50 por ciento (De US\$ 15.000 a menos de US\$ 10.000) con mejoras sucesivas en los valores obtenidos del CEP, que pasaron de 50 m en 2011 a 10 m en las últimas pruebas. Aunque no pretende reemplazar en lo inmediato al programa Excalibur, por sus menores costos es utilizado sobre aquellos blancos o situaciones de combate donde sea indiferente el uso de uno u otro tipo de PGM. Recordemos que el Excalibur 1b es un PGM todo tiempo, que puede ser utilizado sobre blancos móviles gracias a su sistema SAL, mientras que el PGK corre el riesgo de no ser efectivo en caso de que el enemigo disponga de armas de interceptación de señales GPS (“*GPS jamming*”). Además, consta de un sistema de seguridad, que permite la opción de “no detonar” la carga explosiva, en caso de que el proyectil no impacte dentro del CEP de 10 metros. Para cargar los datos del blanco a la espoleta, se utiliza el mismo sistema con el que cuenta el Excalibur, el EPIAFS (*Enhanced Portable Inductive Artillery Fuze Setter*), integrado mediante el PIK (*Plataform Integration Kit*) al receptor GPS de la plataforma de tiro y al control de fuego computarizado.<sup>144</sup>

“*Nosotros presumimos de dar siempre en el blanco, eso nos enorgullece como pelotón, pero los proyectiles con la espoleta PGK impactaban justo encima del blanco, ronda tras ronda, nos dejó impresionados. La precisión fue realmente notable*”<sup>145</sup>, con estas palabras describía el rendimiento del kit PGK, el Suboficial Evan Clayton Jefe de Pieza, del 15<sup>th</sup> Field Artillery Regiment, durante el entrenamiento de su pelotón con el kit PGK, previo a su despliegue en Afganistán.

Finalizada la última etapa de producción en el año 2019, Estados Unidos planifica adquirir 100.000 kits PGK. Australia ha realizado en 2014 un pedido por US\$ 54 M y se le proveyó una primera parte a finales de 2015. Se espera completar la segunda durante el año 2016. Canadá y Alemania han realizado requerimientos del PGK también este año. En el marco regional, en julio de 2016, una delegación de la ARDEC (Centro de Investigación y Desarrollo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos) se reunió en Chile con autoridades militares de las áreas de ingeniería y desarrollo del Ejército de ese país, quienes entre otras tecnologías mostraron interés en adquirir el kit PGK.<sup>146</sup>

FIG. 26: DISEÑO DEL PGK, CON CUBIERTA PROTECTORA DE ESPOLETA Y SIN LA MISMA.



144. Johnson, L., (2012), *Precision Guided Kit (PGK) [Kit de precisión guiada]*. Armament Systems Information Program, Orbital ATK.

145. Cox, M., (2013), *Army Ships Precision Guidance Kits to Artillery Units in Afghanistan [Kits de guía de precisión de embarcaciones del ejército para unidades de artillería en Afganistán]*. Defense Tech.

146. Picatinny Arsenal Public Affairs, Ejército de los Estados Unidos, (2016).- <https://www.army.mil/article/173185>

### 6.5. Top Gun

El programa Top Gun consiste en una espoleta de corrección de trayectoria, desarrollada por IAI (Israel Aerospace Industries), desde el año 2009. Actualmente se encuentra finalizando la etapa de pruebas y en el año 2017 ingresará en la primera etapa de producción.

Utiliza el guiado GPS/INS y el sistema de control empleado es el “*spin brake*”, con *canards* que se despliegan y cambian su orientación, lo que permite una corrección en 2-D. Las pruebas realizadas en el presente año, arrojaron un CEP menor a 10 metros, al igual que su competidora, la PGK. A diferencia de la anterior, dispone de la capacidad de empleo “todo tiempo”, gracias al guiado INS que permite continuar guiando al proyectil aun habiéndose interceptado la señal GPS. Como el programa no entró aún en etapa de producción, se desconoce con exactitud su costo final, pero se cree que estará por encima del PGK, debido al sistema INS. Su mayor volumen respecto de la PGK se debe en gran medida a la incorporación de este sistema de guiado. Hasta el momento se conoce que Corea del Sur se mostró interesado en incorporar este kit una vez que ingrese en etapa de producción.<sup>147</sup>

FIG. 27: CCF TOP GUN CON GUIADO GPS/INS Y CONTROL “SPIN DRAKE”



### 6.6. SPACIDO

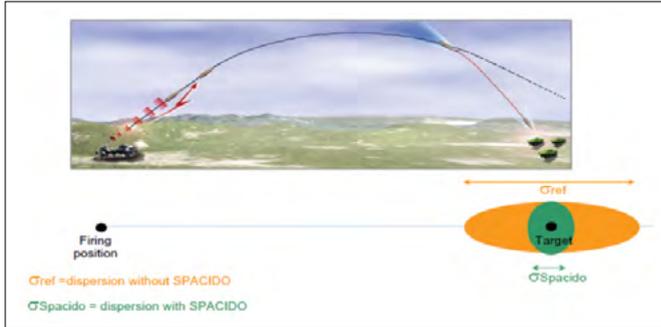
Es una espoleta de control de trayectoria, desarrollada por las empresas NEXTER, T2M e IN-SNEC contratadas por el gobierno de Francia, para proveer a su plataforma de tiro CAESAR, de un sistema CCF para sus proyectiles no guiados. Es una de las primeras en ser desarrolladas y la primera que pasó a etapa de producción en el año 2010.

El sistema de guiado utilizado es bastante particular y responde al concepto de “*beam guidance*”, que funciona mediante una onda de radar, emitida por un dispositivo ubicado en el tubo cañón de la plataforma de tiro. Una vez que el proyectil sale del tubo, el radar mide la velocidad del proyectil, calcula la trayectoria correspondiente a la velocidad medida y le transmite a la espoleta la información de la nueva trayectoria calculada. La espoleta recibe esta información y corrige el alcance mediante un sistema de control tipo “*drag brake*” de manera de reducir los errores a lo largo del eje longitudinal.<sup>148</sup> Es un sistema de control 1-D, es decir que no puede corregir desplazamientos laterales en la trayectoria. La reducción de la dispersión en alcance es menor a 4 m con este kit. Está disponible en versiones para proyectiles de 155 mm y 105 mm.

147. Fig. 27: Fuente: Israel Aerospace Industries, disponible en <http://www.iai.co.il/2013/16147-44363-en/IAI.aspx>.

148. Fig. 28: Benjamin, C., (2007), Spacido 1-D Correction Fuze. 51st Annual Fuze Conference, Nexter Munitions and T2M, Nashville.

FIG. 28: LA CCF SPACIDO UTILIZA UN SISTEMA DE GUIADO "BEAM GUIDANCE" Y SISTEMA DE CONTROL "DRAG BRAKE", CON CORRECCIONES EN 1-D.



de casi una cuarta parte que el PGK o el TopGun. Francia planea aumentar su stock de esta espoleta en 30.000 unidades para el próximo año.

### 6.7. Municiones de precisión guiada para morteros

Hay varios programas para Morteros de 120 mm y 81 mm que pueden considerarse exitosos. Muchos de ellos se desprenden o forman parte de las familias de las municiones de precisión guiada de Artillería de 155 mm y de los kits modulares de espoletas de corrección. Pero aún resultan muy costosos, teniendo en cuenta el tipo de blanco a batir por los morteros, que son por lo general de menor valor táctico que los asignados a la artillería de campaña de 155 mm.

Para el caso del calibre 120 mm solo se encuentran en producción, desde hace algunos años, los que cuentan sólo con sistema de guiado SAL (*semi-active laser*) y tienen el mismo tipo de funcionamiento que sus pares de 155 mm como el Krasnopol. El CEP en la mayoría de los casos es menor a 1 metro, ya que se reduce respecto del proyectil de 155 mm dado que tiene un menor alcance. Entre estas municiones de precisión guiada PGM de 120 mm con guiado SAL tenemos al KM-8 GRAN 120, de la empresa KBP rusa (familia del Krasnopol) y al GMM 120 Dhiel, actualmente provisto en las fuerzas alemanas, el GP-9 LGMB (Laser guided mortar bomb) de Norinco, provisto en el ejército chino.

En el caso de los que cuentan con sistema GPS/INS, aunque se encuentran ya desarrollados en algunos casos, su implementación aún no es viable debido a los costos. Podemos mencionar entre otros al XM395 de la empresa ATK y al GMM 120 mm de la empresa israelí IMI (Israel Military Industries), o el PERM (*Precision Extended Range Munition*) 120 mm de Raytheon. Cabe destacar que el PERM y el GMM, no son sistemas modulares, mientras que el XM395, utiliza una espoleta similar a la PGK, denominada MGK (*Mortar Guidance Kit*). Estados Unidos e Israel siguen impulsando estos desarrollos y presionando a las empresas contratistas para que reduzcan los costos de la tecnología de ambos proyectos.

Se puede observar una decisiva tendencia a que todos los sistemas de apoyo de fuego, incluso en el menor nivel, cuenten con municiones de precisión guiada. Hay inclusive proyectos para munición de 81 mm y 60 mm. Esto significa que, si bien aún no son viables por cuestiones de costos, la reducción de estos por el abaratamiento de sus componentes hará posible en un futuro no muy lejano la difusión masiva de estos sistemas de armas. Hace una década, los kits PGM para artillería que no eran viables, hoy son una realidad, por lo que se puede afirmar

Más allá de las limitaciones propias del sistema de control 1-D, tiene dos ventajas principales. La primera es que no puede ser afectado por intercepciones producto del "GPS jamming", lo que lo transforma en un sistema todo tiempo. La segunda y principal es su costo. Al no contar con receptores GPS o sistemas INS (que son más caros) y tener el sistema de control más simple de "drag brake", su precio es

que la Artillería de Campaña está en condiciones de pasar a formar parte de los sistemas de fuego de precisión. No falta mucho para que suceda lo mismo con los morteros, en sus calibres 120, 81 y 60 mm y que se introduzca así a las armas de tiro indirecto de Infantería dentro de los sistemas de apoyo de fuego de precisión.

FIG 29: EL PERM 120MM DE RAYTHEON, EL GMM 120MM DE IMI Y EL XM395 CON EL KIT MGK DE ATK, CON GUIADO GPS.



## CONCLUSIONES

- Si bien el concepto de daño colateral no es nuevo en la historia de la guerra, fue cobrando cada vez más importancia en los últimos años. Las características de los conflictos armados de baja intensidad lo han tornado imprescindible en la planificación de toda operación militar, principalmente en lo que respecta al apoyo de fuego. El impacto social, estratégico y político, impusieron a las principales potencias militares la extensión de sus fuegos de precisión, no sólo al apoyo aéreo o a los misiles de largo alcance, sino también a la Artillería de Campaña y Morteros.
- Además de reducir el daño colateral, los proyectiles guiados para la Artillería, reducen el volumen logístico de la munición, lo que aumenta la autonomía de las modernas plataformas autopropulsadas de tiro y, por ende, su movilidad en el campo de combate. El efecto al primer disparo, eliminando el tiro de registro, permite ejecutar las misiones de fuego en un tiempo mínimo, aprovechando los sistemas de dirección de fuego computarizados que ya posean las plataformas. La disminución del riesgo de fratricidio, la sorpresa en las misiones de fuego y el costo-beneficio de batir determinados blancos se pueden enumerar como ventajas adicionales de incorporar el fuego de precisión a la Artillería de Campaña.
- Transformar en realidad estas necesidades requirió el aporte tecnológico “de punta”, de cada rama de la ingeniería: mecánica, electrónica, informática, química, cartográfica, forzando en muchos casos, la generación de nuevas tecnologías, como el P-INS o Micro-INS. Sin embargo, el reto más importante fue hacer que el costo de incorporar esa tecnología a un proyectil o sistema de tiro, lo hiciera viable para los tipos de blancos a los que estaba destinado ese sistema. Así, fueron surgiendo diversos conceptos para implementar el guiado a un proyectil de artillería; desde diferentes sistemas de guiado y control, hasta los conceptos modulares de espoletas de corrección de trayectoria. Esta diversificación en base a tecnologías, costos, precisión y necesidad de un entorno adecuado hizo que se disponga de varios productos en el mercado que apuntan a distintas finalidades o blancos en el campo de combate moderno. Sin embargo, el objetivo final de cada uno de los programas o proyectos es lograr que se puedan utilizar en cualquier tipo de situación, es decir que posean el empleo “todo tiempo”.
- Los proyectos más complejos y costosos, como el Excalibur 1b y el Vulcano, estarán al alcance de aquellos ejércitos con un mayor presupuesto, no sólo por el costo en sí del material, sino también por el entorno de batalla que necesita para ser empleado eficientemente. Por otro lado, los kits, que desde este punto de vista no reemplazan las capacidades brindadas

por los proyectiles antes nombrados, los complementan cabalmente, a un costo increíblemente menor y sin necesidad de contar con un entorno de batalla sofisticado, más que el de las comunicaciones de campaña. Las últimas noticias indican que partir del próximo año, el uso de las espoletas inteligentes se extenderá no sólo a las potencias militares, sino también a otros países que pretenden no quedarse atrás tecnológicamente. Además, su bajo costo y empleo en armamentos y proyectiles ya disponibles puede llegar a hacerlas accesibles a grupos terroristas y el narcotráfico. En la región, Chile, que ya posee PGM aerolanzables JDAM, se ha mostrado interesado y se encuentra en contacto con el proveedor de las PGK.

- En lo que respecta a Morteros, en sus diferentes calibres, la tecnología de los kits se puede emplear sin problemas en ellos y existen incluso algunos proyectos ya disponibles en el mercado, aunque su costo todavía es alto para un empleo justificado. Aun así, año a año el costo se ha ido reduciendo (el kit PGK se redujo un 50 por ciento en tres años) y las tendencias apuntan a que, en el corto plazo, van a estar al alcance de la mayor parte de los ejércitos.
- El desarrollo en el futuro próximo de los proyectiles más sofisticados, como los programas Excalibur y Vulcano, apunta a la detección y discriminación de blancos. Esto les permitirá unir el antiguo concepto de saturación con el de precisión, sin contar con observadores en el campo de combate. Esta discriminación la podrá efectuar el proyectil con carga explosiva o aquellos que carguen con submuniciones con guiado activo, permitiéndole a un proyectil, detectar, reconocer y poner fuera de combate un escuadrón completo de tanques o blindados y diferenciarlos de los propios. Estos conceptos que parecen lejanos o de una película de ficción, se encuentran ya en instancias de prueba, en el bloque II del programa Excalibur y el Vulcano con guiado activo infrarrojo para proyectiles de 127 milímetros.
- Una vez que esta tecnología se encuentre ampliamente disponible tanto para Artillería como para los Morteros, deberá realizarse una revisión de la doctrina en estos niveles, ya sea para adaptarla a las capacidades que ofrecen, o para estar en capacidad de dar una respuesta en el caso de que no se adquieran.
- Finalmente, no podemos ignorar desde el punto de la Defensa Nacional, la tendencia imparable en el desarrollo, evolución y presencia masiva de estas tecnologías en el campo de combate del futuro, pensando seriamente cual será la capacidad que tendrán nuestras Fuerzas Armadas (con respecto a sus armas de apoyo de fuego, sistemas de tiro y procedimientos de mediados del siglo pasado) para responder a un posible enemigo que las posea.

## **BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES:**

- Abbott, A., (24 de agosto de 1999), *GPS Guided Munition [Munición guiada por GPS]*. Patente estadounidense 5943009.
- Balle, J., (15 de julio de 2015), *About JDAM [Acerca de JDAM]*. Aeroweb Digital Magazine. Disponible en <http://www.bga-aeroweb.com/Defense/JDAM.html>
- Benjamin, C., (2007), Spacido 1-D Correction Fuze. 51st Annual Fuze Conference, Nexter Munitions and T2M, Nashville.
- Clancy J., Bye T., Friedrich W., (17 de marzo de 2005), *Fixed Canard 2-D Guidance of Artillery Projectiles*. Solicitud de patente estadounidense 2005/0056723.
- Cohn, J., (s.f.), *FY17 Weapon Systems Factbook [Libro de hechos de sistemas de armas del año 2017]*. Center of Strategic and Budgetary Assessments (CSBA), pág. 49. Disponible en <http://csbaonline.org/wp-content/uploads/2016/08/CSBA6194-FY17-Factbook-FINAL-hi.pdf>
- *Converting Bombs into Precision-Guided Weapons [Conversión de bombas en armas de preci-*

- sión guiada*]. (s.f.), Raytheon Company, Paveway Laser Guided-Bomb. Disponible en <http://www.raytheon.com/capabilities/products/paveway-laser-guided-bomb/>
- *Dictionary of Military and Associated Terms [Diccionario de términos militares y relacionados]*. (2016), Departamento de Defensa de Estados Unidos (actualización 9). Disponible en [http://www.dtic.mil/doctrine/new\\_pubs/jp1\\_02.pdf](http://www.dtic.mil/doctrine/new_pubs/jp1_02.pdf)
  - Eshel, T., (2001), *The high cost of precision attack [El alto costo del ataque de precisión]*. Defense Update Digital Magazine, pág. 1. Disponible en [http://defense-update.com/20110506\\_precision\\_attack.html](http://defense-update.com/20110506_precision_attack.html)
  - Foss, C., (2015), *Smart Ammo: Precision Guided Munition for Field Artillery [Munición inteligente: munición guiada de precisión para artillería en campo]*. IHS Jane's Defence Weekly. Disponible en [http://www.janes360.com/images/assets/423/54423/precision-guided\\_munitions\\_for\\_field\\_artillery.pdf](http://www.janes360.com/images/assets/423/54423/precision-guided_munitions_for_field_artillery.pdf)
  - Fraysee J., (27 de septiembre de 2011), *Guided Fuse with Variable Incidence Panels*. Patente estadounidense 8026465 B1.
  - Frink R., (7 de abril de 1992), *Precision Guided Munitions Alternator*. Patente estadounidense 5101728.
  - Gagnon, E., Lauzon, M., (2009), *Low cost guidance and control solutions for in-service unguided 155mm artillery Shell [Soluciones de control y guía de bajo costo para proyectil de artillería de 155 mm no guiado en uso]*. Investigación y Desarrollo para la Defensa de Canadá (DRDC, Defense Research and Development Canada). Valcartier, Informe técnico, pág.14.
  - German Artillery School, (2014), *International Symposium of Artillery [Simposio internacional de artillería]*. Report of Dhiel Defence, págs. 36-42. Disponible en <http://www.freundeskreis-artillerietruppe.de/images/stories/PDF/infobroschuereias2014.pdf>
  - Geswender C., Sanchez C., Zamora M., (23 de agosto de 2012), *Multi-Caliber Fuze Kit and Methods for same*. Solicitud de patente estadounidense 2012/0211592.
  - Geswender C., Zamora M., (18 de noviembre, 2010), *Projectile with Deployable Control Surfaces*. Solicitud de patente estadounidense 2010/0288870 A1.
  - Geswender, C. y Streeter, J., (17 de diciembre de 2014), *Apparatus for Air Brake Retention and Deployment [Aparato de retención y utilización del freno de aire]*. Patente europea 2276998 B1.
  - Heaston, R. y Smoots, C., (1983), *Introduction to Precision Guided Munitions [Introducción a las municiones guiadas con precisión]*. Informe técnico del Centro de análisis de información de guía y control (GIDAC, Guidance and Control Information Analysis Center) para el Departamento de Defensa de los Estados Unidos y DARPA, pág. 30.
  - Jennings, G., (25 de noviembre de 2014), *Israel orders upgraded JDAM Kits [Israel ordena kits de JDAM de mayor categoría]*. IHS Jane's Defence Weekly Magazine. Disponible en <http://www.janes.com/article/46209/israel-orders-upgraded-jdam-kits>
  - *Krasnopol M-2*. (s.f.), KBP Instrument Design Bureau. Disponible en <http://kbptula.ru/en/productions/artillery-guided-weapon-systems/krasnopol-m2>
  - Lutwak, R., (s.f.), *Micro-Technology for Positioning, Navigation and Timing (Micro-PNT) [Microtecnología para posicionamiento, navegación y sincronización]*. Defence Advanced Research and Project Agency (DARPA). Disponible en <http://www.darpa.mil/program/micro-technology-for-positioning-navigation-and-timing>
  - Matthew C., (2013), *Army Ships Precision Guidance Kits to Artillery Units in Afghanistan [Kits de guía de precisión de embarcaciones del ejército para unidades de artillería en Afganistán]*.

- Defense Tech. Disponible en [https://www.army.mil/article/102402/New\\_gear\\_brings\\_enhanced\\_precision\\_to\\_field\\_artillery\\_in\\_Afghanistan](https://www.army.mil/article/102402/New_gear_brings_enhanced_precision_to_field_artillery_in_Afghanistan)
- Maynard, J., Carlson, M., Zeman, P., (12 de febrero de 2009), *Optically Guided Munition Control System and Method [Sistema y método de control de munición guiada ópticamente]*. Solicitud de patente estadounidense 2009/0039197 A1.
  - Milner, M., (2012), *Precision Strike Association Excalibur Overview [Visión general de la asociación de ataque de precisión de Excálibur]*. Combat Ammunition Project Office, Picatinny Arsenal, New Jersey.
  - Naresh, C., (2014), *Bull's eye with Precision Guidance [En el blanco con guía de precisión]*. Scholar Warrior, pág. 99. Disponible en [http://www.claws.in/images/journals\\_doc/2092178497\\_NareshChand.pdf](http://www.claws.in/images/journals_doc/2092178497_NareshChand.pdf)
  - Phillips, C., (20 de agosto de 2013), *Targeting Augmentation for Short-Range Munitions [Aumento de selección de objetivo para municiones de corto rango]*. Patente estadounidense 8513580 B1.
  - Picatinny Arsenal Public Affairs, Ejército de los Estados Unidos, (11 de Agosto de 2016). Disponible en <https://www.army.mil/article/173185>
  - Pristash D., (6 de diciembre de 2006), *Course Correction Fuze*. Solicitud de patente estadounidense provisoria 60/873478.
  - Ringer H., (23 de septiembre de 1997). *Spin-Stabilized Guided Projectile*. Patente estadounidense 5669581.
  - Rupert, J. y Siewart, J., (7 de enero de 2003), *2-D Projectile trajectory corrector [Corrector de trayectoria de proyectil 2-D]*. Patente estadounidense 6502786 B2.
  - *Selected Acquisition Report (SAR) of Excalibur (Unitary)*.FY11, Defense Acquisition Management Information Retrieval (DAMIR), pág. 4.
  - *Soviet Analysis of Operation Desert Storm and Operation Desert Shield [Análisis soviético de la operación Tormenta del desierto y la operación Escudo del desierto]*. (28 de octubre de 1991), Defense Intelligence Agency, pág. 32.
  - Valcourt, D., (2004), *Army's Precision Fires Study [Estudio de fuego de precisión del ejército]*. Chief of the Field Artillery, Us Army Field Artillery Center, Fort Sill, OK. Disponible en [http://www.dtic.mil/ndia/2004precision\\_strike/ValcourtPEO\\_Huntsville.pdf](http://www.dtic.mil/ndia/2004precision_strike/ValcourtPEO_Huntsville.pdf)
  - *Vulcano Guided Ammunition Family*. (s.f.), Dhiel Defence. Disponible en [http://www.diehl.com/fileadmin/diehl-defence/user\\_upload/flyer/Flyer\\_VULCANO\\_kombi\\_1102\\_BS\\_02.pdf](http://www.diehl.com/fileadmin/diehl-defence/user_upload/flyer/Flyer_VULCANO_kombi_1102_BS_02.pdf)
  - *Vulcano: 155mm Ballistic Extended Range (BER) and Guided Long Range (GLR)*.(2013), Oto Melara, Finmeccanica Company. Disponible en [http://www.leonardocompany.com/documents/63265270/66960114/body\\_VULCANO\\_155MM\\_2013\\_1.pdf](http://www.leonardocompany.com/documents/63265270/66960114/body_VULCANO_155MM_2013_1.pdf)
  - Watts, B., (2013), *The evolution of precision strike [La evolución del ataque de precisión]*. Center for Strategic and Budgetary Assessments, Washington DC. Disponible en <http://csbaonline.org/publications/2013/08/the-evolution-of-precision-strike/>.
  - Woodman, O., (2007), *An introduction to Inertial Navigation [Introducción a la navegación inercial]*.Informe técnico 696, University of Cambridge, Computer Laboratory, pág. 5. Disponible en <http://www.cl.cam.ac.uk/techreports/UCAM-CL-TR-696.pdf>

(\*) **Fernando Daniel Quinodoz** es Teniente Primero de Infantería del Ejército Argentino, Licenciado en Administración y Paracaidista Militar. Posee una especialización en Ciencias Militares por la Escuela de Perfeccionamiento de Oficiales (EsAO) del Ejército de la República Federativa de Brasil (2013). Como oficial del ejército argentino, prestó servicios en el Regimiento de Infantería Paracaidista 2, Escuela de Suboficiales del Ejército "Sargento Cabral" y Colegio Militar de la Nación. Ha realizado las capacitaciones especiales de Jefe de Lanzamientos Paracaidistas, Guía Paracaidista y Paracaidista de Apertura Manual; es instructor de tiro por la Escuela de Infantería del Ejército Argentino. Actualmente se encuentra cursando la carrera de Ingeniería Mecánica en Armamentos, en la Escuela Superior Técnica del Ejército "GrI Manuel N. Savio", desempeñándose en esta como Observador Tecnológico del CEPTM "GrI MOSCONI".



## 5. ELECTRÓNICA

### 5.1

# Los sistemas de simulación: otra forma de entrenar para el combate

Por el Coronel Ingeniero Militar José Alberto Guglielmone\*

#### Resumen

Desde el Centro de Estudios de Prospectiva de Tecnología Militar “Gr1 MOSCONI”, se ha emitido un documento rector, el No. 010514/02, referido a las “Tecnologías y Objetos de Estudio Relacionados con la Defensa”, allí hay una gran cantidad de disciplinas, todas importantes y complejas para ser abordadas. Una de ellas es el Área de “SIMULACIÓN”, la cual reviste una significativa trascendencia tanto actual como futura.

En este artículo, producto de la experiencia y de lo actuado dentro de la Vigilancia e Inteligencia Estratégica, se acordará referirse al área mencionada, sin la profundidad técnica que debería tener dirigida a expertos en el tema. Por el contrario, será una visión general, haciendo hincapié especialmente en la importancia que se le da en el mundo moderno. Se orientará no solo a aquellos que les interesa el tema o que lo desconocen, sino particularmente a los que tienen el poder de decidir a fin de proporcionarles fundamentos valederos para sus acciones futuras, lo cual es una de las motivaciones y objetivos de la creación del CEPTM “Gr1 Mosconi”.

Se darán algunos fundamentos de la importancia que este tema reviste, pasando por lo desarrollado en nuestro país y las tendencias en la tecnología, la importancia que reviste en el mundo, para concluir con un idea proyecto para Ejército Argentino.

#### Introducción

En la ciencia, y desde tiempos inmemoriales, siempre ha existido la simulación de un fenómeno, mediante otro más sencillo que permitiese analizar sus características o comportamiento.

Consecuentemente, el simulador en el arte de la guerra no es nuevo en sí mismo. Un ejemplo de ello son las reproducciones de réplicas de armas en la antigüedad, las mesas de arena del Estado Mayor Prusiano con situaciones tácticas y sus juegos de guerra, la implementación de sub-municiones para armas de fuego de grueso calibre utilizadas a menor distancia, entrenadores de manejo o los simuladores de vuelo. El primero en su tipo surge en 1929, obra del ingeniero y pionero de la aviación estadounidense Edwin A. Link, que se denominó “*Blue Box*” o “*Link Trainer*”, hasta llegar a nuestros días con un grado de sofisticación verdaderamente sorprendente. Con todos ellos se buscaba y aún se persigue poseer hombres y organizaciones con mayor capacidad para desempeñar eficientemente su misión.

Si bien cuando se dice “simulación”, expresión tan utilizada y popular en los últimos años, se cree entender de qué se está hablando, existe una gran cantidad de definiciones sobre el significado de esta palabra, como así también una diversidad en la clasificación de los diferentes tipos de simuladores. Algunos podrán distinguirse como entrenadores o simuladores, desarrolladores de habilidades, de procedimientos o tomas de decisiones, por sus finalidades y características técnicas, entre otras cosas. En definitiva, dependerán, en gran medida, de las empresas que los fabrican o aquellas organizaciones que los utilizan. Hace unos años se podía, clasificar, tipificar o categorizar los simuladores, pero en la actualidad por el gran auge y avance que estos han experimentado, se podría tropezar con que algunos de los equipos entrarían en más de una categoría, dando lugar a errores involuntarios.

Sin pretender simplificar o restar importancia a las diferentes divisiones que se realizan, en el concepto de “Sistemas de Simulación” se incluirán todos los tipos y clasificaciones. De esta manera, se entenderá y asociará a la simulación como un sistema, con todo lo que ello involucra y se dará con este concepto la verdadera dimensión de complejidad que ello implica. Por lo tanto, se podrá relacionarlo en nuestro ámbito o fuera de él, diciendo que “Sistema de Simulación” es todo aquel sistema que encierra un cierto artilugio con un grado de sofisticación técnica, con el objeto de capacitar individuos, fracciones u organizaciones.

## **MOTIVOS PARA SU IMPLEMENTACIÓN**

### **Costo versus eficacia**

A nadie escapa la ingente erogación de gastos que significa preparar y realizar una ejercitación militar, a lo que se suma el consumo de combustible en la movilización de los vehículos, el alto costo en el empleo de munición y el desgaste del material empleado.

Los sofisticados sistemas de armas hacen que sea cada vez más difícil su adquisición y aún más las inversiones para entrenar al personal que los operará. En ciertas oportunidades se utiliza en forma desmedida el material operacional provisto con fines de instrucción y suele ocurrir que el deficiente grado de entrenamiento del personal no permite lograr la eficacia adecuada que haga rentable esa erogación.

El costo inicial de los sistemas de simulación, resulta relativamente oneroso, pero el período de amortización es corto, no sólo si se lo vincula económicamente, sino sobre la base de la relación costo - eficacia.

Los sistemas de simulación en un sentido económico pueden ser usados en forma continua, durante muchos años a un bajo costo de mantenimiento y tienen una vida útil prolongada.

La aplicación de los sistemas de simulación no es un fundamento valedero para la disminución de los gastos requeridos para las ejercitaciones militares a escala real; por el contrario, ellos hacen un aporte muy importante para la optimización del empleo de los escasos recursos operacionales disponibles.

Evidentemente, una de las principales ventajas que proporciona el uso de la simulación, quizás la más trascendental de ellas, sea la de economizar en los gastos de Defensa, con la consecuente obtención de un alto grado de capacitación del personal.

### **El soldado**

Es sabido por aquellos que han tenido la oportunidad de instruir a reclutas que el riesgo de sufrir accidentes disminuye cuanto mayor sea el nivel de adiestramiento alcanzado. Por ende, un gran índice de percances ocurre en los comienzos de los períodos de instrucción, ya sea por desconocimiento, por ignorancia o simplemente por la peligrosidad propia del manejo de

armas. Existen también riesgos por exceso de confianza o bien cuando los individuos participan en ejercitaciones de combate en las que se busca obtener mayor realismo.

La utilización de los sistemas de simulación para el entrenamiento, tanto en los primeros periodos de instrucción como en los más avanzados o en las comprobaciones, posibilitan alcanzar excelentes resultados, sin que el instructor tenga limitaciones para realizar acciones, pensando en la posibilidad de que se produzca alguna desgracia irreparable.

### **Conservación del material**

En estrecha relación con el tema presupuestario y los accidentes sufridos durante los entrenamientos, se busca necesariamente preservar el material existente dentro de las Fuerzas. Las estadísticas indican que el 68% de las fallas que presenta el material bélico, se debe al mal uso y esto se entiende como una falta de instrucción que, en general, se produce en el período de aprendizaje.

A título de ejemplo, cada tubo-cañón de material de defensa antiaérea debe ser cambiado a los 5.000 tiros, un tubo-cañón de fusil se ve afectado a los 10.000 tiros, las zapatas de los blindados deben ser reemplazadas tras circular una determinada cantidad de kilómetros y así podríamos enumerar una larga lista de desgaste de material; su reemplazo y el mantenimiento es indispensable para poder sostener la aptitud operacional.

Haciendo una analogía con un simulador de tiro de armas portátiles, al término de una semana de uso, podrían registrarse más de 50.000 disparos virtuales por cada fusil, utilizando munición real, un arma no podría soportar tremenda exigencia y quedaría, en consecuencia, fuera de servicio.

Es por ello que en el momento de ser utilizados en una situación práctica real, el hombre debe haber adquirido un grado de entrenamiento tal que le permita el correcto uso de su arma, sistema de armas y vehículo, entre otros y el aprovechamiento óptimo de esa experiencia, lo que incluye aquellas acciones propias de la utilización del material en incidentes reales y que no se hayan podido representar dentro de los sistemas de simulación.

### **Campos de instrucción**

La disponibilidad cada vez menor de campos para la realización de ejercitaciones y tiro práctico hace que estos estén circunscriptos a escenarios de limitada topografía y campos de tiros que no se ajustan a la realidad de los alcances de las armas de gran calibre y de las zonas de seguridad que estas exigen. Sumado a ello, existen las limitaciones que imponen las poblaciones circundantes, los espacios aéreos y la protección del ambiente, entre otros aspectos, lo que hace más sensible aún la presencia y desplazamiento de vehículos y tropas en sus ejercitaciones de combate.

En gran parte, esta difícil situación puede solucionarse con la utilización de los sistemas de simulación, ya que ellos pueden ser usados para el entrenamiento individual o de fracciones sin la necesidad de la práctica en el terreno real y con la posibilidad adicional de crear escenarios virtuales, con la atractiva alternativa de entrenar en diferentes tipos de terreno bajo condiciones climáticas diferentes. En ocasiones permite un relevamiento computarizado de probables teatros de operaciones, situados a miles de kilómetros de distancia, cuya utilización sería impensable en la realidad por el costo y los lapsos exigidos para su aprovechamiento, o simplemente porque ese campo podrá ser el teatro de operaciones futuro.

Con el transcurrir del tiempo se irá reduciendo cada vez más la cantidad y disponibilidad de campos de instrucción de tropas y en el futuro quizás los pocos que queden, se deberán ir trans-

formando en centros de entrenamiento de combate, teniendo como núcleo fundamental el uso de los mencionados sistemas de simulación y su complementación con actividades en el terreno.

### **Medio ambiente**

El planeta nos proporciona recursos naturales de todo tipo; sin embargo, esos recursos son finitos y es preciso reducir y racionalizar su consumo. Por esta razón, el desvelo por el medio ambiente ha ido en aumento en todo el mundo, creándose asociaciones y organismos dedicados a su estudio y protección y además se han firmado tratados y protocolos entre diversos países con idéntica finalidad.

El nuevo concepto sostiene que los problemas del medio ambiente se están acentuando e incluso precipitan muchos de los conflictos mundiales que pueden transformarse luego en enfrentamientos bélicos.

Los daños que pueden ocasionar los ejercicios de combate a gran escala hacen que estas ejercitaciones produzcan un indeseable impacto en la naturaleza.

Un hecho concreto y sin lugar a dudas el de mayor trascendencia que aportan las Fuerzas Armadas para lograr contribuir a la preservación del medio ambiente es la utilización de sistemas de simulación para el adiestramiento de su personal, reduciendo las ejercitaciones en el terreno y, por ende sus consecuencias; esta actitud es muy valorada y apoyada por todos aquellos que sienten una espontánea preocupación por el tema.

### **OTRA FORMA DE AQUIRIR EXPERIENCIA**

Las estadísticas de las acciones de guerra en la historia militar indican que la probabilidad de sobrevivir que tiene un combatiente en un conflicto armado aumenta en proporción directa a su participación efectiva en acciones de combate. Sin lugar a dudas, también en la guerra existe un proceso cruel de eliminación y, por ende, de selección, en el que casi siempre sobrevive el más apto y el mejor preparado.

La leyenda que aparece en muchas propagandas de materiales bélicos que dice "probado en combate" también es válida para los individuos.

Esta consideración nos lleva a pensar que gran parte de la llave del éxito en una acción militar es la experiencia de combate directa y real que tienen los hombres de armas. Consecuentemente con ello, es también trascendente la suma de experiencias relacionadas entre los diferentes individuos que se vinculan para operar conjuntamente en esas acciones. No sólo vale la experiencia personal sino la de toda la fracción, cualquiera sea el nivel de conducción del que se trate. Pero ante la imposibilidad de que todos posean experiencias reales, se busca en los sistemas de simulación una herramienta nueva y absolutamente potencial para la obtención de esas destrezas. Por esa razón, los sistemas deberán ser una réplica del espacio donde se va a operar y de la situación a vivir, lo más aproximada a la realidad como sea posible. De hecho, en los sistemas más modernos, con empleo de alta tecnología, los resultados obtenidos al respecto son sorprendentes.

La experiencia que necesita el individuo comienza a gestarse en el entrenamiento básico, que tiene como inicio la repetición, y principalmente en la adquisición de las habilidades psicomotoras, que son obtenidas rápidamente a través de los sistemas de simulación, pues ellos posibilitan un alto volumen de entrenamiento en cortos períodos de tiempo. Los instructores podrán realizar los ejercicios la cantidad de veces que consideren necesario para obtener el nivel de entrenamiento fijado. Cabe acotar que los sistemas de simulación son aplicables en todos los niveles de entrenamiento.

FIG. 1- LA EXPERIENCIA DE COMBATE<sup>149</sup>

Quizás una de las actividades más difíciles en el combate es la toma de decisiones, acción que se encuentra acompañada de condiciones particulares que sólo se experimentan en esa circunstancia crítica. El corto tiempo, la poca información, la duda en el éxito de la misión, la posible pérdida de la vida de sus subordinados, el combate mismo, y otros, son incidentes desfavorables para la toma de decisiones, tensiones que solamente los hombres debidamente entrenados podrán minimizar. La toma de decisiones correcta está basada en la experiencia y la historia militar está llena de ejemplos esclarecedores, tanto positivos como negativos.

Los sistemas de simulación cubren un amplio espectro de los requerimientos necesarios para el entrenamiento del combate. Es inevitable que no se pueda cubrir la totalidad de los aspectos y que existirán zonas grises que no se pueden reproducir en forma realista. Difícilmente un sistema de simulación logre hacer incidir sobre el hombre todas las presiones físicas y psíquicas que se sufren en el combate y que condicionan su desempeño, pero sí permitirá incrementar sensiblemente su entrenamiento y el de la fracción, incidiendo decisivamente en su moral, en su voluntad de lucha (confianza en sí mismo, en el conjunto y en el jefe) y, por ende, en su eficiencia en combate y en sus posibilidades de sobrevivir.

No debe olvidarse que, si bien se busca que los sistemas tengan una gran cuota de realismo, la excesiva práctica con estos hace que el individuo se adapte inconscientemente en forma completa al mundo simulado, lo cual resulta contraproducente.

La gran cantidad de bajas producidas en las etapas iniciales de los conflictos, tal como lo muestra la historia de guerra, es una razón de peso para poner el debido énfasis en el entrenamiento empleando sistemas de simulación, en los cuales se le posibilite tanto a los individuos como a las unidades en su conjunto, obtener, consolidar y mantener las habilidades que deben poseer, ganando así la experiencia requerida para poder participar en un conflicto armado, en donde tendrán que demostrar todas las capacidades que las exigencias propias del combate le demanden, a fin de lograr el éxito.

## EL AYER Y HOY DENTRO DE LA FUERZA

Las Fuerzas Armadas poseen sistemas de simulación desde hace muchos años para algunos materiales específicos, principalmente extranjeros. Si se hace un poco de historia reciente, específicamente el Ejército tuvo sus primeros simuladores modernos en los años 80, con la adquisición de los puestos de tiro de Defensa Antiaérea ROLAND y su simulador asociado, en el cual el operador se instruía dentro del mismo puesto de tiro y el instructor se encontraba en una consola de control externa, donde programaba los ejercicios y evaluaciones. De similar concepción era también el simulador del Director de Tiro SKYGUARD, con ellos los operadores se instruían en la adquisición de los blancos, el seguimiento y el disparo. Es para destacar la valiosa preparación que estos dos simuladores mencionados proporcionaron a los soldados,

149. Fuente: del autor.

lo que se vio plasmado ante la sobresaliente actuación que los hombres de Defensa Antiaérea demostraron en el Conflicto del Atlántico Sur.

Con menor sofisticación, pero no por ello menos efectivo, era el simulador del misil antitanque Cobra. A nivel nacional se puede nombrar el simulador de adiestramiento de conductor de la familia del TAM. También se debería mencionar el área de Aviación de Ejército, con sus simuladores de vuelo de aviones y el más moderno de helicópteros.

Es necesario recordar que Aerolíneas Argentinas supo tener un centro de entrenamiento de pilotos modelo, con la más alta tecnología, con modernos simuladores de vuelo, en funcionamiento en el conocido edificio Catalinas de la zona de Retiro. La capacitación de los pilotos se desarrollaba en el país con los más elevados estándares de capacitación a nivel mundial y también recibía pilotos de otros países y compañías. Durante los años 1992 y 1993, esa gestión vendió tanto equipos como infraestructura y se eliminó así la posibilidad de entrenamiento en el propio país; por lo que se tuvo que recurrir a capacitaciones externas. En la actualidad se puede afirmar que dicha situación ha sido revertida con la creación de CEFEPRA.<sup>150</sup>

Ante la necesidad y la importancia en la materia, a mediados de la década del 90, el Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas de las Fuerzas Armadas (CITEFA), alentado por el Ejército Argentino, concibió la puesta en marcha de un ambicioso plan y estableció un Departamento de Simulación sobre la base de personal con experiencia en trabajos similares. Dotándolo de recursos, medios y personal capacitado, su objetivo y sus misiones apuntan al estudio, análisis y desarrollo de aquellos ingenios que simulan efectos y procedimientos operacionales a fin de incrementar el nivel del personal en el empleo de los distintos sistemas de armas como también en la toma de decisiones.

Como primera fase de investigación y desarrollo, se inició con aquellos sistemas de simulación que permitiesen desarrollar las destrezas del entrenamiento de los combatientes individuales, como son los simuladores de tiro para armas portátiles, tiro antitanque, tiro para cañones de 20 mm, tiro de tanque, *upgrade* de manejo de vehículos blindados y adiestradores tácticos para la práctica de impartición de órdenes, entre otros. Una segunda fase de investigación y desarrollo consistió en experimentar y diseñar novedosos sistemas, tales como simuladores de "duelo", los cuales permiten el entrenamiento de las fracciones de combate en el terreno (entre fracciones de infantería y/o de tanques).

FIG. 2 - SIMULADOR DE TIRO SIMRA II (FIJO Y VERSIÓN TRANSPORTABLE)



150. Centro de Formación y Entrenamiento de Pilotos de la República Argentina

Otro son los Simuladores para Observadores Adelantado, para el tiro de artillería y morteros, que poseen una variada panoplia de escenarios y situaciones; este fue un gran desafío que culminó con éxito y con una gran aceptación por parte de los usuarios; ante nuevos requerimientos, se ha finalizado con su tercera versión, que trabaja con tecnología actual, que le brinda novedosas prestaciones. Además, se disminuyeron considerablemente los costos, lo cual permitió adquirir un número mayor de sistemas.

Similar camino de evolución y crecimiento ha seguido el Centro de Investigación y Desarrollo de Software (CIDESO), dependiente de la Dirección General de Investigación y Desarrollo (DIGID), con su exitoso software de entrenamiento en la toma de decisiones de diferentes niveles de comando, denominado “Batalla Virtual”. Ante su creciente experiencia, ha ido incursionando en otros tipos de desarrollos, interactuando activamente con organismos del Ejército Argentino. También son de destacar las iniciativas y lo producido por grupos de trabajo de otras dependencias con medios técnicos, orientados y apoyados por dicha dirección.

El esfuerzo puesto en estos proyectos ha llevado a una investigación avanzada referida al basamento estructural de todos y cada uno de los sistemas tales como: algoritmos gráficos, registradores, animación, sonido, efectos especiales, sistemas mecánicos, comunicaciones, electro neumático, entre otros.

Todos los desarrollos de sistemas de simulación operan con una tecnología propia, tanto en su hardware como en su software, lo que los pone en una situación de privilegio frente a otros sistemas adquiridos en el extranjero. Al poseer el “*know how*”, se logra desarrollarlos a la medida del cliente y se le brinda un servicio de posventa eficiente en cuanto a su mantenimiento, como así también la oportunidad de actualizarlos en las nacientes tecnologías o nuevas prestaciones que se desarrollen.

**TABLA 1. SISTEMAS DE SIMULACIÓN - DESARROLLOS NACIONALES (UTILIZADOS POR EL EA)**

DESIGNACIÓN	APLICACIÓN	USUARIOS	DESARROLLADOR
Adiestrador Táctico	Destinado a la instrucción y evaluación en la impartición de órdenes, aula con mesa de arena, recreando las condiciones ambientales y de terreno.	Institutos del Ejército Argentino	CITEFA
CONDUCTOR DE TAM	Tipo cabina, destinado al entrenamiento y evaluación del desempeño del conductor de la familia TAM.	Unidades e Institutos del Ejército Argentino	upgrade CITEFA
RELÁMPAGO	Tipo de salón, destinado al entrenamiento y evaluación del desempeño del apuntador de Tanque de 105 milímetros, VCTP cañón 20 mm y Lanza Cohete Antitanque.	Desprogramado reemplazado por SIMRA II	CITEFA
ENTIR	Tipo de salón, destinado al entrenamiento del tirador con armas portátiles.	Desprogramado reemplazado por SIMRA II	CITEFA
SIMRA I	Tipo de salón, destinado al entrenamiento y evaluación del desempeño del apuntador de Tanque 105 milímetros, cañón 20 mm, Lanza Cohete Antitanque y tirador con armas portátiles.	Unidades de Infantería, Caballería e Institutos del Ejército Argentino.	CITEFA
SITAN	Tipo de duelo, destinado a la capacitación de la tripulación en el combate entre tanques.	Prototipo.	CITEFA

CONTINÚA EN PAGINA 106 >

**TABLA1 . SISTEMAS DE SIMULACIÓN - DESARROLLOS NACIONALES (UTILIZADOS POR EL EA)**

DESIGNACIÓN	APLICACIÓN	USUARIOS	DESARROLLADOR
SIMRA II y Transportable	Tipo de salón, destinado al entrenamiento y evaluación del desempeño del tirador con armas portátiles, del apuntador de Tanque de 105 mm, VCTP cañón 20 mm, Lanza Cohete Antitanque. La versión SIMRA II Transportable se lleva en cajas y se arma en 20 minutos.	Unidades de Infantería, Caballería e Institutos del Ejército Argentino. OTRAS: Armada Argentina, Fuerza Aérea Argentina, Policía Federal Argentina, Prefectura Naval Argentina, Gendarmería Nacional, policías provinciales	CITEFA
SISEVALTIR I y II	Tipo de duelo, destinado a la evaluación del desempeño de fracciones de tiradores en el terreno. Versión II posee nueva tecnología y más prestaciones.	Institutos del Ejército Argentino.	CITEFA
SIMOA I y II	Tipo Salón, Simulador para Observador Adelantado, destinada a la capacitación y evaluación del Observador Adelantado en el tiro de Artillería y de Morteros.	Desprogramado reemplazado por SIMOA III	CITEFA
SIMOA III	Tipo Salón, Simulador para Observador Adelantado, destinado a la capacitación y evaluación del Observador Adelantado en el tiro de Artillería y de Morteros. Nueva tecnología y mejores prestaciones.	Unidades del arma de Artillería e Institutos del Ejército Argentino.	CITEDEF
NEONAHUEL I	Tipo cabina, destinado al entrenamiento y evaluación del desempeño de la tripulación de TAM.	Unidades de Caballería e Institutos del Ejército Argentino.	DIGID
NEONAHUEL II	Tipo cabina, destinado al entrenamiento y evaluación del desempeño de la tripulación de TAM. Nueva tecnología, mejores prestaciones y software propio.	Unidades de Caballería e Institutos del Ejército Argentino	DIGID y Software CITEDEF
SITARAN II	Montado sobre el arma, Simulador de Tiro de Artillería Antiaérea, destinado a la capacitación y evaluación de apuntador de Cañón de 20 mm.	Unidades de Artillería, Infantería e Institutos del Ejército Argentino.	DIGID
SITARAN II Sección	Montado sobre el arma, Simulador de Tiro de Artillería Antiaérea, destinado a la capacitación y evaluación de apuntador y nivel Sección de Cañón de 20 mm.	Unidades de Artillería, Infantería e Institutos del Ejército Argentino.	DIGID
BATALLA VIRTUAL	Tipo juego de guerra en red. Simulador destinado a la capacitación y evaluación en la toma de decisiones de los Estados Mayores y niveles inferiores. Puede usar EMERCAT simulador emergencias y catástrofes.	Grandes Unidades de Batalla e Institutos del Ejército Argentino.	DIGID - CIDESO
SIMUPAZ	Tipo en red, simulador destinado a capacitación de Fuerzas para Operaciones de Paz.	Centro Argentino de Entrenamiento Conjunto para Operaciones de Paz	DIGID - CIDESO / CHILE
CRISIS	Tipo en red. Simulador destinado a la capacitación y evaluación en la toma de decisiones en situaciones de emergencias y catástrofes.	Estado Mayor Conjunto y Ministerios.	CITEFA/CITEDEF
SIM SK 105	Montado sobre arma, simulador destinado a la capacitación y evaluación apuntador tiro de Tanque SK 105.	Prototipo en evaluación	DIGID
SIMTIATIC	Tipo salón y exterior. Simulador integrador para Observador Adelantado, Centro de Dirección de Tiro y Sección Piezas, destinado a la capacitación y evaluación del sistema de Tiro de Artillería y Morteros.	En desarrollo	CITEDEF - DIGID

FIG. 3 - SIMULADOR SITARAN II



A diferencia de otros países de Sudamérica que recientemente han optado asociarse con empresas reconocidas internacionalmente en el área de simulación para ir creciendo acompañadas por estas, el Ejército Argentino particularmente ha confiado desde hace tiempo y apostado en los desarrollos nacionales, lo que le ha permitido evolucionar quizás más lentamente, pero con conocimiento sólido, con un futuro de próximos objetivos más complejos, con la certeza de ser alcanzados.

### ALCANCE EN LA ACTUALIDAD

Los sistemas de simulación han encontrado tal inserción y trascendencia en la sociedad que en la actualidad este tipo de herramienta en sus distintas modalidades, se encuentra diseminado y aceptado en gran cantidad de disciplinas. Los individuos y hasta las grandes empresas no conciben prescindir de estos sistemas de simulación, como parte del aprendizaje y la capacitación.

Como ejemplo relevante del uso de la simulación en la ingeniería, se debe mencionar que durante el transcurso del año 2016, un importante grupo europeo de Industria para la Defensa, con amplia experiencia en el área de simulación militar, se adjudicó contratos por valor de 250 millones de euros para construir (en tres años) y operar (por el lapso de doce años) un “Centro de Adiestramiento en Procesos de Producción” (CAPP), para la formación inicial y avanzada del personal de la plataforma de petróleo y gas, de un país centroamericano. Este Centro preparará a sus empleados con simuladores del estado de la técnica para la producción y procesamiento de petróleo y gas, además contará con simuladores de misión completa para grúas y modelos a escala de equipos de producción de petróleo, junto con laboratorios, aulas e instalaciones de aprendizaje y se estima que a partir de 2019, alrededor de un millar de operarios será sometido al entrenamiento en dicho centro cada año.

Otra área de interés que ha incursionado con la simulación es la medicina, ámbito en el que principalmente es utilizada para la enseñanza, planteándose la necesidad de evitar errores médicos mediante una mejora en la formación. Además, es indispensable garantizar la seguridad y la intimidad de los pacientes durante el proceso de aprendizaje, lo que se convierte en una exigencia ética. La variedad de simuladores que existe en la medicina es muy amplia y variada, partiendo de los simples maniqués básicos, hasta llegar a simuladores de paciente completo interactivo realístico y de alta tecnología. Pero lo que nos hace entender su importancia, ante este nuevo paradigma de la educación médica basada en la simulación, es la conformación de los grandes “Centros de Simulación y Laboratorios de Habilidades Clínicas” tal es el caso de MRS “The Israel Center for Medical Simulation”<sup>151</sup>, líder internacional en el campo de la simulación médica, fundado en 2001 permitiendo en la actualidad la formación de más de 7000 profesionales de la salud cada año. Existe una gran cantidad de centros similares y de menor envergadura en el mundo, aproximadamente<sup>152</sup> 1430 de los cuales 1000 son de Estados Unidos y Canadá.

151. MSR.(s.f.). <http://www.msr.org.il>

152. BMSC.(s.f.). [http://www.bmsc.co.uk/sim\\_database/centres\\_europe.htm](http://www.bmsc.co.uk/sim_database/centres_europe.htm)

Esta misma concepción, de concentración en grandes centros de entrenamiento basados en la simulación, es una modalidad que vienen adoptando ya hace tiempo los ejércitos de las principales potencias. Un grupo de industria para la defensa europea tiene la experiencia de haber implementado uno similar en Alemania, en la localidad de Altmark, el “Centro de Entrenamiento de Combate de Alemania” (Gefechtsübungszenrum Heer)<sup>153</sup>, modelo en su tipo. El objetivo es la formación y evaluación de las Brigadas de Infantería Mecanizada, Blindadas reforzadas o toda fuerza que deba prepararse para ser empeñada en algún Teatro de Operaciones particular. Un principio de seguimiento con registro electrónico de las actividades de cada individuo le asegurará su formación exitosa, su entrenamiento avanza, pasando por diferentes etapas y grados tanto de capacitación como de evaluación, asistidos con distintos tipos de sistemas de simulación, a fin de ir sumando e integrando las diferentes fracciones, hasta llegar al objetivo final que será la participación de ejercicios en el terreno con Simuladores de Duelo con Láser. Las unidades y formaciones durante los ejercicios de

combate en vivo con simulación pueden ser entrenadas en las operaciones militares, desde el soldado individual hasta el comandante, mediante redes de comunicaciones y filmaciones, para lo cual se realiza un seguimiento pormenorizado en tiempo real de todas las acciones que se desarrollen, para que luego de varias semanas de entrenamientos y evaluaciones, cada Brigada que pase por el centro formación, lo haga obteniendo una certificación del nivel alcanzado.

FIG. 4 - PREPARACIÓN DE BLINDADOS PARA SIMULACIÓN EN VIVO CON SISTEMAS LÁSER . CENTRO DE ENTRENAMIENTO DE COMBATE DE ALEMANIA



Los grandes centros agrupados con todas las variantes de sistemas de simulación, con personal capacitado, con planes y programas de entrenamiento y evaluación estructurados, resultan ser la tendencia en diferentes áreas como hemos visto en los ejemplos. De esta manera, nada nos queda para dudar de la importancia que le da el mundo moderno al área de simulación.

### LA EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Como ya mencionamos, se reconoce como el primer simulador de vuelo el llamado “Link Trainer”, que solo simulaba movimientos mecánicos y luego se le incorporaron instrumentos de vuelo y control, este fue usado por los pilotos durante la Segunda Guerra Mundial, en 1940 se introdujeron las computadoras analógicas, que fueron utilizadas para resolver las ecuaciones de vuelo, lo que dio lugar a los primeros simuladores modernos electrónicos.

153. Heer.(s.f.), <http://www.deutschesheer.de/>

154. Fuente: Rheinmetall Defence

En 1948, Curtiss-Wright<sup>155</sup> (empresa que aún se encuentra en actividad), desarrolló un simulador para el Stratocruiser de Pan American, el primer simulador de vuelo completo utilizado por una aerolínea, aunque no se habían simulado movimiento ni vistas exteriores, la cabina entera y sus instrumentos fueron bien logrados, así que los usuarios lo percibieron muy efectivo.

El alto beneficio que trae aparejado obtener mayor seguridad aérea con el entrenamiento de los pilotos llevó a que las aerolíneas invirtieran en simuladores de vuelo, es por ello que estos siempre fueron a la vanguardia obteniendo nuevos y más modernos sistemas a medida que evolucionaba la tecnología.

Silicon Graphics International, o históricamente conocida como Sistemas Computacionales Silicon Graphics (SGCS), desarrolló hardware y software de computadoras, comenzó como fabricante de terminales gráficas, se introdujo, entre otros, en el área de simulación, permitiendo mayor velocidad de procesamiento y mejorando los efectos visuales, pero estos sistemas, por sus elevados costos y sus sistemas operativos exclusivos, eran privativos para las grandes empresas u organizaciones. Pero con la evolución de la electrónica y con ello el advenimiento de Computadoras Personales (PC), lo que era privativo de algunos dejó de serlo para llegar al público en general, permitiendo que aquellos con escasos recursos pudiesen incursionar en el mundo de la programación.

La incursión y el aumento de jóvenes desarrolladores repercutió en una avalancha de diferentes tipos de juegos, a los cuales hay que darles un singular protagonismo, en ellos se combinan computación gráfica, teoría de juegos, tácticas militares, interfaz hombre máquina y otros ingenios, para llevar a que estos sean realmente atractivos para el público.

Una muestra de ello es la “Conferencia de Desarrolladores de Juegos”<sup>156</sup> (GDC), que es la mayor reunión anual de profesionales desarrolladores de videos juegos, centrada en el aprendizaje, la inspiración y la creación de redes. Dicho evento incluye exposiciones, conferencias, mesas redondas y otros, realizadas por profesionales de la industria sobre temas relacionados con la programación, diseño, audio, producción comercial y de gestión de las artes visuales. Como este existen otros tipos de eventos relacionados en todo el mundo, sin poder de dejar de mencionar los Juegos Olímpicos de Río de Janeiro, con algo poco ortodoxo como fueron los “eGames Olímpicos”; si esto fue una iniciativa como prueba, ¿qué se podrá esperar para Tokio Japón 2020?

Cabe recalcar que las nuevas generaciones de las Fuerzas Armadas, íntimamente familiarizadas con la tecnología, son propensas a los video juegos, muchos de ellos ligados con, por ejemplo, las tácticas, las estrategias, simuladores de vuelos, de blindados, incluso algunos tan logrados que han pasado a integrar indirectamente la formación personal, en la adquisición de destrezas o conocimientos relacionados con el arte de la guerra, inclusive desde muy temprana edad.

Si bien los videos juegos no son parte que atañe a este trabajo, queda claro que con estos y otros ejemplos se quiere poner de manifiesto, la masividad que adquirió este tipo de tecnología, participando con un papel significativo, acompañando e incluso promoviendo el avance de los sistemas de simulación de uso militar.

Según el Coronel Benjamin Solomon<sup>157</sup>, “el adiestramiento del cerebro es la puerta de entrada para mejorar la disponibilidad, el rendimiento y el poder mental”. En la conferencia en

155. Curtiss Wright, (s.f.). <http://www.curtisswright.com>

156. Conferencia desarrolladores de videojuegos. (2016). <http://www.conferenciasvj.com.ar>

157. Coronel B Solomon: neurólogo y director del programa de salud del cerebro de la Oficina de Cirugía General del Ejército.

la National Defense Industrial Association dijo: "A medida que evolucionan las tácticas, las pequeñas unidades actúan de forma más independiente en el campo de batalla, por lo que adquieren mayor responsabilidad al tener que tomar más decisiones de forma independiente. En estas condiciones el rendimiento cognitivo será tan importante al menos como las tecnologías". Con ello toma significativa importancia el entrenamiento del individuo, para razonar y crear ante situaciones inesperadas; el concepto de *brain training*, será tema a investigar para lograr mejores resultados con nuevas tecnologías de entrenamiento sobre el cerebro.

La medicina asociada con el estudio del análisis de señales permite que mediante sensores, las ondas cerebrales y la implementación de la estimulación neuronal directa al cerebro, tenga la novedad de alcanzar la interacción con las sensaciones y los sentimientos del individuo.

Mediante dispositivos capaces de interpretar los mensajes enviados por el cerebro, se podrá conocer el estado en que se encuentra el individuo en determinadas circunstancias, en un importante número de expresiones o estados de ánimos, tales como la ansiedad, la calma, la frustración, el miedo, la excitación, entre otros, como así también de la misma forma se podrán generar en él, diferentes sensaciones. Será así que mediante esta comunicación entre el hombre, que por intermedio de sus ondas cerebrales podrá llegar a los dispositivos que procesarán estas señales, se conseguirá una evaluación aún más minuciosa al conocer sus acciones o reacciones, ante diferentes estímulos que por este medio también podrán ser introducidos.

En su momento muchos profesionales expertos tiradores se veían reticentes a utilizar simuladores de tiro, porque manifestaban la necesidad de sentir el "olor a pólvora" para motivarse, esto se creía un simple dicho. Sin embargo, recientes estudios han revelado que al quitarle el olor particular de los disparos, como ocurre en el campo virtual, la puntería puede disminuir su efectividad. Es por ello que la simulación busca con el avance de la tecnología, lograr asemejarse a la realidad y mediante estas técnicas será posible introducir cada vez más sensaciones, a fin de lograr una inmersión total en los sistemas de simulación.

Los sistemas de simulación naturalmente apuntan a ser escalables, ampliarse cada vez más, conformando grandes redes que permitan interactuar con sistemas que sean de características y tipos distintos, que se encuentren en zonas alejadas unos de otros, ejercitando todos al mismo tiempo, para lo cual será necesario desarrollar "sistemas de sistemas", los cuales deberán correr sobre plataformas compuestas por hardware y software suficientemente complejas, que permitan atender y entender los requerimientos de cada uno de los sistemas que participen.

Los retos tecnológicos serán transcendentales: no solo se deberá lograr operar dentro de las Fuerzas Armadas, sino que las ejercitaciones tendrán que permitir actuar con las Fuerzas de Seguridad, organizaciones civiles e incluso con países extranjeros.

Los objetivos técnicos estarán dados en el desarrollo de interfaces y protocolos de comunicaciones, que sean compatibles para conseguir integrar los diferentes niveles de entrenamiento asociados a las disímiles características de cada uno de los sistemas de simulación. Las grandes potencias están encaminadas a fijar políticas en esa dirección.

## **NECESIDAD DE CONTINUAR AVANZANDO**

Los sistemas de simulación constituyen una inestimable herramienta para el entrenamiento de combate, cuya importancia, eficacia y valor no siempre fueron adecuadamente dimensionados, con el paso del tiempo se ha percibido la necesidad de evolucionar en su utilización en forma progresiva y lograr una toma de conciencia real en todos los usuarios.

Dicha herramienta creada y operada por el hombre presenta serios inconvenientes que se derivan de su incorrecta utilización. Para minimizar esta falencia, es necesario perfeccionar

y optimizar la dirección y el empleo. Los ejecutores no deben estar capacitados solamente en la manipulación idónea de los sistemas, sino que también deben poseer el detallado conocimiento técnico y táctico de aquellos ejercicios o evaluaciones que se ejecuten.

Con una buena selección y capacitación del personal que deba conducir la simulación se logrará explotar toda la capacidad que posibilitan esos sistemas, para no permitir que determinados equipos se conviertan en obsoletos en forma temprana y optimizar su empleo. También se evitará que el uso excesivo de los sistemas tenga consecuencias negativas en la instrucción y se minimizarán los defectos y maximizarán las ventajas de los sistemas. Otros aspectos a tener en cuenta serán no emplear los sistemas en forma distinta a la finalidad para la que fueron diseñados, no considerar a la máquina como un sistema infalible, pretendiendo aún más de lo que se pueda alcanzar.

Inquestionablemente, un sistema relativamente eficiente se podrá convertir en uno más o menos valioso, según la capacidad e idoneidad de su operador. De ello se concluye que, al final del camino, siempre es el individuo el que obtiene el mayor rendimiento de la sofisticada maquinaria.

Se entregaron más de un centenar de sistemas de simulación y se encuentran en funcionamiento en el Ejército Argentino. Es necesario que sean mantenidos en servicio y al mismo tiempo puedan evolucionar en nuevas y más completas versiones, acordes con el crecimiento de la tecnología.

Por esta razón es que debemos concentrar aún más el principal potencial que tienen estos sistemas que es el personal, tanto aquellos Oficiales y Suboficiales que poseen mayor experiencia en la implementación y uso de los mismos, como así también los técnicos e ingenieros desarrolladores, para lo cual es conveniente que sean agrupados en organizaciones, a fin de lograr el máximo rendimiento y aprovechamiento de los recursos.

En el planteo de medidas globales para encarar “la simulación” dentro del Ejército y como idea proyecto, se propone formular la conformación de un “Centro de Entrenamiento Asistido con Simulación”, el cual podría encontrar su basamento en el actual Centro de Educación Operacional “Duque de Caxias”. Como soporte asociado a dicho centro y otros organismos relacionados, se podría ampliar lo ya existente para el desarrollo de sistemas de simulación y congregarse al personal que posea conocimiento y experiencia, lo cual permitirá fijar políticas de desarrollo, capacitación, mantenimiento y otras incumbencias que se puedan determinar.

## **CONCLUSIONES**

La preocupación por el medio ambiente que existe en todo el mundo, la adquisición de armamento cuyas zonas de seguridad no se ajustan a los campos de tiro existentes y la reducción del presupuesto en los ejércitos, son causas valederas que limitan los “ejercicios a escala real”. El riesgo actual radica en que las unidades militares tiendan a estar más tiempo en los cuarteles donde el entrenamiento es repetitivo, no realista y tedioso. Para sostener los niveles de eficacia operacional hay que proporcionar a los oficiales, suboficiales y a la tropa una oportunidad de entrenarse para el combate; los sistemas de simulación, conjuntamente con los centros de entrenamientos asistidos con simulación, en donde se realizan ejercicios en vivo mediante sistemas de duelo con láseres, otorgan al soldado un elevado nivel en su adiestramiento.

Teniendo en cuenta que el mejor apoyo para el entrenamiento es el propio material sobre el que opera el soldado, los sistemas de simulación han de ser una réplica del entorno, tan auténtico como sea posible. Si bien todavía no se ha logrado representar una completa acción de

guerra y lo que ella genera, se sabe que la tecnología actual representa niveles de veracidad asombrosos, los cuales irán incrementándose con nuevos desarrollos.

La simulación no puede ser usada como único método y menos en forma indiscriminada, jamás sustituirá al entrenamiento real, sino que es complementaria. No obstante, utilizada con personal idóneo y adecuadamente conducida, es una herramienta de inconmensurable valor en el entrenamiento individual, fracciones de combate y niveles superiores.

Los futuros desafíos serán incursionar en los más complejos sistemas de simulación que se avecinan, incorporando a los equipos de trabajo nuevas especialidades de profesionales, a fin de compartir conocimientos que permitan el desarrollo de metodologías de educación mancomunadas a los avances tecnológicos, para lograr la interrelación con redes en vivo con todos los niveles de entrenamiento.

Si bien se ha dicho que la aplicación de los sistemas de simulación no es un fundamento valioso para la disminución de los gastos requeridos para las ejercitaciones militares a escala real, ellos hacen un aporte muy importante para la optimización del empleo de los recursos operativos disponibles, es por ello que la inversión en los sistemas de simulación debe ser prioritaria, para acompañar en el entrenamiento eficiente del soldado moderno.

(\*) **José Alberto Guglielmone:** Coronel de Artillería (R); Ingeniero en Sistemas de Armas Electrónicas (Instituto Universitario del Ejército / Escuela Superior Técnica); Posgrado en Criptografía y Seguridad Teleinformática (Instituto Universitario del Ejército / Escuela Superior Técnica); Docente Investigador (Ministerio de Educación) Miembro COPITEC. Se desempeñó en la recepción de materiales y proyectos de Defensa Antiaérea con la fábrica Suiza Oerlikon; como Secretario de Investigación de la Escuela Superior Técnica; en el Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa, como Jefe del Departamento de Control Guiado y Simulación, Gerente de Tecnología e Innovación y Director de Proyectos. Docente Universitario de la Facultad de Ingeniería del Ejército (Escuela Superior Técnica) y de la Universidad de Palermo. Participa en proyectos en el Centro de Investigación de Desarrollo de Software del Ejército y Analista del CEPTM "Grl MOSCONI".

## 6. AUTOMOTORES

### 6.1

# Estudio comparado sobre orugas y ruedas

Por el Coronel Mayor Ingeniero Militar Hector Anfuso

#### INTRODUCCIÓN:

Se hace insoslayable, antes de abordar las variables a considerar para la elección de una plataforma configurable como sistema de armas Tanque, destacar que los diez tanques top del mundo tienen su movilidad configurada a oruga. Top 1: Armata T14 (Nueva generación de tanques Rusos), Top 2: Leopard 2A6/2E (Alemania), Top 3: Abrams M1A2 (EE UU), Top 4: Challenger 2 (Inglaterra), Top 5: Leclerc AMX 56 (Francia), Top 6: T:90 MS (Federación Rusa), Top 7: Mercava Mark 4 (Israel), Top 8: Black Panther K2 (Corea del Sur), Top 9: Tipo 10 (Japón), Top 10: Tipo 99 (China).

Las orugas forman un cinturón flexible, constituido por un conjunto de eslabones rígidos unidos unos a otros fuertemente. La superficie de contacto queda determinada por el número de eslabones que, en un instante dado se encuentran en contacto con el terreno; con el aumento de esta superficie se logrará una mejor distribución del peso del vehículo, efecto que se traduce en menor presión específica<sup>158</sup>. La disminución de la presión por unidad de superficie encontrará un límite, que dependerá de la capacidad para salvar pendientes que se requiera y de la fuerza de rozamiento mínima necesaria para que el vehículo no resbale al subir pendientes. Se debe tener presente que esta fuerza es función del coeficiente de rozamiento y el peso. A manera de ejemplo, un automóvil de dos toneladas ejerce sobre el suelo una presión de 207 kilopascales, mientras que las 70 toneladas del Tanque M1 Abrams ejercen una presión de 103 kilopascales. Esta relación permite comprender por qué un vehículo a orugas no se hunde en el terreno, mientras que un vehículo a ruedas sí, hasta impedir su avance en aquellos casos en que la panza entra en contacto con el suelo.

#### DESARROLLO:

Un abordaje descriptivo al estudio resulta de suponer que un vehículo a oruga se desplaza sobre sus bogies, como un vehículo a ruedas lo hace sobre sus neumáticos, la diferencia radica en que bogies ruedan sobre una superficie que se supone indeformable, depositada a manera de cinta en el terreno, las orugas. Mientras que las ruedas, en contacto directo con el terreno<sup>159</sup>, se hundieron debido a la mayor presión específica que ejercen. Este hundimiento es

<sup>158</sup>. Presión por unidad de superficie

<sup>159</sup>. Definimos al terreno como una porción de espacio, de tierra o corteza terrestre con distintos tipos de relieves, donde no existe construcción. Mientras, que el suelo es la capa superficial de la corteza terrestre, formado por compuestos orgánicos y minerales.

función del peso del vehículo, el ancho de la rueda, el número de ruedas, la deformación de los neumáticos, la deformación del suelo, la superficie en contacto, la conformación del suelo en relación con su contenido de humedad, arcilla, arena, etc.

¿Qué sucede en el vehículo? el motor entrega potencia (expresada en CV<sup>160</sup>, en HP<sup>161</sup> o en Kw<sup>162</sup>), relacionando el trabajo realizado con la unidad de tiempo que se calcula haciendo el producto de la fuerza por la velocidad. Simultáneamente se obtiene un par motor o torque (expresado en Kgm<sup>163</sup> o en Nm<sup>164</sup>), resultado del producto entre la fuerza tangencial y el radio de giro. Ambos conceptos se relacionan y son función del régimen de funcionamiento del motor o el número de vueltas por minuto.

### **Consideraciones energéticas:**

La absorción de potencia para vencer las resistencias al avance que el terreno opone al desplazamiento del vehículo será mayor en los vehículos a rueda; traduciéndose en una menor capacidad de tiro. En la práctica se sabe que en los trabajos de tracción en el terreno difícilmente se consigan rendimientos superiores al 60 por ciento en relación con la potencia que genera el motor. Este alto porcentaje de pérdidas se debe a dos causas fundamentalmente:

**Pérdidas por rodadura:** proceden del esfuerzo que tiene que realizar un vehículo para desplazarse a través de sus orugas o ruedas, salvando las deformaciones que se producen en el terreno por interacción entre las superficies de contacto.

**Pérdidas por resbalamiento**<sup>165</sup>: se relacionan con el hecho de que las orugas o ruedas giren sin avanzar, o cuando el avance no se corresponde con la longitud de la circunferencia externa de la rueda, sea un neumático o la rueda tractora de un sistema a oruga. El resbalamiento se explica por la interacción de dos fuerzas: la fuerza de descohesión y la fuerza de rozamiento. La primera vence la cohesión que mantiene unidas a las partículas del suelo y la segunda se relaciona con el rozamiento entre partículas sueltas. Esta pérdida puede estimarse como la diferencia entre la velocidad teórica y la velocidad práctica o real, en porcentaje de la velocidad teórica. Mediante experiencias, se ha determinado que la fuerza de cohesión tiene preponderancia en los suelos arcillosos, mientras que la fuerza de rozamiento tiene mayor incidencia en los suelos arenosos.

**La Fuerza de rodadura:** se opone al movimiento de una oruga o rueda por efecto de la deformación del terreno. En ruedas debe considerar la deformación a causa de la presión mutua en las superficies de contacto, mientras que en las orugas solo se tiene en cuenta la deformación del terreno. Su valor depende, entre otros factores, del peso del vehículo, tipo y estado del terreno, tipo de la base de rodadura (oruga o rueda); para los sistemas a rueda, el diámetro y presión de los neumáticos. El valor de esta fuerza que se opone al movimiento se puede obtener multiplicando el peso del vehículo por un coeficiente denominado "Coeficiente de Rodadura".

**Fuerza de tracción:** es el resultado de la diferencia entre la fuerza periférica que llega a la rueda (depende del par y el radio de giro) y la fuerza de rodadura. Los valores de la fuerza de tracción varían frente a los mismos factores que afectan a la fuerza de rodadura.

160. Caballos vapor

161. Horsepower

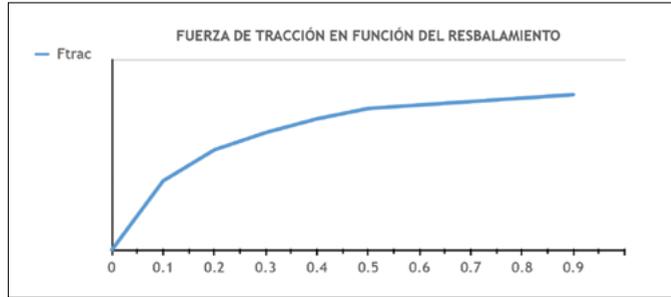
162. Kilowatt

163. Kilogrametros

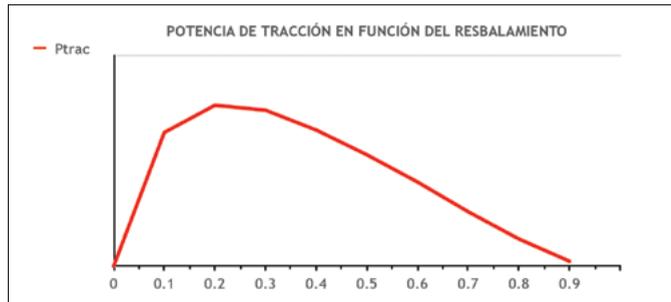
164. Newtonmetros

165. También conocidas como pérdidas por patinamiento.

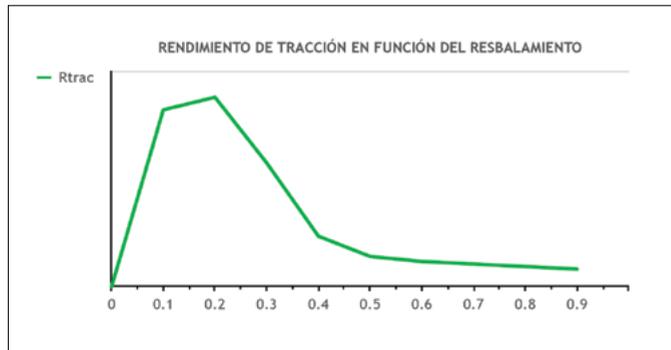
En relación con el resbalamiento, la fuerza de tracción tiende a mantenerse constante según este crece; y la potencia de tracción puesta en juego por el motor. Esta respuesta puede observarse en la gráfica siguiente.



**La potencia de tracción:** está definida por el producto entre la fuerza de tracción y la velocidad efectiva o real que desarrolla el vehículo. La potencia de tracción también es afectada por el resbalamiento, según los valores que pueda tomar el coeficiente de rozamiento, alcanzando un máximo para luego decrecer.



**El rendimiento en tracción:** se expresa como la relación entre la potencia de tracción que llega a las ruedas y la potencia de tracción que llega a los ejes. Si se lo presenta en función del resbalamiento, se puede comprobar que el valor es máximo para los niveles en que es máxima la potencia de tracción.



Generalmente, para las velocidades más frecuentes y en condiciones normales de empleo, el valor medio expresado en porcentaje de la potencia del motor, necesario para vencer la fuerza de rodadura o resistencia al avance, está comprendido entre un cinco y quince por ciento, en orugas y ruedas. Y la potencia media absorbida por resbalamiento, en los vehículos a oruga oscila entre el cinco y diez por ciento y en vehículos a ruedas alcanza valores medios de entre el doce y veinte por ciento.

En consecuencia, para vehículos de igual peso que se desplazan en terrenos con las mismas características, aquellos que posean orugas requerirán menos potencia que los que posean ruedas.

Luego, el empleo de orugas permitirá mejorar la transmisión de energía y bajar el centro de gravedad del tanque, lo que se traduce en mayor estabilidad frente al posible vuelco; a lo que se suma la posibilidad de salvar terrenos con mayor pendiente. Estos factores mejoran las condiciones en que se realiza el tiro de combate; por lo que optimizará la eficacia.

Asimismo, se deja constancia de que no se abordaron para el análisis consideraciones medio ambientales, ni el efecto de compactación del suelo. No obstante, el empleo de orugas en tractores debido al menor consumo de energía reduce la contaminación y el menor peso específico contribuye a una menor compactación del suelo, lo que favorece la preservación de las tierras de cultivo, con incidencia favorable sobre la productividad. Este aspecto desempeña un rol semejante al de la eficacia en el tiro de combate.

### Consideraciones económicas:

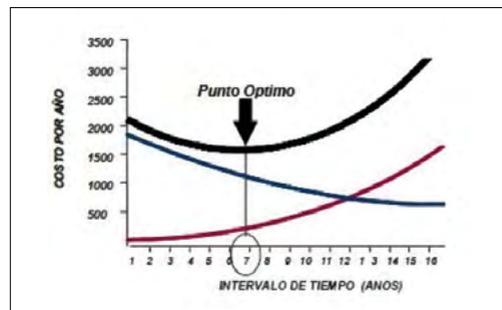
No se realizan consideraciones sobre el costo de adquisición, puesto que en los sistemas de armas son varios y diversos los factores que intervienen.

En general se debe tener presente que el costo de mantenimiento es al vehículo lo que el costo de la munición es al sistema de armas y/o el costo del cartucho es al costo de una impresora. Razón por la cual se propone analizar comparativamente para vehículos a oruga y rueda el costo de mantenimiento.

Para vehículos a oruga se estima que entre el quince y veinte por ciento de su valor de producción es afectado al tren de rodaje, mientras que alrededor del cincuenta por ciento de este es lo que se afectará al mantenimiento a lo largo de su vida útil.

Tomando como supuesto igual kilometraje recorrido y una misma superficie, los vehículos blindados sobre ruedas tienen un costo de mantenimiento bastante menor que las orugas. Es la causa por la que todo sistema de armas tipo tanque debe tener incorporado un transportador.

No se puede soslayar que existen costos ocultos, como el deterioro de las rutas por deformación de las capas asfálticas, dado que en la mayoría de los vehículos de combate a rueda el peso por eje suele ser mayor al permitido en rutas nacionales y provinciales.



### Consideraciones operativas:

Para evaluar una plataforma tipo tanque donde montar un sistema de armas, se proponen las siguientes variables independientes a ser consideradas para definir el sistema de tracción a emplear:

1. La **confiabilidad**: en los sistemas de armas se define como la probabilidad, que tiene un tirador, tripulación o servicio de piezas instruido, de colocar fuera de combate al blanco para el cual fue diseñada su arma principal (para el tanque, otro tanque), con el primer disparo; suponiendo se cumplen las condiciones de empleo para las cuales se concibió el sistema de armas.

A los efectos del cálculo de confiabilidad no se consideró la probabilidad de falla durante la marcha, toda vez que se suponen ejecutados, según indicaciones del fabricante, los mantenimientos predictivos, preventivos y correctivos.

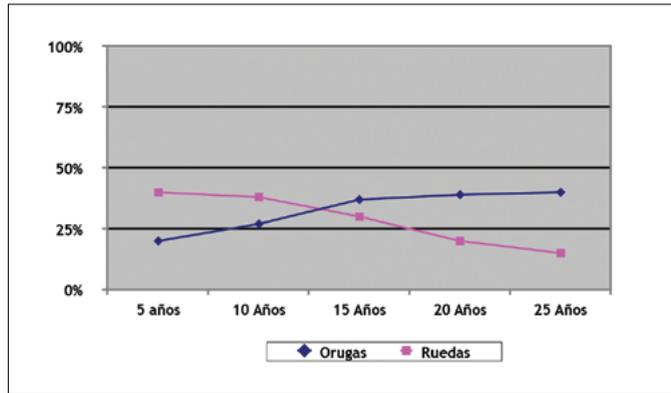
En otros términos, la confiabilidad es la probabilidad de que un sistema cumpla la función prevista sin fallas por un período previamente especificado y bajo condiciones establecidas. Un análisis de la confiabilidad en un sistema incluye la realización de diversos ensayos, para determinar cuán confiable es. Realizados estos ensayos, es posible determi-

nar los efectos que sobre las prestaciones tienen el mantenimiento, las mejoras y otros que deben efectuarse al diseño para incrementar la confiabilidad.

Para determinar la confiabilidad, se analizan los componentes de un producto o de un sistema, buscando predecir la frecuencia con la cual fallará el producto o el sistema, los cálculos permiten definir la confiabilidad del producto o sistema, el porcentaje de fallas y el tiempo medio de buen funcionamiento.

2. La **disponibilidad**: definida como el porcentaje de vehículos con el que se puede contar en condiciones de operar en un determinado momento; aumenta según se incrementa la inversión en mantenimiento. Luego, debemos tener en cuenta que a igual inversión en mantenimiento la disponibilidad será mayor para los vehículos a rueda, en el corto y mediano plazo. En tanto que, en el largo y muy largo plazo, los bajos presupuestos de mantenimiento favorecerán las orugas.

Es la fracción del tiempo que un sistema satisface su especificación, o la probabilidad de que el sistema sea operacional en un instante dado de tiempo.



3. La **distancia eficaz de intervención**: es aquella a la cual se dispara con una probabilidad de impacto igual o mayor al cincuenta por ciento, con el primer disparo. Esta variable, toda vez que los sistemas electrónicos han resuelto sobre la detección de un blanco más allá de lo que el ojo humano puede ver, debe maximizarse. Un aumento de la distancia de intervención implica, para vehículos con cañones de tiro tendido, un incremento en las velocidades iniciales de los proyectiles; creciendo necesariamente el peso del vehículo, a efectos de que el tanque no vuelque durante el disparo. Resumiendo, incrementos en la distancia a la que dispara un tanque implican mayor velocidad inicial, igual a mayor energía involucrada. La carrera movilidad versus blindaje la ganó el blindaje.
4. La **movilidad**: se maximiza con distintas variables según sea considerada en la dimensión táctica o estratégica. En la primera, la transitabilidad (definida como la capacidad para desplazarse en terrenos blandos y discontinuos) se impone como variable de decisión; mientras que en la segunda la velocidad será la variable que la maximice. Debe tenerse en cuenta que las orugas sobre carretones, aumentarán su velocidad, en tanto que las ruedas están limitadas para aumentar la capacidad de tránsito en todo terreno.

Existen **otras variables** como potencia de fuego, capacidad de vadeo, franqueo de obstáculos, maniobrabilidad y agilidad, entre otros, que son dependientes de las anteriormente enunciadas (cualquier vehículo puede superar cualquier obstáculo si se lo diseña suficientemente grande y potente).

### Consideraciones finales:

Nadie puede negar que la movilidad táctica del vehículo blindado clásico sobre orugas es

difícil de superar por más avances que se vayan produciendo en cuanto al tren de rodaje, suspensiones, amortiguación y dirección. Especialmente en cuanto se refiera a aquellos vehículos de más de 30 toneladas.

A pesar de todo, considero que las orugas son complementarias. Grandes unidades de combate con vehículos sobre ruedas, servirían para ganar espacio y tiempo, demorando y encauzando el avance del enemigo, y creando así las condiciones favorables para que los vehículos sobre orugas lo destruyan. Los vehículos sobre ruedas se trasladarían por sus propios medios a largas distancias a efectos de llegar pronto para evitar avances enemigos. Los vehículos sobre orugas se trasladarían sobre carretones hasta las zonas de espera. Ambos sistemas de rodamientos serían complementarios. Ninguno debería prevalecer.

## 6.2

# ESTUDIO DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA SOBRE VEHÍCULOS AUTÓNOMOS TERRESTRES DE EMPLEO MILITAR

Por el Sr Facundo Carlo Pattarone\*

Alumno de tercer año de Ingeniería Mecánica (Especialidad Automotores)

## Resumen

En este trabajo se presenta un resumen del estado del arte de los vehículos autónomos terrestres de empleo militar, con el objetivo de ilustrar al lector acerca de los aspectos conceptuales básicos que involucra el desarrollo de estos ingenios mecánicos, de gran proliferación en las últimas décadas. Se describen los conceptos básicos de autonomía para este tipo de sistemas, explicando sus diferentes niveles, aplicables a vehículos terrestres de empleo militar. Se presentan los principales antecedentes históricos y la evolución de las innovaciones tecnológicas que impulsan un importante mercado potencial, motivado por la diversidad de los campos de aplicación de este tipo de sistemas.

Asimismo, este trabajo tiene como objetivo interesar al lector en aspectos básicos de esta temática y ampliar su conocimiento acerca de los proyectos en curso, tecnologías actuales, los diferentes tipos de vehículos autónomos terrestres de empleo militar, sus principales campos de aplicación, así como nociones básicas acerca de sus componentes y funcionamiento.

## 1. Introducción

El primer antecedente de lo que podríamos considerar un vehículo autónomo, se remonta a octubre de 1921, un auto a radiocontrol publicado en la revista RCA's World Wide Wireless<sup>166</sup>. El auto no estaba tripulado y era comandado con un rudimentario sistema de radiocontrol.

En 1930, la Unión Soviética desarrolló el TELETANK, un tanque de guerra controlado por radio desde otro blindado, usado durante la Segunda Guerra Mundial, en la Guerra de Invierno contra Finlandia.

También durante la Segunda Guerra Mundial, los británicos desarrollaron una versión a radio control de su tanque de infantería MATILDA II<sup>167</sup>, conocido como "Black Prince".

166. *Radio Controlled Cars [Automóviles controlados por radio]*, (1921), World Wide Wireless. Recuperado el 20 de mayo de 2016.

167. *Fletcher Matilda Infantry Tank 1938-45 (New Vanguard 8)*. Oxford: Osprey Publishing pág. 40.

Alrededor de 1942, los alemanes emplearon, con el concepto de arma guiada explosiva, un pequeño tanque comandado mediante un cable que tenía la capacidad de transportar hasta 60 kilos de explosivos.

Todos estos desarrollos precursores nos resultan de utilidad como antecedentes históricos, pero es recién en el año 1960, cuando DARPA<sup>168</sup> crea su vehículo autónomo terrestre, el SHAKY, que podemos considerar marca el punto de partida tecnológico de los proyectos posteriores. Se trataba de una plataforma con ruedas comandada, poseía cámara de video, sensores y computadora.

Este resumen cronológico de los desarrollos relacionados con la aplicación del concepto de autonomía, nos permite afirmar que hace más de cincuenta años que se llevan adelante proyectos de plataformas terrestres relativamente autónomas y que resultan capaces de portar sensores u otro tipo de sistemas.

Pero antes de avanzar en el concepto de “vehículo autónomo”, es conveniente definir “Autonomía”. Si bien existen varias definiciones posibles, podemos decir que “autonomía es la capacidad que tiene un objeto o sistema para tomar decisiones según su criterio con independencia, sin intervención humana<sup>169</sup>”. Esto es una verdad parcial, ya que obviamente los objetos no son racionales, pues hasta el más común de los sistemas ABS (*anti-lock block system*) de rueda, a pesar de disponer de software, sensores y actuadores, no es totalmente independiente, sino que cumple una función específica en función de la situación planteada.

Para el caso de los vehículos autónomos, existen distintos tipos de autonomía. Se pueden clasificar en: controlados remotamente, semiautónomos y autónomos.

Un vehículo controlado remotamente dispone siempre de un operador, por lo que el vehículo no tiene ningún grado de libertad. El ejemplo más común es un vehículo manejado a control remoto, mediante ondas de radio o por cable.

Cuando nos referimos a los vehículos semiautónomos y autónomos, es de vital importancia analizar la tarea asignada a los mismos y el nivel de riesgo a los que se someten. Es decir, si la tarea es desactivar un explosivo o transitar sobre una ruta específica, si bien en ambas el grado de riesgo es muy diferente, el nivel de autonomía requerido no presenta tantas diferencias.

Un vehículo semiautónomo necesita de cierto nivel de intervención humana y su autonomía se limita a la ejecución de funciones relativamente simples, tales como transitar una ruta conocida a partir de cartografía predeterminada, con el auxilio de sistemas GPS u otros, sin necesidad de sensar el medio, o seguir la trayectoria predeterminada de otro móvil guía.

Para que un vehículo sea totalmente autónomo, este debe ser capaz de cumplir con ciertos requisitos específicos:

- 1) *sensar* continuamente información sobre el medio que lo rodea,
- 2) poder ejecutar las misiones y acciones preestablecidas, durante largos periodos de tiempo y sin intervención humana,
- 3) disponer de sistemas de control que le permitan evitar o minimizar daños colaterales no deseados,
- 4) disponer de un sistema de control integral que sea capaz de interconectar las funciones básicas de la plataforma, con los sensores y sistemas que corresponda, para cumplir con

168. DARPA: *Defense Advanced Research Projects Agency*.

169. Scharre, P. y Horowitz, M., (s.f.), *An introduction to autonomy in weapons systems [Introducción a la autonomía de sistemas de armas]*.

las misiones asignadas, tales como el mapeo de su entorno, *sensar* el terreno y condiciones climáticas para tareas como el lanzamiento de un misil, la colocación de un explosivo, el reconocimiento de un área peligrosa, transitar la ruta ideal para llegar a un objetivo, entre otras.

Estos conceptos básicos de autonomía resultan necesarios para comprender las tecnologías e innovaciones que contemplan los vehículos autónomos actuales. Desarrollaremos a continuación, un resumen del estado del arte de estos sistemas de enorme utilidad en el ámbito militar, así como los principales proyectos que se llevan adelante.

## 2. Estado de arte de la tecnología

Es necesario entender conceptualmente cómo funciona un vehículo autónomo antes de avanzar en la explicación de los proyectos que incorporan las nuevas tecnologías, por lo que se describirán los conceptos técnicos básicos que sustentan el funcionamiento de estos sistemas.

### 2.1 Componentes principales

Todo vehículo autónomo, terrestre o aéreo, tiene una plataforma en común, la cual le permite mantener el nivel de autonomía requerido para el sistema. Esta plataforma básica está compuesta por un software y un hardware.

El software de la plataforma es de gran importancia, podríamos decir que es su cerebro, ya que contiene la programación para el movimiento del vehículo y otras acciones particulares que el desarrollador del programa quiera que realice. El software, en general, está compuesto por determinadas secciones, pudiendo citarse entre las más importantes, las que determinan:

- 1) el grado de libertad del vehículo,
- 2) la capacidad para tomar datos de su entorno y procesarlos,
- 3) las capacidades específicas del vehículo, según su tipo y funciones.

El grado de libertad y la capacidad de tomar datos de su entorno generalmente se analizan en conjunto, ya que la aptitud y eficiencia del vehículo en su movimiento están seriamente condicionadas por su capacidad de tomar y procesar esos datos. En este punto es donde convergen los datos tomados del entorno y procesados, con el hardware de la plataforma.

El hardware consta de todos los sensores y actuadores, que son los que aportarán los datos que el software necesite para realizar una determinada acción. Algunos de estos sensores pueden ser:<sup>170</sup>

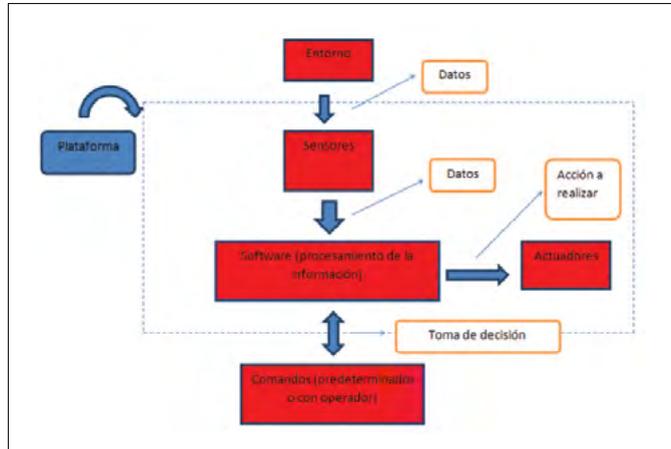
- 1) Cámara de alta definición
- 2) Sensor de ultrasonido, que puede generar datos de telemetría en función de la altitud
- 3) Sensor de presión atmosférica
- 4) Acelerómetros de tres ejes para generar datos de los cambios de posición en el espacio
- 5) Giróscopos para los movimientos de rolido, cabeceo y guiñada (en caso de vehículos aéreos)
- 6) Magnetómetro de tres ejes para generar datos de orientación.

170. Fernández, J., (2013), *Diseño de un sistema de control de un cuadricóptero*. Proyecto de fin de grado, Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, Universidad Carlos III de Madrid. [http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/18750/TFG\\_Juan\\_CARMONA\\_FERNANDEZ.pdf?sequence=1](http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/18750/TFG_Juan_CARMONA_FERNANDEZ.pdf?sequence=1)

En cuanto a los actuadores, pueden ser los motores que permitan el movimiento al vehículo mediante un mecanismo de transmisión, ya sea ruedas, orugas, hélice u otros. Las armas y dispositivos de combate también se consideran actuadores, ya que esperan la señal específica del software para realizar una determinada acción.

Sobre la base de plataformas con estas características esquemáticas, los vehículos autónomos se diseñan para cumplir tareas que permitan facilitar el transporte de carga, reconocimiento de áreas peligrosas, colocación y detección de objetos en terreno hostil, incluso el empleo de sistemas de armamento con diferente grado de letalidad.

ESQUEMA REPRESENTATIVO CONCEPTUAL DE LAS INTERACCIONES Y EL FLUJO DE INFORMACIÓN ENTRE LA PLATAFORMA Y SU ENTORNO:



## 2.2. Sistema de comunicación entre la plataforma y el operador

Además del hardware y software, imprescindibles para obtener una plataforma eficiente, el sistema de mayor importancia en un UGV es el que establece la comunicación con este. Esta comunicación, inalámbrica o por cable, es entre el operador y la interfaz dentro del software del UGV, que resulta de vital importancia cuando se opera en un entorno hostil, urbano (con mucha interferencia) o subterráneo (con muy poca señal).

Tanto un sistema de comunicación analógico como digital, transportan información o datos mediante señales (ondas electromagnéticas). La señal analógica puede tomar un número infinito de valores en cualquier intervalo de tiempo. La señal digital puede tomar un número finito de valores en cualquier intervalo de tiempo. Es decir, la señal digital es la que se transmite por pulsos, la cual toma valores de 1 y 0 mediante la interpretación binaria.

Un aspecto fundamental para una adecuada telecomunicación con el vehículo semiautónomo es el medio de comunicación. Los más usuales son:

- 1) Cables trenzados, cables telefónicos multipares, cables coaxiales
- 2) Fibra óptica
- 3) Radio comunicación
- 4) Satélites
- 5) Microondas
- 6) Guías de ondas
- 7) Sistema láser, entre otras

En los UGV más modernos se observa una tendencia a operar a mayores distancias entre el operador y el vehículo, por lo que los medios más utilizados son los inalámbricos. Dentro de ellos, por su directa relación con el tema que estamos desarrollando, describiremos los sistemas de radio comunicación y satélites.

### 2.2.1. Sistema de radio comunicación

Esta técnica permite el intercambio de información entre dos puntos geográficos, mediante la transmisión y recepción de ondas electromagnéticas. El sistema consta de un transmisor, una antena transmisora, un receptor y una antena receptora.

Cuando se aplica una potencia de radio frecuencia a una antena, los electrones contenidos en el material del cual son parte constituyente, comienzan instantáneamente a oscilar, generando un campo magnético concéntrico al conductor (antena) y un campo electrostático. El conocimiento de la longitud de onda es muy importante, ya que está relacionada con el dimensionamiento de la antena. Esta onda electromagnética se propaga a través del medio, en este caso el aire.

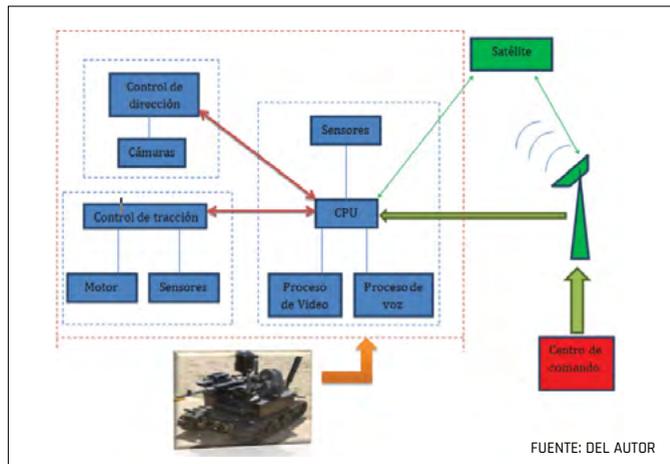
Estas ondas generadas pueden propagarse de distintos modos: por onda terrestre, en línea recta (alcance visual) y por onda espacial.

En la propagación por alcance visual se utilizan bandas de frecuencias muy altas (VHF y UHF), con usos como TV, radio FM, radiollamadas, microondas, ya que la onda emitida por la antena transmisora viaja en forma directa hacia la antena receptora sin tocar el terreno ni la ionósfera. Es importante la altura de las antenas y tener en cuenta el efecto de curvatura de las ondas electromagnéticas para grandes distancias, debido a que la curvatura de la Tierra limita el alcance visual entre ambas antenas.

En la propagación por onda espacial, la onda de radio es emitida por una antena transmisora, esta onda es refractada en la ionósfera y regresa a la tierra para rebotar cuantas veces quiera o en una antena receptora. Estas transmisiones son inestables y dependen del comportamiento de la ionósfera.

### 2.2.2. Sistema de comunicación por satélite

Las comunicaciones por satélites son aquellas radiocomunicaciones que utilizan un satélite terrestre en órbita geostacionaria, como punto medio para lograr la reflexión de las ondas electromagnéticas, generadas por una estación transmisora para enviarla a una receptora, situadas ambas en puntos geográficos distantes, generalmente sin alcance visual.



FUENTE: DEL AUTOR

### 2.3 Estado del arte alcanzado en esta tecnología: algunos ejemplos destacados

El empleo de los UGV como apoyo directo en las operaciones terrestres, muestra una tendencia creciente en las operaciones militares. Países como Estados Unidos, Rusia, Israel, India, China, Reino Unido, entre otros, tienen importantes proyectos en curso y podemos considerar que llevan la delantera en este mercado. A modo de ejemplo vamos a desarrollar brevemente una innovación tecnológica y un proyecto, que consideramos constituyen una demostración del estado del arte alcanzado en esta materia. Estos son: sistema de Radio-Relay y proyecto COUGAR.

### Sistema de Radio-Relay

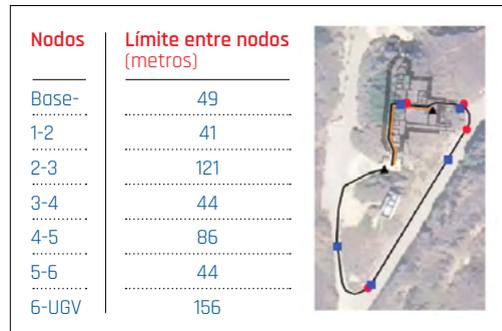
Como expresamos anteriormente, mantener una buena comunicación entre el operador y el UGV, constituye un aspecto clave y un verdadero desafío que enfrentan hoy los desarrolladores de estos sistemas, por lo que el sistema de radio-relay merece ser mencionado.

Consiste en un UGV que transporta múltiples radio-relay, el cual los deposita durante su trayectoria en el terreno, de manera tal de crear una red de comunicación más eficiente. La solución técnica es muy novedosa e interesante, ya que la comunicación con el vehículo, como hemos mencionado, utiliza frecuencias de radio muy altas, por lo que en zonas urbanas se genera mucha interferencia, que dificulta enormemente mantener una comunicación adecuada.

Este sistema permite un rebote de la señal entre los radio-relay, es decir, el UGV encargado de depositarlos crea una zona o una dirección de comunicación mucho más eficiente con la estación de mando. De la misma manera permite aumentar las distancias de comunicación, aunque estos radio-relay quedan expuestos. Una vez finalizada la operación, el UGV recoge las unidades nuevamente.

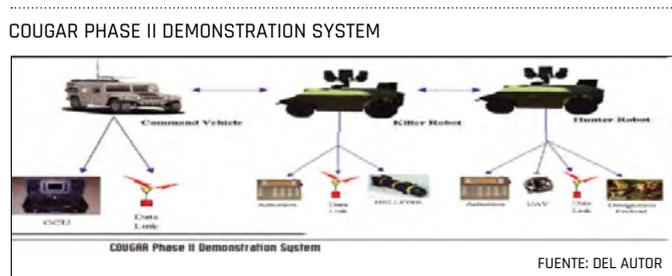
Se desarrollaron cuatro prototipos para utilizarlos en las siguientes plataformas: el Pack-Bot EOD, TAGS, Wolverine y el URBOT, todos estos de EUA. Gran parte del trabajo realizado está basado en un proyecto anterior por parte de DARPA, EUA.

En el cuadro y gráfico que a continuación se presentan, podemos observar lo expresado. Los puntos rojos y azules son los radio-relay. Se puede observar que la trayectoria del UGV es la línea negra, mientras que los triángulos separan una ruta bordeando una colina y otra subterránea. Sin el sistema de radio-relay, el UGV solo avanzó 80 metros, luego perdió el enlace con la estación. Con cinco radio-relay, el UGV avanzó 450 metros, con seis aproximadamente 560 metros. La línea naranja es la diferencia de distancia entre el uso de cinco seis radio-relay.<sup>173</sup>



### Proyecto COUGAR

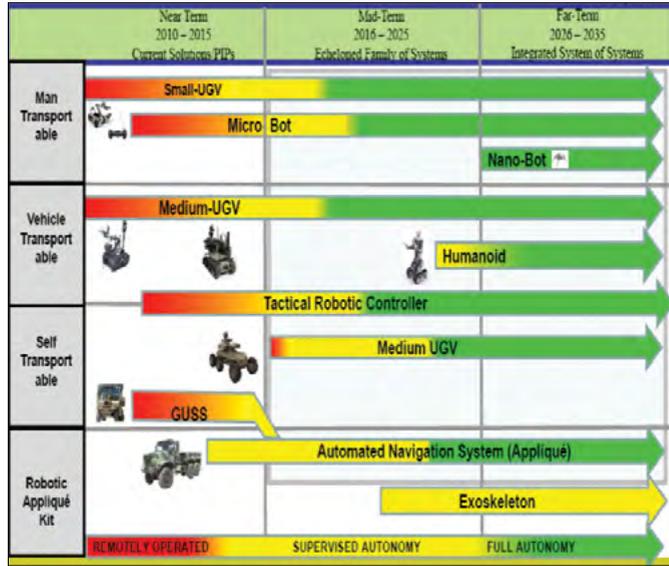
Este sistema (*Cooperative Unmanned Ground Attack Robots*) constituye un importante esfuerzo tecnológico para investigar y demostrar la posibilidad de emplear múltiples sistemas autónomos, actuando cooperativamente para emplear de manera eficiente su capacidad letal. El proyecto incluye vehículos de reconocimiento, aéreos y terrestres, que proporcionan información geográfica del objetivo, y otros UGV que cumplen la función de ataque. De esta forma, las funciones están pre-



173. Pezeshkian, N., Nguyen, H., y Burmeister, A., Unmanned Systems Branch, Code 2371. Space and Naval Warfare Systems Center, San Diego (SSC-San Diego) 53560 Hull St. San Diego, CA 92152, USA

establecidas y cada sistema se concentra en su función específica, sea reconocimiento o ataque. En la primera fase de la simulación, el UGV designado para realizar el ataque, disparó 19 cohetes livianos antitanque y un misil Javelin, mediante el aporte de un UAV y un UGV de reconocimiento. Actualmente, se está desarrollando la segunda fase de este proyecto, que consta de un UGV de reconocimiento y otro que cumple la función de ataque. El UGV de reconocimiento estará telecomandado por un operador y dispone además de un UAV orgánico. Este UAV posee un láser para señalar el objetivo, y de esta manera el UGV de ataque puede lanzar sus misiles HELLFIRE, guiado por el láser del UAV.

El empleo de estos vehículos tiende al concepto de “totalmente autónomo” y lo realmente innovador es el trabajo cooperativo de UGV y UAV. Se observan esfuerzos por perfeccionar los UGV para obtener una mayor distancia de empleo, más capacidad letal, incrementos en su blindaje y fundamentalmente su autonomía. A modo de ejemplo, se agrega un cuadro correspondiente a proyectos de US Marines, con un estimativo cronológico de la evolución y empleo de estas tecnologías en esa fuerza.<sup>174</sup>



### 3. Proyectos en desarrollo o concluidos

Se desarrolla a continuación una serie de proyectos que consideramos representativos de la evolución del estado de arte alcanzado por estos sistemas autónomos, que nos muestran cuál puede ser la tendencia probable de empleo de los mismos.

#### TALON (Gran Bretaña)

Este poderoso y liviano UGV, desarrollado por la empresa Qinetiq de Gran Bretaña, es considerado un sistema semiautónomo. Utilizado ampliamente por ese país y por Estados Unidos, cuya Armada renovó en 2014 más de 300 TALON IV, ha realizado más de 2000 misiones de combate en Iraq y Afganistán.

El UGV tiene la capacidad de ser controlado simultáneamente por dos vías: radio y fibra óptica. La distancia máxima utilizando comunicación por radio es aproximadamente 1000metros y si emplea cable de fibra óptica, hasta 300metros. Transmite video en color, blanco y negro, infrarrojo y visión nocturna. La comunicación para el control de disparo tiene un encriptado de 40 bits, desarrollado por la empresa Duke Pro.

174. *Unmanned Ground System [Sistema terrestre no tripulado]*. (2011), AMCB UGV.Mr. John Clements Maneuver Center of Excellence/Mr.Lindy Kirkland Marine Corps Combat Development Command.

Posee dos baterías de plomo de 36 voltios y 300 vatios por hora, cada una ofrece 3 hs de autonomía, siendo el tiempo de recarga de aproximadamente 4.5 hs. También puede equipar una opcional de ion-litio que proporciona 4.5 hs.

Es capaz de realizar misiones de reconocimiento, portar armas y desactivar artefactos explosivos. Se desempeña fácilmente en cualquier terreno y en todo tipo de climas, hasta 43 grados de pendiente ascendente y 45 grados descendente, también hasta 38 cm de nieve o escombros. Tiene una capacidad de remolque de hasta 340 kg. El brazo robótico soporta hasta 9 kg en el TALON estándar y 22.7 kg en el TALON 3 DOF. Respecto de la pinza, posee una apertura desde 10 a 15 cm, según el modelo, y una fuerza de apriete de 13.6 kg en el estándar a 36.2 kg en el 3 DOF. En ambos modelos, la pinza puede girar 360 grados.

Existen tres versiones del TALON: SOTAL, SWORDS y HAZMAT TALON.

El SOTAL (*Special Operations Talon*) no posee un brazo robótico, tiene cámaras a color día / noche y dispositivos de audio; es más liviano que las otras versiones, ya que solo cumple misiones de reconocimiento. Al no portar armas ni brazo robótico, su velocidad es la mayor entre los tres, gracias a la reducción de peso, aproximadamente ocho kilómetros por hora.

El SWORDS (*Special Weapons Observation Reconnaissance Detection System*) es una plataforma TALON con armas. Estas armas pueden ser un fusil M16, ametralladoras M240, M249 o 12.7 milímetros, y lanzagranadas de 40 milímetros. La velocidad máxima aproximada es de cinco kilómetros por hora.

El HAZMAT TALON (*Hazardous Material Talon*) posee sensores NBC (nuclear, biológico, químico) y sensores de radiación, brazo robótico de dos etapas.<sup>175</sup>

### Amstaff (Israel)

Este proyecto está siendo desarrollado por ARI (Automotive Robotic Industry), Israel, su exposición se llevó a cabo en febrero de 2016 en Singapore Airshow, la empresa Singapore Technologies Kinetics colocó el sistema de armas en la plataforma Amstaf.

El control y sistema para comandar este UGV consta de una computadora o de un dispositivo de muñeca (antebrazo) y el sistema de reconocimiento por parte de la plataforma para comandos como "Alto" o "Seguirme". Para operaciones de vigilancia o reconocimiento, el UGV



FUENTE: DEL AUTOR



#### Especificaciones técnicas

Distancia máxima	1.000 m
Autonomía	8,5 hs en operación / 7 días en stand by
Peso	Desde 52 kg
Desarrollador	QinetiQ
Costo aproximado	US\$ 60.000 standard
Terreno	Cualquier terreno y pendientes
Profundidad en agua	30 m

175. Global Security, (s.f.). <http://www.globalsecurity.org/military/systems/ground/talon.htm>  
 Folleto TALON, (s.f.). <https://www.qinetiq.com/services-products/land/UGV/Documents/brochure-talon.pdf>



FUENTE: DEL AUTOR



### Especificaciones técnicas

Velocidad	32 Km/h
Autonomía	48 hs híbrido / 6 hs solo a baterías
Peso	900 kg
Desarrollador	ARi (Automotive Robotic Industry)
Terrenos	Cualquier terreno
Capacidad de carga	850 kg
Capacidad de remolque	1.000 kg



puede ser operado a través de un sistema de control ya desarrollado por Amstaf on Guard, brindando máxima flexibilidad y funcionalidad.

Este vehículo combina la capacidad de transportar carga con la capacidad de realizar ataques. Su característica principal es su propulsión híbrida, un motor diesel y baterías. El motor posee un alternador capaz de realizar una carga rápida a las baterías en tres horas. Con esta combinación, este UGV tiene una autonomía de 48 horas en modo híbrido y para misiones que requieren silencio su autonomía es de seis horas solo con baterías.

Esta plataforma posee múltiples empleos: de reconocimiento, seguir un camino en modo autónomo, entre otros; puede ser reconfigurada en el mismo campo para cargar equipamiento, utilizar armas guiadas o transportar soldados heridos a una zona segura.

La velocidad máxima que alcanza este vehículo es 32 km/h sobre el terreno y 5 km/h en agua.

Este UGV de 16 ruedas posee un peso de 900 kg, puede cargar 850 kg en equipamientos y soldados y tiene una capacidad de remolque de 1 Tn.<sup>176</sup>

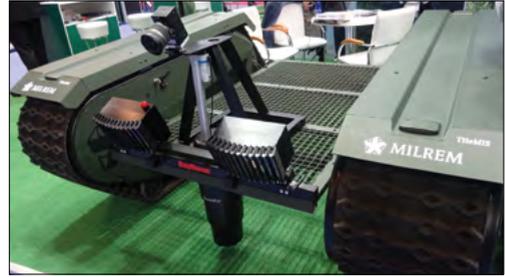
Esta plataforma ha sido empleada en operaciones en Israel, frontera de Egipto y en Corea del Sur.

### THEMIS (Estonia)

En proceso de desarrollo por la empresa MILREM (Estonia), esta plataforma consta de propulsión híbrida, eléctrica mediante motor diesel. Tiene dos orugas con propulsión independiente que, al unir las, forman una plataforma controlada remotamente o autónoma. Su principal característica se basa en la capacidad para adaptar otros sistemas a esta.

176. Defence Update, (s.f.). [http://defense-update.com/20160215\\_stk\\_ugv.html](http://defense-update.com/20160215_stk_ugv.html)

Defence Update, (s.f.). [http://defense-update.com/20111031\\_amstaf-robot-expands-capabilities-as-tactical-support-ugv.html](http://defense-update.com/20111031_amstaf-robot-expands-capabilities-as-tactical-support-ugv.html)



FUENTE: DEL AUTOR

Especificaciones técnicas	
Velocidad	25-35 Km/h
Autonomía	8 hs
Peso	700 kg
Desarrollador	Milrem
Terrenos	Todo terreno
Capacidad de carga	700 kg
Capacidad de remolque	1.000 kg



Su autonomía es de ocho horas con las baterías y un tanque de combustible lleno. Con dimensiones de 2,5 metros de largo, 2 metros de ancho y 0,6 metros de alto, esta plataforma tiene un peso de 700 kilos con capacidad de carga igual a su peso. Su velocidad máxima es de 25-35 kilómetros por hora.

Las orugas mantienen una presión en el suelo menor a 0,069 kilos por centímetro cuadrado y aportan gran maniobrabilidad en terrenos como lodo, arena, agua y nieve.

Acoplado un módulo o sistema a esta plataforma, puede tener múltiples funciones, tales como: comunicaciones por *relay*, limpiar campos minados, transportar cargas, levantar objetos, servir de rampa para un UAV, plataforma con armas para antitanque o de infantería, entre otros.

La empresa Raytheon (UK) y Milrem (Estonia) dio a conocer en 2016 una nueva plataforma basada en el sistema de detección anti explosivos GroundEye desarrollado por Raytheon. Este sistema es un gran avance en el desminado de zonas, que brinda la capacidad de reconocer objetos enterrados. El sistema GroundEye es más eficiente que el GPR (*Ground penetration radar*) debido a su menor peso y no requiere de un antena operando cerca de la superficie del terreno.

El sensor provee una imagen en tiempo real que muestra el tamaño, la forma y orientación del objeto, sin necesidad de remover tierra. Opera de igual manera para objetos que contengan un alto, bajo o ningún porcentaje de metal en su composición. En las siguientes imágenes se puede observar la foto del objeto enterrado y el objeto real:



Milrem anunció que la plataforma THemIS estará en producción en 2017.<sup>177</sup>

## RoBattle (Israel)

Debido a que se trata de un proyecto en curso recientemente lanzado (junio de 2016) por IAI (Israel Aerospace Industries), la información técnica del vehículo es limitada.

Sin embargo, consideramos interesante mencionarlo, por tratarse de un UGV de mayor tamaño que los convencionales, que lo asemejan a un vehículo de combate mediano. Se trata de un vehículo de seis ruedas propulsado por un motor de combustión interna, tres toneladas de sensores, armas y otros instrumentos necesarios, llegando a siete toneladas aproximadamente. Debido a la suspensión neumática independiente en cada rueda, puede elevarse 1,2 metros para trepar fácilmente cualquier obstáculo y bajar su centro de gravedad hasta 58,42 centímetros para evitar ser visto por el enemigo. Puede equipar brazos electrónicos, radares y armas controladas remotamente.<sup>178</sup>

Se desconoce aún el nivel de autonomía que dispone.



FUENTE: DEL AUTOR



### Especificaciones técnicas

Peso	7 Tn aproximadamente
Desarrollador	Israel Aerospace
Autonomía	12 hs solo en modo emboscada
Terrenos	Cualquier terreno y grandes desniveles

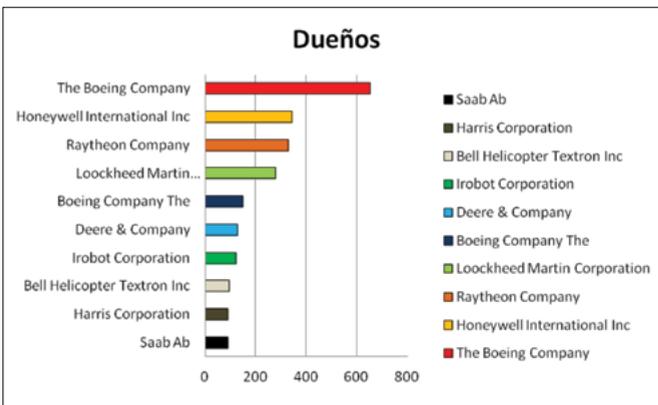
177. Defense News, (s.f.).<http://defensenews-alert.blogspot.com.ar/2016/06/robot-mounted-groundeye-sensor-set-to.html>  
New Atlas, (s.f.).<http://newatlas.com/milrem-unmanned-robot-combat-vehicle/41845/>  
Defense Update, (s.f.).[http://defense-update.com/20160215\\_stk\\_ugv.html](http://defense-update.com/20160215_stk_ugv.html)

178. Popular Science, (2016). <http://www.popsci.com/robattle-combat-robot-is-over-seven-tons-war-machine>

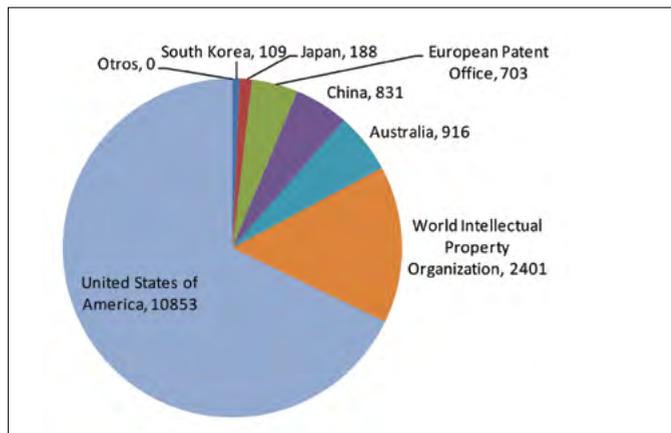
#### 4. Propiedad Intelectual y patentes

Presentamos a continuación, algunos gráficos en los que se muestra a las principales empresas que son propietarias o solicitantes de patentes referidas al sector de los UGV:<sup>179</sup>

##### 4.1. Patentes referidas a vehículos autónomos terrestres (UGV)



##### 4.2. Patentamientos referidos a UGV por países y consorcios

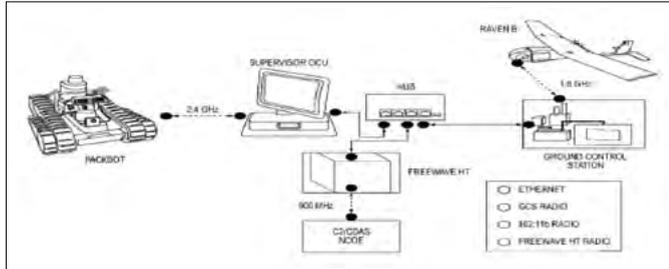


4.3. Algunas patentes utilizadas en UGV

- Acuerdo de colaboración para la identificación y seguimiento de blancos (Collaborative engagement for target identification and tracking)

Publicación número:  
**US 2012/0290152 A1**

Fecha de publicación:  
**Nov. 15/ 2012**



- Unmanned Ground Vehicle Radio Relay Deployment System For Non-Line on sight Operations.

Narek Pezeshkian, Hoa G. Nguyen, and Aaron Burmeister- Unmanned Systems Branch, Code 2371 Space and Naval Warfare Systems Center, San Diego (SSC-San Diego), 53560 Hull St, San Diego, CA 92152, Estados Unidos

Report Documentation Page			Form Approved GSA FPMR (41 CFR) 101-11.6	
<small>Public reporting burden for this collection of information is estimated to average 1 hour per response, including the time for reviewing instructions, searching existing data sources, gathering and maintaining the data needed, and completing and reviewing the collection of information. Send comments regarding this burden estimate or any other aspect of this collection of information, including suggestions for reducing this burden, to Washington Headquarters Service, Project Identification Number (0704-0188).</small>				
1. REPORT DATE <b>2007</b>	2. REPORT TYPE	3. DATES COVERED <b>00-00-2007 to 00-00-2007</b>		
4. TITLE AND SUBTITLE <b>Unmanned Ground Vehicle Radio Relay Deployment System For Non-Line-Of-Sight Operations</b>		5a. CONTRACT NUMBER		
6. AUTHOR(S)		5b. GRANT NUMBER		
7. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES) <b>Space and Naval Warfare Systems Center, San Diego, 53560 Hull Street, San Diego, CA, 92152</b>		5c. PROGRAM ELEMENT NUMBER		
9. SPONSORING/MONITORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES)		5d. PROJECT NUMBER		
12. DISTRIBUTION/AVAILABILITY STATEMENT <b>Approved for public release; distribution unlimited</b>		5e. TASK NUMBER		
13. SUPPLEMENTARY NOTES		5f. WORK UNIT NUMBER		
14. ABSTRACT		8. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NUMBER		
15. SUBJECT TERMS		10. SPONSOR/MONITOR'S ACRONYM(S)		
16. SECURITY CLASSIFICATION OF		11. SPONSOR/MONITOR'S REPORT NUMBER(S)		
a. REPORT <b>unclassified</b>	b. ABSTRACT <b>unclassified</b>	c. THIS PAPER <b>unclassified</b>	17. LIMITATION OF ABSTRACT <b>Same as Report (SAR)</b>	18. NUMBER OF PAGES <b>6</b>
			19a. NAME OF RESPONSIBLE PERSON	

- Interactive Voice Response (IVR) Electronic Control Unit (ECU) for Unmanned Ground vehicle (UGV).

IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology  
eISSN: 2319-1163 | pISSN: 2321-7308  
Volume: 04 Issue: 11 | Nov-2015, Available @ <http://www.ijret.org>

**Conclusiones**

La generalización del empleo de los UGV en el campo de combate, en apoyo cercano de las fuerzas terrestres, debido a su empleo eficaz en los recientes conflictos, muestra un importante crecimiento en los últimos años y se puede afirmar que esa tendencia se mantendrá e incluso incrementará.

179. Lens. (s.f.) Cambia. [https://www.lens.org/lens/search?p=1&q=unmanned+ground+vehicle&s=pub\\_date&d=-&v=analysis&n=10](https://www.lens.org/lens/search?p=1&q=unmanned+ground+vehicle&s=pub_date&d=-&v=analysis&n=10)

El mercado de los UGV está ganando terreno en el sector económico de los países que lo promueven. Países como los Estados Unidos y sus aliados y competidores en este mercado de la defensa y seguridad, invierten enormes cantidades de recursos para asegurar el avance tecnológico de este sector. El concepto de "autonomía" es el nuevo desafío tecnológico, así como lo fue Internet en su momento y su crecimiento es exponencial. Y nadie quiere quedar afuera en ese desafío.

La tendencia que se avecina en el futuro próximo en los UGV es el trabajo en conjunto (cooperativo) de los vehículos aéreos y terrestres, tal como mostramos en el proyecto COUGAR. Además, lograr una mínima presencia del soldado en el campo de batalla cercano, puede resultar tal vez una visión futurista, pero es a lo que tiende con la implementación de estos sistemas.

Es de vital importancia que los países implementen sus UGV y desarrollen su propia tecnología, ya que todo avance en el sector militar impacta directamente en el desarrollo tecnológico civil y mejora la eficiencia de las empresas y otros sectores que utilizan estas tecnologías. Se destaca, además, que el empleo de los UGV en el sector militar constituye un recurso invaluable para un empleo de los medios de manera más eficiente.

Un aspecto que se discute entre los mayores especialistas en el tema es el impacto ético y moral que significa otorgar a un "robot", la decisión final sobre la capacidad letal de estos sistemas. Es decir, si es admisible que la opción de decidir sobre vidas humanas, esté en manos de "robots". Por ello es que aún en los más modernos sistemas actuales, se emplea el concepto de semiautonomía, quedando la decisión final en manos de un operador.

Por lo expresado, la investigación, desarrollo y empleo de los UGV constituye también un aporte para el crecimiento y desarrollo tecnológico de un país. Si bien es un mercado muy competitivo y en el que se requieren importantes recursos económicos, es vital tratar de insertarse en el mismo para evitar así grandes retrasos a nivel tecnológico.

(\*) **Facundo Carlo Pattarone:** es Técnico en Automotores. Ex mecánico de Peugeot-Citroën SVA SACIFI. Actualmente se encuentra cursando la carrera de Ingeniería Mecánica en Automotores en la Escuela Superior Técnica "Gral de Div. M. N. Savio", se desempeña como Observador Tecnológico del CEPTM "Grl MOSCONI".

## 7. ANTECEDENTES DEL CEPTM “GrI MOSCONI”

# NECESIDAD DE CREACIÓN DE UN CENTRO DE ESTUDIOS DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA Y PROSPECTIVA MILITAR EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA DEL EJÉRCITO, FUNDAMENTOS:

La Escuela Superior Técnica “GrI M N Savio” (EST) durante el año 2013 y principios del 2014 venía tratando de plasmar una idea de creación de un área de Prospectiva Tecnológica, Vigilancia Tecnológica u Observatorios Tecnológicos en la Facultad en el área específica militar fundamentalmente para actualizar y guiar el desarrollo curricular de las carreras de ingeniería; así lo planificó como objetivo de desarrollo en su Plan de Desarrollo Institucional.

Por iniciativa de los ingenieros militares: Coronel LM Corvalán, Coronel HD Anfuso y Coronel J. C. Perez Arrieu (Directivos y Docentes de la EST), se propuso la creación de un área de vigilancia y prospectiva tecnológica militar. Es así que durante el primer semestre del año 2014, se llevaron adelante una serie de reuniones que dieron por resultado (a través de la Resolución No. 73 / 14 del 30 de junio de 2014 del Director del Instituto) la creación del CEPTM “GrI MOSCONI”.

Dicha constitución se fundamentó con los siguientes principios rectores:

- conformar una Organización de carácter académico,
- integrarla con profesionales militares y civiles con experiencia en distintas áreas de la Defensa,
- abocarse a la Vigilancia Tecnológica y a la Prospectiva Tecnológica Militar,
- apoyarse en Observatorios Tecnológicos, y en expertos en carácter de consultores de la tecnología aplicada a la Defensa,
- vincularse con las líneas de investigación, desarrollo e innovación determinadas por el Plan Estratégico del Instituto Universitario del Ejército y su Plan de Desarrollo Institucional,
- dinamizar los vínculos Universidad, Gobierno – Ejército y la Empresa.

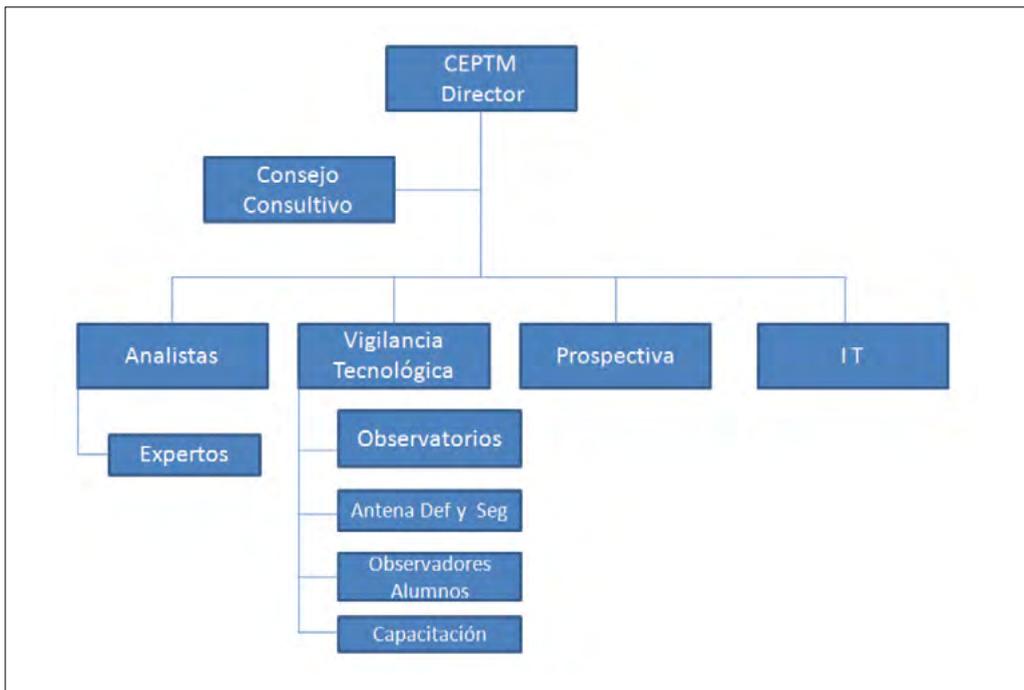
- contribuir a la formación de recursos humanos en investigación de grado y posgrado,
- ayudara integrar redes de grupos afines a una temática estratégica,
- sernúcleo para la formación futura de grupos de investigación y desarrollo en UTN en Prospectiva Tecnológica Militar.

**MISIÓN DEL CENTRO DE ESTUDIOS**

Identificar las tendencias, avances y retos tecnológicos de naturaleza militar para generar conocimiento específico y ayudar a orientar, junto con las necesidades y objetivos del Instituto Universitario del Ejército y de la Escuela Superior Técnica, los esfuerzos en planificación, gestión de proyectos y gestión de conocimientos, realizando estudios e investigaciones prospectivas sobre tecnología, los sistemas de armas y áreas de capacidades militares:

- comando y control,
- movilidad táctica y estratégica,
- vigilancia, reconocimiento e inteligencia,
- sostén logístico fijo y móvil,
- operaciones de combate,
- misiones subsidiarias,

**ORGANIZACIÓN**



## **INTEGRANTES**

### **Consejo Consultivo**

Doctor. A. Canzian

Ingeniero A. Dominguez

Coronel Oficial de Estado Mayor B. Herrero

Ingeniero N. Mendez Guerin

Coronel (R) Licenciado Pedro Tomás Jofré

Coronel Oficial Ingeniero Militar M. A. Juarez

Mayor Doctor E. Serrano

Dr. Iglesias Mónica

### **Director**

Coronel Oficial Ingeniero Militar J.C. Perez Arrieu

### **Secretaria CEPTM "GrI MOSCONI" y Área Vigilancia Tecnológica**

Lic. Magalí Minian

Teniente SCD F. Vera Batista

Ignacio de la Torre

### **Analistas**

Coronel Mayor Oficial Ingeniero Militar H. Anfuso - Armamento

Coronel Oficial Ingeniero Militar J. Guglielmone - Electrónica

Coronel Oficial Ingeniero Militar F. Lopez - Informática

Coronel Oficial Ingeniero Militar C. Trentadue - Química

Coronel Oficial Ingeniero Militar J.C. Villanueva - Armamento

### **Alumnos Vigías - Observadores Tecnológicos 2016:**

Teniente Primero Jose Leonardo Chavez - Química

Capitán Joaquin David Ciolli - Informática

Sr. Facundo Carlo Pattarone - Automotores

Teniente Primero Fernando Daniel Quinodoz - Armamentos

### **Resolución de creación CEPTM "GrI MOSCONI"**

[www.ceptm.iue.edu.ar/wp-content/uploads/2015/05/Resolucion-CEPTM.pdf](http://www.ceptm.iue.edu.ar/wp-content/uploads/2015/05/Resolucion-CEPTM.pdf)

### **7.2 Listado de Tecnologías aplicadas a la defensa**

[www.ceptm.iue.edu.ar/pdf/ListadoTecnologiasAplicadasDefensa2.pdf](http://www.ceptm.iue.edu.ar/pdf/ListadoTecnologiasAplicadasDefensa2.pdf)

### 7.3 Newsletters mensuales

- Enero 2016

us10.campaign-archive2.com/?u=1657da2b44f4f606d75432322&id=8240cd6c11

Newsletter Enero 2016



**Observatorio Tecnológico Mosconi**  
Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar

Este Newsletter 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.



**PROSPECTIVA**  
**TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD**  
**ROBOTS MILITARES, ¿QUE TAN PELIGROSOS?**



**AUTOMOTORES**  
**ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMERICA** Seleccionará un fabricante para su vehículo **Liviano Táctico Conjunto (JLTV), en reemplazo del HUMVEE.**



**ARMAMENTOS**  
**ISRAEL EXPANDE LAS CAPACIDADES DE SU SISTEMA DE DEFENSA AÉREA IRON DOME**



**INFORMÁTICA**  
**PREDICIONES PARA 2016 EN TORNO AL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

- Febrero 2016

us10.campaign-archive2.com/?u=1657da2b44f4f606d75432322&id=e15fec77bd

Newsletter Febrero 2016



**Observatorio Tecnológico Mosconi**  
Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar

Este Newsletter 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**  
SISTEMA GNSS EUROPEO GALILEO:  
12 SATÉLITES EN ÓRBITA



**AUTOMOTORES**  
OTO MELARA PROVEERÁ SU  
TORRETA HITFACT PARA EL  
EJÉRCITO DE BRASIL



**ARMAMENTOS**  
UNA VERDADERA "ANTORCHA DE MANO", HERRAMIENTA DE UTILIDAD PARA UNA RÁPIDA APERTURA DE BRECHAS



**INFORMÁTICA**  
ISIS: UNA NUEVA AMENAZA EN LA ERA DIGITAL



**INFORMÁTICA**  
SISTEMAS DE CONTROL DE SOFTWARE LIBRE

- Marzo 2016  
[us10.campaign-archive1.com/?u=1657da2b44f4f606d75432322&id=192e9a5c94](http://us10.campaign-archive1.com/?u=1657da2b44f4f606d75432322&id=192e9a5c94)

Newsletter
Marzo 2016



**Observatorio Tecnológico Mosconi**  
 Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar



Este Newsletter 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**  
 EL EJERCITO DE EEUU QUIERE AVIONES NO TRIPULADOS QUE PESEN MENOS DE UNA LIBRA



**ARMAMENTOS**  
 EEUU MONTARÁ EN SU DESTRUCTOR MÁS MODERNO UN CAÑÓN ELECTROMAGNÉTICO.



**AUTOMOTORES**  
 NUEVA FAMILIA DE BLINDADOS RUSOS: ARMATA



**INFORMÁTICA**  
 EL PRINCIPIO DEL FIN PARA LOS ESQUEMAS DE CIFRADO?



**ELECTRÓNICA**  
 RAYTHEON PRESENTA SU NUEVO RADAR PATRIOT



**INFORMÁTICA**  
 LOS CENTROS DE DATOS SE PREPARAN PARA EL TSUNAMI DE INFORMACIÓN DE LA REALIDAD VIRTUAL E INTERNET DE LAS COSAS

- Abril 2016

us10.campaign-archive2.com/?u=1657da2b44f4f606d75432322&id=b32d8c9aff

Newsletter
Abril 2016



Este Newsletter 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.



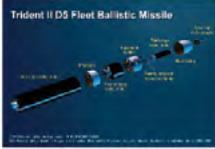
**HECHOS PORTADORES DE FUTURO**  
**EL CAÑÓN ELECTROMAGNÉTICO**



**AUTOMOTORES**  
Las Fuerzas de Defensa de Israel expanden el uso de Sistemas de Protección Activa (APS) para sus blindados.



**ELECTRÓNICA**  
Los robots empleados en Defensa, podrán tener "piel" de alta tecnología que permita "sentir" e incluir camouffage.



**ARMAMENTOS**  
El misil TRIDENT II D5, de la US Navy, fue lanzado exitosamente, para ensayar componentes fabricados con Impresoras 3D, por Lockheed Martin



**INFORMÁTICA**  
Robot en impresora 3D



**QUÍMICA**  
Farmacia con posible despliegue en zonas de operaciones militares o catástrofes

- Mayo 2016  
us10.campaign-archive1.com/?u=1657da2b44f4f606d75432322&id=45d4dfadb6

Newsletter Mayo 2016



Este Newsletter 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**  
Empiezo de realidad virtual en las Fuerzas Armadas



**AUTOMOTORES**  
Las FFAA Rusas realizan ensayos operacionales a sus "Robots de Combate" en 2016.



**ELECTRÓNICA**  
El Ejército de EEUU desarrolla tecnologías radar más seguras y adaptables



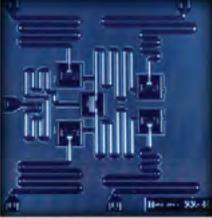
**QUÍMICA**  
Bloques de construcción química a partir de lignina



**ARMAMENTOS**  
Fusil "inteligente" permite a los tiradores grabar los videos de las acciones en las que participa



**INFORMÁTICA**  
El aprendizaje profundo busca tus datos más privados



**INFORMÁTICA**  
IBM supera (un poco) a Google en la carrera por los ordenadores cuánticos

- Junio 2016

est.miraintelligence.com/newsletter/175ad97b53ea2fc6fc48343f91452553

Newsletter on line
Junio 2016



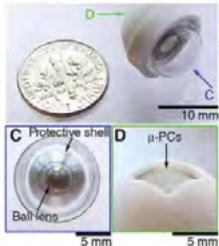
Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el **Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Gr. Mosconi (CEPTM)** y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.



**HECHOS PORTADORES DE FUTURO**  
**SISTEMAS DE ARMAS - ROBOTS MILITARES ¿SON PELIGROSOS ?**



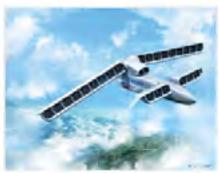
**AUTOMOTORES**  
El proyecto GXX-T de Darpa, realiza convenios para desarrollar vehículos de combate más ágiles, más rápidos y con blindajes inteligentes.



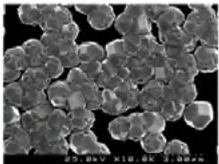
**ELECTRÓNICA**  
**VISIÓN NOCTURNA - BIOMIMETISMO**  
Ojos de pez para ver en la oscuridad



**ARMAMENTOS**  
El Misil Hipersónico desarrollado por China, ha pasado un nuevo test.



**INFORMÁTICA**  
El Ejército USA evalúa híbrido eléctrico para la próxima generación de drones



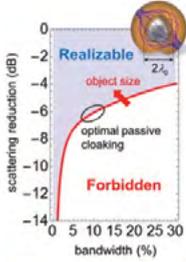
**QUÍMICA**  
Nanodiamantes explosivos

- Julio 2016  
 us10.campaign-archive2.com/?u=1657da2b44f4f606d75432322&id=361c6c8906

Newsletter on line
Julio 2016



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.



The graph plots scattering reduction (dB) on the y-axis (from 0 to -14) against bandwidth (%) on the x-axis (from 0 to 30). A red curve shows the 'optimal passive cloaking' performance. The region above the curve is labeled 'Realizable' and the region below is 'Forbidden'. A point on the curve at approximately 25% bandwidth and -2 dB is marked as 'object size 2%'.

**HECHOS PORTADORES DE FUTURO**  
**OPTOELECTRÓNICA**  
**INVESTIGACIONES**  
**EN TECNOLOGÍA DE CAMUFLAJE**

**AUTOMOTORES**  
**El SCTV (Survival Combat Tactical Vehicle), una modernización del HUMVEE**



**ELECTRÓNICA**  
**Puntería de precisión sin llevar el fusil al hombro**



**ARMAMENTOS**  
**Reino Unido de Gran Bretaña recibe el primer lote de producción, del moderno sistema de armas calibre 40mm, denominado "Case Telescoped Cannon System - CTCS"**



**INFORMÁTICA**  
**DARPA quiere derrotar a todos los hackers con un guardián automatizado**



**QUÍMICA**  
**Procedimiento de verificación de ojivas nucleares criptográfico**

142

- Agosto 2016  
us10.campaign-archive2.com/?u=1657da2b44f4f606d75432322&id=6c37d28080

Agosto 2016



*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**  
EL MERCADO GLOBAL DE IoT, CONTARÁ CON 27.000 MILLONES DE OBJETOS CONECTADOS PARA 2025

---



**AUTOMOTORES**  
Israel presentó el EITAN: Vehículo blindado para transporte de personal con protección activa

---



**ELECTRÓNICA**  
1er PUESTO PARA RUSIA EN EQUIPAMIENTO DE GUERRA ELECTRÓNICA



**ARMAMENTOS**  
RHEINMETALL AIR DEFENCE presenta el OERLIKON SKYSHIELD, un innovador sistema para neutralizar todo tipo de amenazas aéreas.

---



**INFORMÁTICA**  
QSS: CHINA ha puesto en órbita el primer satélite de comunicaciones cuántico (Larga Marcha CZ-2D)

---



**QUÍMICA**  
'Segunda piel' protege a soldados de agentes biológicos y químicos en operaciones

- Septiembre 2016  
us10.campaign-archive1.com/?u=1657da2b44f4f606d75432322&id=c90b2f4729

Septiembre 2016



CEPTM  
CENTRO DE ESTUDIOS DE PROSPECTIVA TECNOLÓGICA MILITAR  
GRL. MOSCONI  
Newsletter

*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.*



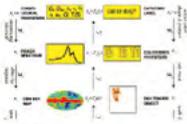
**HECHOS PORTADORES DE FUTURO**  
EL US ARMY ESTÁ DISEÑANDO UN NUEVO SISTEMA DE ARTILLERÍA CAPAZ DE ALCANZAR BLANCOS A MÁS DE 480 KILOMETROS



**ARMAMENTOS**  
EE.UU. AVANZA EN EL DESARROLLO DE ARMAS LASER PARA DESTRUIR MISILES HIPERSONICOS ENEMIGOS



**AUTOMOTORES**  
LA MARINA DE EE.UU. PONE A PRUEBA SUS SORPRENDENTES UGV DE COMBATE



**INFORMÁTICA**  
UN NEXO EXTRAORDINARIO UNE LAS LEYES DEL UNIVERSO CON LAS REDES NEURONALES ARTIFICIALES



**ELECTRÓNICA**  
CONTROP PRESENTÓ SU NUEVO TWISTER



**QUÍMICA**  
CIBERSEGURIDAD EN PRODUCCIÓN QUÍMICA

- Octubre 2016

Octubre 2016



*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**  
DARPA DESARROLLA PRUEBAS DE ARMAS HIPERSÓNICAS (HSW)



**ARMAMENTOS**  
EL CUERPO DE MARINES DE EUA DESARROLLA MUNICIÓN FABRICADA POR IMPRESIÓN 3D



**AUTOMOTORES**  
NUEVO TANQUE LIVIANO PARA EL EJÉRCITO DE EUA



**INFORMÁTICA**  
ALGUIEN HA CONVERTIDO A LA INTERNET DE LAS COSAS EN UN ARMA



**QUÍMICA**  
GUERRA OBN – EFECTOS COLATERALES  
DÍOXIDO DE AZUFRE SE PROPAGA DE UN INCENDIO EN ÁREAS DE CONFLICTO



**ELECTRÓNICA**  
LAS FUERZAS DE DEFENSA DE ISRAEL, EXPANDEN EL USO DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN ACTIVA TROPHY PARA SUS BLINDADOS

- Noviembre 2016

Noviembre 2016



*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  
UN NUEVO ESCENARIO DE CONFLICTO  
¿CRISIS EN EL ESPACIO ULTRATERRESTRE?**



**AUTOMOTORES  
EL FUTURO DE LOS VEHÍCULOS TERRESTRES NO TRIPULADOS**



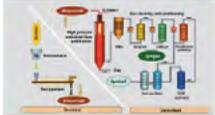
**ELECTRÓNICA  
NUEVOS DISPOSITIVOS DE PUNTERA Y VISIÓN TÉRMICOS US ARMY**



**ARMAMENTOS  
GRANDES ARMAS EN LOS BUQUES DE GUERRA DE US NAVY, PERO SIN PROYECTILES**



**INFORMÁTICA  
A FALTA DE MEJORES CHIPS, LOS TRUCOS ÓPTICOS PUEDEN ECHAR UNA MANO A LOS ORDENADORES**



**QUÍMICA  
MATERIALES ENERGETICOS – BIOCOMBUSTIBLES  
PROCESOS INTEGRADOS PARA PRODUCIR COMBUSTIBLES SINTÉTICOS Y PRODUCTOS QUÍMICOS A PARTIR DE BIOMASA RESIDUAL SECA**



## Vigilancia Tecnológica y Análisis Prospectivos para afrontar con éxito las amenazas y desafíos tecnológicos futuros

“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)**

“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**

