

PERATION ON 07-07-20770

TEC1000

2021

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



Centro de Estudios Grl Mosconi
Prospectiva Tecnológica Militar



TEC1000

2021



Centro de Estudios Grl Mosconi
Prospectiva Tecnológica Militar



CEPTM “GrI MOSCONI”

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

2021

Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar
TEC 1000 / 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Universidad de la Defensa Nacional, 2022.
216 p. ; 21 x 15 cm.

ISBN 978-987-48651-5-1

1. Ingeniería. I. Título.
CDD 620.002

DIRECTOR

CR (R) OIM José Alberto Guglielmone

EDITOR Y PROPIETARIO

CEPTM de la Facultad de Ingeniería del Ejército – UNDEF

ISSN 2591-4162

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

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

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

ÍNDICE

PRÓLOGO . Vicedecano de la Facultad de Ingeniería del Ejército	7
PRESENTACIÓN . Director CETPM "GrI MOSCONT"	9
1. EL CONFLICTO DE NAGORNO-KARABAJ 2020	
1.1 Introducción	11
1.2 Sistemas GNSS y sensores remotos usados en el último conflicto del cáucaso sur Nagorno Karabaj	13
1.3 El conflicto de Nagorno-Karabaj 2020 . Munición merodeadora - Sistemas de armas de artillería y morteros . Lecciones para el futuro de la guerra	25
1.4 La guerra electrónica y ciberguerra en el conflicto de Nagorno-Karabaj en el contexto del empleo de drones como multiplicador de fuerza	41
1.5 Tendencias tecnológicas en sistemas de armas de apoyo de fuego de artillería Conflicto de Nagorno Karabakh	55
1.6 La defensa antiaérea en el conflicto de Nagorno Karabaj	115
1.7 Breves conclusiones finales	126
2. ESTUDIO DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA E INTELIGENCIA ESTRATÉGICA	
2.1 Aplicación de las tecnologías de manufactura aditiva / impresión (AM/3DP) en el área de logística de la Defensa	127
3. ARTÍCULOS SELECCIONADOS EN CONVOCATORIA 2021	161
3.1 CUBESATS: Aproximaciones, desafíos y utilidades	161
3.2 Incorporación del Sar Saocom para el monitoreo operativo del hielo marino y témpanos	173
3.3 Entrenamiento Militar en el Continuo de Virtualidad	183
4. CETPM "GrI. Mosconi" Año 2021	193
4.1 Capacitaciones	195
4.2 Publicaciones	197
4.3 Principales actividades y eventos	199
5. NODO TERRITORIAL DE DEFENSA Y SEGURIDAD	
5.1 Observatorio Tecnológico Mosconi (OTM) de la FIE	203
5.2 Observatorio Tecnológico Aeroespacial (OTA) de la ESGA	209
5.3 Observatorio Argentino del Ciberespacio (OAC) de la ESGC FFAA	213

PRÓLOGO

Tengo la satisfacción de presentar una nueva edición de la TEC1000 producida por el Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar (CEPTM) “Gr1 Mosconi” de la Facultad de Ingeniería del Ejército (FIE) “Gr1 Div Manuel Nicolás Savio”. Esta publicación busca sintetizar las actividades que el CEPTM desarrolló durante el año 2021. El trabajo del Centro se ha consolidado a través de los años y en esta oportunidad integra los trabajos de investigación de autores de otras comunidades académicas quienes han reconocido la trayectoria del Centro dentro del ámbito tecnológico.



En el último tiempo, el Centro se ha profesionalizado en el área de la Vigilancia Tecnológica y ha participado activamente en eventos y conferencias junto con el equipo responsable del Programa Nacional de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VINTEC) del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MinCyT), lo que ha permitido profundizar las relaciones con otros Nodos Territoriales en el ámbito nacional y potenciar su integración en comunidades académicas como es el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI), lo que le permite dar a conocer sus productos y promover los aportes de la Vigilancia e Inteligencia Estratégica (VTeIE) como herramienta para la toma de decisiones de gestión en el ámbito universitario.

Como resultado de estas actividades, el CEPTM ha elaborado novedosos informes, que encontrarán en esta edición, sobre tendencias actuales como es la impresión 3D y un estudio detallado del conflicto de Nagorno Karabaj que abre una perspectiva con interrogantes sobre los nuevos requerimientos de conocimientos, técnicas y desarrollos tecnológicos demandados por las Fuerzas Armadas a nivel mundial. La difusión de este tipo de informes sumado a las actividades y capacitaciones que el Centro ofrece son un valioso aporte sobre las múltiples tendencias tecnológicas de naturaleza militar en desarrollo y constituyen un marco de referencia para orientar, ampliar y enriquecer la gestión de conocimiento, las necesidades y los objetivos de la formación de los estudiantes de nuestro ámbito académico, civil y militar, de la FIE.

Sean estas últimas palabras un agradecimiento a los analistas, a los alumnos que participan como observadores tecnológicos, a los expertos y colaboradores del CEPTM, a los Directores y miembros del Observatorio Tecnológico Aeroespacial de la Escuela Superior de Guerra Aérea y del Observatorio del Ciberespacio de la Escuela Superior de Guerra Conjunta de las Fuerzas Armadas quienes, con entusiasmo y sentido de pertenencia, han hecho posible esta publicación.

CABA, diciembre de 2021

Coronel OIM Alberto Ricardo Nadale

Vicedecano de la Facultad de Ingeniería del Ejército “Gr1 Div Manuel N Savio” – UNDEF

PRESENTACIÓN

Tengo el agrado como Director del Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar “Grl MOS-CONI”, de presentar la quinta edición de nuestra “TEC1000 – 2021”.

Esta nueva publicación contiene una sección que corresponde a los artículos seleccionados por el Comité Evaluador sobre la convocatoria realizada en el año 2021. A todos aquellos que presentaron trabajos, tanto los que fueron seleccionados como aquellos que no lo fueron, nuestro reconocimiento por el esfuerzo y agradecimiento a la confianza en nuestra publicación.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Nación Argentina, por intermedio de la Subsecretaría de Estudios de Prospectiva - Dirección Nacional de Estudios, ha implementado el fortalecimiento de la Red Nacional de Nodos Territoriales de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Estratégica, a través de una serie de capacitaciones y acompañamiento en las metodologías para concluir en diferentes trabajos de interés para cada uno de los Nodos. El **“Nodo Territorial de Defensa y Seguridad”** inserto en el Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar “Grl. MOS-CONI”, se abocó a la temática sobre impresión 3D en apoyo a la logística de defensa. Este trabajo presentado no solo expresa los resultados para ser considerados por el área logística de las Fuerzas Armadas, sino que en su contenido se muestra una metodología detallada que los lectores pueden tomar como modelo de ejemplo para la realización de un estudio de VTelE.

El cuerpo de nuestra publicación se centra en las acciones indagadas por nuestros analistas, en lo que se dio en llamar la “Guerra de Nagorno-Karabaj”, hecho producido a finales del año 2020, la cual fue velada por lo que ocurre y que nos afectan a todos, como es el COVID19. A ciencia cierta podríamos decir que no todos conocieron esta guerra y sus peculiaridades. En esta ocasión decidimos tomar este conflicto como base de Estudio del CEPTM “Grl Mosconi”. Lo que determinó su elección fue que observamos un conflicto totalmente convencional como hacía tiempo no se daba, que se había empleado armamento convencional pero también se habían puesto en la escena del conflicto nuevas y sorprendentes tecnologías con sus modos de accionar, así también el ser un hecho totalmente reciente nos daba la posibilidad de visualizar y vislumbrar tendencias de tecnología que a ciencia cierta se venían observando a través de nuestro OTM, producto de la constante Vigilancia Tecnológica. Aquellos que seguimos la evolución de la tecnología militar, apreciamos que este conflicto entre Armenia y Azerbaiyán tuvo características particulares para tener en cuenta ya que si uno viene siguiendo la marcha de las tecnologías, podrían ser un momento para conjeturar posibles empleos en el futuro. Es por ello que cada uno de los analistas del CEPTM “Grl Mosconi”, tomaron un tema particular del conflicto en el que cada uno es especialista. Cada artículo es único en sí mismo, pero a su vez la suma de los trabajos logra conformar un estudio interrelacionado y concluye en un estudio completo e integrador.

Estoy seguro de que esta nueva TEC1000, por sus contenidos, tendrá la aceptación y repercusión como lo han tenido nuestras publicaciones anteriores, lo que marcará una tendencia de lo que vendrá en el futuro no muy lejano, y puede ser de utilidad tanto para los decisores, como para que los

jóvenes tomen verdadera dimensión de los desafíos que se tendrán que enfrentar, en cuanto al conocimiento y la vertiginosamente cambiante tecnología.

A nuestros lectores, cursantes y a todos aquellos que se acercan a nuestro Centro a través de nuestra página web u otro medio, el agradecimiento por interpretar, valorar y alentar la labor en la cual nos encontramos inmersos y convencidos de “pensar en el futuro”.

CABA, diciembre de 2021

José Alberto Guglielmone

CR (R) Ing. Mil - Dir CEPTM Mosconi

1. EL CONFLICTO DE NAGORNO-KARABAJ 2020

1.1

Introducción

El Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar “Grl Mosconi”, dependiente de la Facultad de Ingeniería del Ejército (FIE), desde su creación en el año 2014, ha venido desarrollando una serie de actividades entre las cuales las de mayor relevancia han sido el accionar dentro de la “Vigilancia e Inteligencia Estratégica” (VeIE) sobre tecnología militar y Prospectiva. Esto se ve plasmado en sus acciones y productos, la página web, la publicación TEC1000 con artículos relevantes, cursos, conferencias, etc. Además, se logró la creación del “Nodo Territorial de Defensa y Seguridad” con el apoyo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación con su programa VINTEC. En esta sección de la edición anterior se realizó un Estudio Prospectivo sobre Defensa Química Biológica y Nuclear (DQBN), siendo totalmente de actualidad con la pandemia que se estaba viviendo.

Hoy, atento a estos antecedentes y consolidado el accionar del CEPTM, fue que, a comienzos del 2021, se decidió realizar un Estudio basándose sobre un caso sucedido recientemente de significativa importancia como fue la llamada Guerra de Nagorno Karabaj.

Dicha guerra se produjo a fines del año 2020, y los estudios se iniciaron a escasos meses de finalizada, la búsqueda de información fue todo un desafío ya que no existían documentos emitidos por fuentes confiables suficientes y de ambos bandos. Esta falta de información se vio minimizada por la actividad de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Estratégica que desde el CEPTM se venía realizando, con la experiencia de los analistas, quienes realizaron el estudio.

La diferencia en sus religiones, en sus orígenes, de las riquezas de sus tierras, sumada a la carga emocional producto de las vivencias de tantos años de historia han llevado a un permanente conflicto entre los pueblos de Armenia y Azerbaiyán, en este caso por la disputa de los territorios de Nagorno Karabaj.

Esta guerra, desarrollada durante 44 días desde el 27 de septiembre hasta el 10 de noviembre de 2020, no fue por todos conocida mediáticamente, ya que se vio envuelta en el contexto mundial de la pandemia, no pudiendo ser observada por el común de la gente. Todos aquellos que tratamos los temas de Defensa es que pudimos seguir el correr de los hechos, hasta cierto punto por la restringida información, la cual es velada o parcialmente difundida por ambos contrincantes.

La decisión de tomar este conflicto como base de estudio por parte del CEPTM “Grl Mosconi” fue que se identificó como una guerra convencional como hacía tiempo no se daba, que se había empleado armamento convencional pero que también se habían puesto en la escena del conflicto nuevas y sorpresivas tecnologías con sus modos de accionar. Así también, al ser un hecho totalmente reciente nos daba la posibilidad de visualizar y vislumbrar tendencias de tecnología que

advertimos se venían examinando a través de nuestro OTM, producto de la constante Vigilancia Tecnológica.

El objetivo de nuestro trabajo netamente académico, es analizar este conflicto reciente con las particularidades que se verán a lo largo del estudio, desde distintos puntos de vista según la especialidad de los Analistas, a fin de extraer conclusiones parciales y generales para brindar esta información relevante a decisores, planificadores o responsables de áreas de interés tratadas, de la defensa y la seguridad.

Por ser artículos individuales con la libertad académica que esto requiere, se podrá observar en algunos casos información repetida y como contrapartida también se verán escasos datos que deberán ser buscados en otro artículo que los trate con mayor profundidad. Esto se debe a que en la guerra existe una íntima relación con las diferentes temáticas tratadas y es muy difícil poder separarlas por completo.

En nuestra primera edición de TEC1000 - 2016, se presentó el artículo "*Munición Guiada para armas de apoyo de fuego de Artillería y Mortero*"¹ y el artículo asociado, "*Vigilancia Tecnológica sobre Munición Guiada para armas de apoyo de fuego de Artillería y Morteros*"², estos han sido sumamente importantes para el trabajo de VTelE que posteriormente se elaboró y se menciona como antecedente de lo ocurrido en la guerra de Nagorno Karabaj. Los UAV, drones y munición merodeadora o "*loitering munition*", se verán en los distintos trabajos que han sido las estrellas del conflicto, pudiendo catalogarlas como un nuevo tipo de municiones guiadas. Anticipandonos a las conclusiones podemos asegurar que ante una posible futura guerra serán nuevamente usadas con mayor tecnología y en mayor cantidad.

CR (R) Ing. Mil José Alberto Guglielmone
Director CEPTM "Grl Mosconi"

¹ CR(R.) VGM Juan Carlos Villanueva – Analista del CEPTM "Grl Mosconi"

² TP Fernando Daniel Quinodoz – Vigia Tecnológico del CEPTM "Grl Mosconi"

1.2

Sistemas GNSS y sensores remotos usados en el último conflicto del cáucaso sur Nagorno Karabaj

Por el CR Ing (R) Ing Mil Alejandro Marcelo Gazpio**

Temario

Resumen	13
Introducción	13
Presentación	18
Conclusiones	22
Agradecimientos	23
Base documental	24

PALABRAS CLAVE: Armenia - Azerbaiyán - Nagorno Kabaraj - Artsaj - Sistemas de navegación - Sistemas de posicionamiento - Vehículos aéreos no tripulados - Sensores remotos - Camuflaje activo

Resumen

Haremos una breve descripción Geográfica y Etnográfica así como geopolítica de la región a fin de entender un poco más la maniobra y medios bélicos empleados. A continuación, una descripción de los tres sucesos bélicos hasta 2020, analizando los medios tecnológicos que son de interés particular para este documento. Luego expondremos particularidades del ambiente en el cual se desarrollaron los acontecimientos y tipos de tecnologías usadas según lo que hemos dispuesto para este trabajo. Y finalmente presentaremos los sistemas de posicionamiento y navegación global (GNSS) y sensores empleados.

Introducción

A modo de introducción, estimo necesario realizar una descripción geográfica y etnográfica de la zona del conflicto, así como antecedentes históricos de los sucesos, ya que nos van a ayudar a comprender el porqué del uso de tal o cual tecnología de empleo bélico. La zona de Nagorno-Ka-

rabaj, es un enclave armenio que oficialmente desde 1923 hasta 2017 se conocía como República de Alto Karabaj. Actualmente se autodenomina como República de ARTAJ (se trata de una República independiente y de facto), que estaría dentro de las fronteras de Azerbaiyán. Tiene un presidente y tiene un Parlamento, pero es un país, que hasta ahora, nadie reconoce (o muy pocos países lo hacen). Se ubica en la zona conocida como TRANSCAUCÁSICA.

Nagorno, en ruso significa montañoso; Kara, es negro en turco y Baj, jardín en persa. Los armenios sólo utilizan ese nombre muy pocas veces y solo cuando entablan conversaciones con extranjeros. Para ellos, esa "tierra santa", tal la definición del propio gobierno de Nagorno Karabaj, se llama Artaj, es decir cómo se llamaba la décima provincia del antiguo reino de Armenia durante la Edad Media.

CONFLICTO ARMENIO-AZERBAIYANO



LA GEOGRAFÍA DE ARTAJ: Artsaj ocupa un área de 4.400 kilómetros cuadrados (11.458,38 kilómetros cuadrados si se incluye el territorio de facto ocupado por Armenia). La capital del territorio es **STEPANAKERT**. Otra ciudad importante es **SHUSHA**. La República de Artsaj es montañosa, característica que le ha dado su antiguo nombre (del ruso "Tierra Alta Karabakh"). Artaj no tiene acceso al mar o a ningún océano y limita con **ARMENIA; AZERBAIYÁN E IRÁN**. Los picos más altos del país son el Monte Mrav, de 3.340 metros, y el Monte Kirs, de 2.725 metros. La masa de agua más grande es el embalse de Sarsang, y los principales ríos son el Terter y el Khachen.

El país está en una meseta que desciende hacia el este y el sudeste, con una altitud media de 1.100 metros (3.600 pies) sobre el nivel del mar. La mayoría de los ríos del país fluyen hacia el Valle de Artsakh.



Monte Murov (en azerí: Murovdağ) o monte Mrav (en armenio: Մրավ լեռ) es una montaña en el distrito de Goranboy de Azerbaiyán que separa la República de Artaj (anteriormente la República de Nagorno-Karabaj) de la región de Martakert. La montaña está ubicada geográficamente en la cordillera del Cáucaso Menor de la que forma parte. La montaña se compone principalmente de rocas y materiales procedentes del Jurásico, Cretácico y/o Paleógeno. La cumbre alcanza los 3343 metros y tiene formaciones de nieve perennes. Tanto las laderas norte como sur están cubiertas por densos bosques y pastos y en el fondo un gran valle.

EL CLIMA DE ARTSAJ: es suave y templado. La temperatura media es de 11 grados centígrados, con fluctuaciones entre 22 grados en julio y -1 grado en enero. El promedio de precipitaciones puede alcanzar los 710 milímetros en algunas regiones, y hay niebla durante más de 100 días al año. En Artsaj existen más de 2000 tipos de plantas, y más del 36 por ciento del país está cubierto de bosques. La vida vegetal de las estepas consiste principalmente en vegetación semidesértica, mientras que los ecosistemas de la zona subalpina y de la tundra alpina se encuentran por encima del bosque en las tierras altas y las montañas.

Artaj controla parte de la región del Alto Karabaj. Cabe hacer la siguiente aclaración: las fronteras entre Armenia y Azerbaiyán se convirtieron en objeto de controversia cuando ambos países se independizaron del Imperio ruso en el año 1918, en particular la zona del Alto Karabaj debido a que presentaba una gran diversidad étnica y, por ende, conflictos ancestrales. A pesar de que ambos Estados fueron incorporados a la Unión Soviética, algunos años después la controversia continuó y la zona del Alto Karabaj quedó contenida dentro de la República Socialista Soviética de Azerbaiyán, conformando la óblast (región o provincia) autónoma del Alto Karabaj.

La “guerra del ALTO KARABAJ”, período entre 1991 al 1994:

Producida la disolución de la URSS a fines de los años 80, la región volvió a presentar fuertes controversias entre Armenia y Azerbaiyán, ya que, habiendo recuperado su independencia e identidad, se enfrentarían en una guerra por la región del Alto Karabaj. La “guerra del Alto Karabaj” se desarrolló durante el período entre 1991 al 1994. La población de este Estado está integrada casi totalmente por armenios, donde el 95 por ciento de los habitantes pertenecen a la Iglesia Apostólica Armenia. Entre tanto, se suma al conflicto otro aspecto ya que la población azerí reclama o denuncia haber sido expulsada o bien tenido que huir de la región.

El 10 de diciembre de 1991, la población de origen armenio de la región de Nagorno Karabaj autoproclamó su territorio como una República Independiente, la **república de Artsa**. Cabe mencionar que no tiene casi reconocimiento, ese territorio es activamente reclamado por Azerbaiyán y solo cuenta con el apoyo de tres territorios que buscan soberanía: Abjasia, Osetia del Sur y Transnistria (República de Moldavia). Tras la guerra de 1994, la República de Artaj logró controlar la mayoría del territorio de la antigua óblast autónoma soviética junto con parte importante de las regiones circundantes, ubicadas en territorio de Azerbaiyán que no estaban en disputa.

No obstante, durante el conflicto, se produjeron los “pogromos” (masacres) de Sumgait, Bakú y Kirovabad. Fueron una serie de matanzas y ataques a la población armenia que vivía en Azerbaiyán, promovidos por las autoridades azerbaiyanas y ejecutados por civiles. Por su parte, el gobierno de Azerbaiyán denunció que el ejército armenio había realizado una masacre en el poblado de **Khojaly**, por este hecho el gobierno de Armenia culpó al propio ejército de Azerbaiyán.

En Stepanakert, la capital de Artsaj, se encuentra el museo de los soldados de esta república caídos en esa guerra en la década del 90.

Conflicto NAGORNO-KABARAJ de 2016:



El Conflicto de Nagorno-Karabaj de 2016 fue un conflicto que comenzó a lo largo de la línea de contacto el 1 de abril 2016, el Ejército de Defensa de Artaj respaldado por las Fuerzas Armadas de Armenia, por un lado y las Fuerzas Armadas de Azerbaiyán en el otro. Los enfrentamientos ocurrieron en una región que se disputa entre la

República de facto de Artaj y Azerbaiyán. La región incluye Nagorno-Karabaj y sus alrededores. Las fuerzas azerbaiyanas intentaron recuperar el territorio que disponían antes, en la época soviética, de Nagorno-Karabaj. **Los enfrentamientos se han definido como "los peores" desde el alto el fuego de 1994.** Se alcanzó un alto el fuego el 5 de abril; sin embargo, ambas partes se acusaron mutuamente de violaciones. Azerbaiyán afirmó haber recuperado 2.000 hectáreas de tierra, mientras que los funcionarios armenios sugirieron una pérdida de 800 hectáreas de tierra sin importancia estratégica. El Departamento de Estado de los Estados Unidos estimó que un total de 350 personas, militares y civiles, murieron. Las fuentes oficiales de las partes en conflicto colocan esas estimaciones mucho más altas o más bajas, según de quién se trate la fuente.

Ambas partes se acusan mutuamente de haber empujado a la batalla. Según Thomas de Waal, analista de la Fundación Carnegie para la Paz Internacional, más de 20.000 soldados están a ambos lados de la línea del frente. Tanques, artillería pesada y helicópteros fueron empeñados. Azerbaiyán afirma haber tomado el control de la aldea de Talish y de dos colinas, lo que Armenia niega. Estos fueron los enfrentamientos más sangrientos desde el alto el fuego de 1994. El 3 de abril, el fuego de artillería continuó, a pesar del anuncio de Azerbaiyán de "cesar las hostilidades de manera unilateral". El martes 5 de abril, se proclamó un alto el fuego bilateral, reafirmado el

8 de abril, bajo los auspicios del CICR (Comité Internacional de la Cruz Roja), en particular de las 15:00 a las 20:00 UTC para permitir la búsqueda de cadáveres de personas desaparecidas. Según los armenios, el Estado de Israel también estaría implicado en los enfrentamientos. De hecho, los israelíes proporcionaron al ejército de Azerbaiyán varios vehículos aéreos no tripulados de la IAI (Industria Aeroespacial Israelí), uno de ellos se estrelló contra un autobús que transportaba voluntarios armenios. El líder de la Knesset, Zehava Gal-On, también lamentó el hecho de que las armas "ciertamente no deben ser utilizadas contra civiles, porque existe un temor importante de que las leyes de guerra hayan sido violadas en este momento mediante la ayuda de las armas israelíes.

Conflicto ARTSAJ (NAGORNO-KABARAJ) de 2020:

Finalmente en 2020, se desató un nuevo conflicto donde Azerbaiyán obtuvo la victoria y logró recuperar gran parte de los territorios, reduciendo a Artsaj al entorno próximo a la capital Stepanakert y otras ciudades próximas. La región, además, cuenta con presencia de tropas de paz rusas. El mapa que sigue a continuación contempla los límites actuales de la República de Artsaj, así como también las regiones entregadas a Azerbaiyán a partir del acuerdo tripartito del año 2020 entre los presidentes de Azerbaiyán y Rusia, Ilham Aliyev y Vladimir Putin, y el primer ministro de Armenia Nikol Pashinyan. La diferencia principal de este mapa, es que

da cuenta de las regiones de la República de Artsaj ocupadas ilegalmente por Azerbaiyán: se trata, principalmente, de las zonas del sur de Artsaj, en particular la ciudad de Shushí (rebautizada Shusha por Azerbaiyán).

EL MAPA DE ARTSAJ DESPUÉS DE LA GUERRA - INFOGRAFÍA DEL DÍA - EULIXE



El mapa fue exhaustivamente elaborado por Martín Simonyan para Diario ARMENIA.

RESUMEN SOBRE LA SITUACIÓN GEOPOLÍTICA DE LA ZONA DE CONFLICTO:

- > Habitantes: Armenia tiene 3.000.000; Nagorno Karabaj (Artsaj), 140.000; Azerbaiyán, 10.000.000.
- > Armenia y Azerbaiyán pertenecen a la región de Transcaucásica (definición soviética de esa zona, que además incluye a Georgia). Las poblaciones que residen allí son respectivamente 3,3 millones (97,9 por ciento armenios; ortodoxos 72,9 por ciento más otros) para Armenia y 8,9 millones (azeríes en 91,6 por ciento; musulmanes chiitas 63 por ciento; y sunitas en 33 por ciento más otros) para Azerbaiyán.
- > Nagorno Karabaj fue una región secesionista de Azerbaiyán, de mayoría armenia. Desde 1990 Azerbaiyán quiere retomar su control.

- > Artsaj no es una población separatista. Declaró su independencia de la misma forma y bajo el mismo mecanismo que lo hicieron Azerbaiyán y Armenia de la Unión Soviética.
- > Azerbaiyán afirma que un 20 por ciento de su territorio está ocupado, una cifra que incluye al territorio de Artsaj que declaró su independencia el **2 de septiembre de 1991**. La población de Artsaj no es ocupante, ya que es población ancestralmente nativa de esas tierras.
- > Armenia defiende la autodeterminación de Artsaj.
- > Nagorno Karabaj (Artsaj) hace lo propio con la autodeterminación de su pueblo.
- > Azerbaiyán busca recuperar la integridad territorial de su Estado. Turquía, nación que cometi-ó entre fines del siglo XIX y principios del siglo XX el genocidio armenio, que no reconoce y aún sigue impune, apoya la integridad territorial de Azerbaiyán.
- > Azerbaiyán cuenta con inmensas reservas de petróleo, lo que le permite cuantiosos gastos militares, mientras que Armenia, mucho más pobre, es un país más cercano a Rusia, que tiene ahí una base militar rusa.
- > Azerbaiyán cuenta con un PNB de unos 50 mil millones de dólares, frente a Armenia que tiene un PNB de unos 10 mil millones. Esta diferencia de riqueza entre los dos países ha afectado ciertamente a los aparatos militares, obviamente a favor de los azeríes.
- > Gracias a la riqueza azerí es que pudieron hacer uso de tecnologías avanzadas, incluidas las adquiridas en Israel.
- > Israel tiene particular interés ya que obtiene información fundamental de sus enemigos, los iraníes. "Se trata de relaciones estratégicas: Israel importa una parte importante de su petróleo desde Azerbaiyán y exporta sus armas a ese país, uno de los principales clientes de la industria militar israelí", señala Gallia Lindenstrauss, analista del Instituto de estudios estratégicos de Tel Aviv (INSS).
- > Italia tiene intereses por el Gas Azeri
- > Nagorno Karabaj sirve como corredor para los oleoductos que llevan petróleo y gas a los mercados mundiales.
- > Moscú vende armas a ambos países, pero hasta ahora había jugado un papel de árbitro en la región, evitando la inminente guerra abierta que ocurrió entre Armenia y Azerbaiyán.
- > Expertos internacionales han considerado que esta nueva escalada se explica en parte por la falta de una mediación internacional activa.

Presentación

El conflicto de ARTSAJ (NAGORNO-KABARAJ) de 2020 culminó con el alto el fuego del 9 de noviembre de 2020 luego de cuarenta y cuatro días de combates. Según una entrevista del 27 de septiembre 2020, al experto regional Thomas de Waal, quien expresó "que era casi imposible que las hostilidades fueran iniciadas por la parte armenia". Fundamentalmente, los armenios obtuvieron la victoria en la década de 1990, por tanto "tienen todo el territorio que quieren", dijo de Waal. Además, "su incentivo era normalizar el status quo".

"Por varias razones, Azerbaiyán calculó que la acción militar les daría algo", dijo el experto militar ruso Mijaíl Jodáronok , además declaró que Azerbaiyán había planeado y preparado la operación ofensiva en Karabaj de antemano. Finalmente agregó en su momento, "que el ejército azerbaiyano no pareció completar sus objetivos iniciales durante los cinco primeros días de enfrentamientos y que la ofensiva podría estancarse".

El supuesto objetivo inmediato del ataque azerbaiyano fue liberar los distritos (raiones) de Füzuli y Cəbrayıl, al sur del Alto Karabaj, donde el terreno es menos montañoso y más favorable para las operaciones ofensivas.

Según la información recogida de la revista Foreign Policy, un comentarista predijo que Azerbaiyán tendría grandes dificultades para tratar de liberar toda el área del Alto Karabaj debido a:

- > Terreno montañoso extremadamente inaccesible controlado por las tropas armenias.
- > La preparación del ejército azerbaiyano no fue eficiente, con la moral baja, y una tasa de desertión de hasta el 20 por ciento.
- > Finalmente, a pesar de las grandes inversiones en la compra de equipo militar a partir de los beneficios del petróleo, dijo que el ejército de Azerbaiyán carecía de la formación adecuada para el uso de nuevo equipo.

Turquía ha utilizado el conflicto para intentar potenciar su influencia en el Cáucaso Meridional a lo largo de su frontera oriental, por medio de recursos militares y diplomáticos para ampliar su esfera de influencia en el Medio Oriente y marginar la influencia de Rusia, que es otra potencia regional. Rusia tiene una alianza militar con Armenia, pero históricamente ha seguido una política de mantener la paridad en el largo conflicto, además Armenia no solicitó ayuda a Moscú. Según Michael Kofman, director del programa de estudios sobre Rusia en la CNA dijo “que es poco probable que Rusia intervenga a menos que Armenia sufriera pérdidas drásticas”.

En este conflicto, Rusia y Turquía han apoyado a Armenia y Azerbaiyán, respectivamente, pero de diferentes maneras. Aunque los dos estados son miembros de la **Organización del Tratado de Seguridad Colectiva**, Liderada por Moscú, que prevé el apoyo militar de Rusia en caso de ataque, dado que Artsaj no está reconocido como un estado independiente, Moscú no intervino directamente en el ataque azerbaiyano, limitándose a desplegar sus propias unidades militares en Armenia, a lo largo de la frontera. Entonces, Putin, aunque un partidario histórico de Armenia, mantuvo un perfil bajo, al menos hasta que las fuerzas azerbaiyanas amenazaron directamente a Stepanakert, la capital de facto de Artsaj.

Libre para actuar, Erdogan ha desplegado soldados, mercenarios fundamentalistas, con el ejército azerbaiyano y valiosos armamentos, que determinaron el éxito militar de esa parte. Así se llegó al 9 de noviembre, cuando Putin trajo nuevamente a los contendientes a la mesa de negociaciones, de este modo se sancionó un alto el fuego aún vigente, que congeló la situación sobre el terreno. De todos modos Rusia desplegó una unidad militar de mantenimiento de la paz en Artsaj, con el fin de monitorear el cumplimiento del acuerdo. Aún así, Erdogan, después de todo, durante el desfile de la victoria en Bakú, declaró: *"Estamos hoy aquí para celebrar esta gloriosa victoria, la liberación de las tierras ocupadas de Azerbaiyán; sin embargo, eso no significa que la lucha haya terminado."*

Putin, por su parte, declaró el 18 de diciembre que "Nagorno Karabaj, desde el punto de vista del derecho internacional, es territorio azerbaiyano, ni siquiera reconocido por Armenia". Que “las raíces están en el conflicto étnico, que comenzó en Sumgait, que luego se extendió a Nagorno-Karabaj”. Luego, refiriéndose a los pogromos anti-armenios de 1988, continuó: “Cada lado tiene sus razones. Los armenios de Nagorno-Karabaj tomaron las armas en su momento para proteger sus vidas y su dignidad. Y se creó la situación que existía en el momento de la escalada del conflicto de este año”.

Desde 1992, la OSCE ha tratado de resolver la disputa con el Grupo de Minsk, liderado por Francia, Estados Unidos y Rusia, que también cuenta con la participación de Italia. Pero los hechos muestran que este foro diplomático hasta ahora ha fracasado en su misión. Cabe recordar también que Azerbaiyán es un exportador de hidrocarburos (el gasoducto TAP es el gasoducto del sur de Europa que recibe el gas procedente de los yacimientos de Azerbaiyán en la frontera

turco-griega y lo envía a Italia, tras recorrer casi 900 kilómetros a través de Grecia, Albania y el mar Adriático).

Por las características de su geografía y la etnografía, el uso de armas tuvo que ser muy cuidadoso y preciso a fin de no producir daños colaterales, ya que lo que se buscaba era atacar los objetivos militares, tales como vehículos blindados u otros así como instalaciones castrenses en especial puestos de comando; de comunicaciones y baterías de misiles. Los daños a la población civil de mayoría Armenia constituirían un grave despropósito.

Podríamos decir que se trató de un conflicto con espacios de **maniobra** y **combate** muy restringidos por la **geografía** y los **antecedentes culturales**.

El uso del aguijón de hierro, arma desarrollada por Israel que se encontraba en etapas de experimentación sin dudas fue uno de los empleados para la destrucción tan puntual de los blancos militares, fundamentalmente vehículos blindados. El uso de GNSS (del sistema Ruso GLO-NAS y sistema Americano GPS) así como sensores y marcadores láser han permitido la asombrosa precisión de este armamento, circunscribiendo las operaciones a espacios de mínima maniobra táctica con alta letalidad.

También por la misma causa los ataques aéreos tuvieron que ser conducidos por medio de Helicópteros y Vehículos Aéreos No tripulados (DRONES), estos últimos fueron de preferencia por parte de ambos actores por su menor costo y capacidad de maniobra en vuelo.

De acuerdo a la prensa israelí, la empresa Elbit Systems vendió a Azerbaiyán drones armados. Como consecuencia de esto, responsables armenios han acusado al enemigo azerbaiyano de perpetrar ataques contra sus posiciones utilizando drones israelíes. En Jerusalén, al conocerse los ataques con drones israelíes, pudieron verse banderas armenias en las ventanas de las casas del barrio armenio de la Ciudad Vieja. En una conversación telefónica con su homólogo Armen Sarkissian, el presidente israelí, Reuven Rivlin, manifestó su "tristeza" por la violencia en Nagorno Karabaj y además dijo estar "dispuesto a brindar ayuda humanitaria", de acuerdo a un comunicado emanado de su oficina.

Turquía, aliado de Azerbaiyán, también fue acusado por Armenia de proveer drones a Azerbaiyán. No obstante, esto no hace a Israel y Turquía aliados. Desde el incidente del "Mavi Marmara", en 2010, cuando las fuerzas israelíes lanzaron un asalto mortífero contra un barco turco que transporta



ba ayuda humanitaria a Gaza, las relaciones entre ellos se han tensado. A esto se añaden disputas por recursos gasíferos en el mar Mediterráneo, Libia y el conflicto israelí-palestino.

Utilización de munición MAM (Mini Akıllı Mühimmat, Smart Micro Munition) es una familia de municiones inteligentes con GPS /INS y guiadas por láser producidas por el fabricante turco de la industria de defensa ROKETSAN. Esta munición ha sido desarrollada para vehículos aéreos no tripulados (UAV), aviones de ataque ligero, aviones de combate y misiones



aire-tierra para plataformas aéreas de baja capacidad de carga útil. MAM puede atacar objetivos estacionarios y móviles con alta precisión.

Los drones han inundado los cielos de los territorios en disputa en el Cáucaso.

Durante más de seis semanas, los Harop de fabricación israelí que esperan en el cielo el momento de lanzar su ataque kamikaze, o los últimos drones procedentes de Turquía como los Bayraktar TB2 o Anka-S, han dado la vuelta a un conflicto que ha transformado la guerra de trincheras en una guerra tecnológica del siglo XXI.

HAROP



BAYRAKTAR TB2



ANKA-S



Los sistemas de misiles antiaéreos TOR-M2KM de fabricación rusa fueron destruidos por los Harop durante el conflicto. Otro de los complejos TOR-M2KM fueron destruidos por los BayraktarTB2. Cabe aclarar, según datos no oficiales, que solo un sistema de defensa aérea TOR-M2KM permaneció en servicio; todos los demás vehículos fueron destruidos.

El intenso uso de Drones para ataques suicidas, así como para iluminar (mediante LÁSER) los blancos; el uso de sistemas GNSS(GPS y GLO-NAS fundamentalmente) para su posicionamiento y dirección de fuegos han sido la característica de esta guerra donde DRONES, GPS, LÁSER, SENSORES REMOTOS (VISORES INFRARROJOS PARA DETECCIÓN DE BLANCOS) han sido las PRINCIPALES DE LA BATALLA. Esto sin olvidar el uso de satélites SATCOM que han sido fundamentales para mantener las comunicaciones por las distancias entre los medios físicos y los puestos de comando y control de los mismos.

No existe constancia, pero se cree que para ocultar ciertos objetivos, las fuerzas armenias y/o de Artsaj han empleado un camuflaje activo, que consta de una red constituida por azulejos de celdas peltier. Estas celdas se pueden calentar o enfriar mediante electricidad, de este modo se altera la firma espectral de temperatura a fin de mimetizarse con el entorno y confundir los



sensores infrarrojos a bordo de las aeronaves que indican la presencia de puntos calientes. Esta tecnología en desarrollo por Israel (empresa ELTICS), bien podría haberse dispuesto para los armenios ya que por lo menos un sistema de lanzamiento TOR-M2KM, se salvó de los ataques de los drones azeríes.

Por el desarrollo de los ataques de Azerbaiyán, podría haber comenzado con la neutralización de los puestos de comando y control del ejército armenio, luego se atacaron las unidades blindadas en la zona de reserva y en las zonas de apresto y reunión. Una vez neutralizada la red de comando y control y unidades móviles de la reserva, se inició el ataque a las posiciones defensivas y la conquista de los pueblos. De este modo se pudieron atacar poblaciones civiles que permitieron apoderarse de las estribaciones de la cordillera de Nagorno Karabaj. Con la amenaza sobre el corredor de Lanchin cayó la ciudad de Shusha y una seria y cierta amenaza sobre Stepanakert, motivo suficiente para la intervención de Putin (Rusia) e instando un alto el fuego desplegando fuerzas de paz rusas.

Para el ataque a los puestos de Comando y Control, es factible que se utilizaran emisiones electromagnéticas y los UAV (vehículos aéreos no tripulados) Harop. Este tipo de avión tiene capacidad de volar durante siete horas y esperar sobre el campo de batalla mediante sus SENSORES, las emisiones de radio. Una vez realizada la detección radioeléctrica se dirige con una trayectoria vertical u oblicua al objetivo, destruyéndolo con la carga explosiva que lleva.

A continuación, los ataques fueron sobre las reservas blindadas y en las áreas de apresto y reunión, esta vez, con UAV de origen turco: el Bayraktar TB2, dron con una autonomía de 27 horas, capaz de volar hasta ocho mil metros de altitud, apenas visible incluso por radar y silencioso, armado con misiles aire-tierra. Existen videos en Internet, capturados por estos aviones piloteados a distancia. Se pueden ver los objetivos con cámaras de alta definición y su destrucción por el impacto del misil.

Conclusiones

La posesión de tecnología de UAV/UCAV durante los próximos años será primordial o la piedra angular de la defensa para muchos países. Este último escenario de conflicto resultó ser mucho más importante de lo esperado para el público y la comunidad internacional. Esto significa que los UAV/UCAV y munición merodeadora ya no se relegarán únicamente a cometidos ISR (reconocimiento), y algunas veces CAS (apoyo aéreo cercano), ya que han sido usados sus videos como propaganda de ataques y para amedrentar al oponente.

Los drones utilizados por Azerbaiyán (tanto de fabricación nacional, como israelí o turca) han demostrado ser muy efectivos. Esto constituye un punto de inflexión (aunque ya se observó en algunos escenarios como en Siria o Libia).

Los drones se mueven lentamente y son difíciles de derribar. Sin embargo esto se puede solventar mediante el empleo de tácticas de ataque de enjambre o incluso con el uso de redes lanzadas o bien generando interferencias a las comunicaciones y finalmente el uso de armas de pulso electromagnético.

Una técnica para descubrir defensas antiaéreas es enviando señuelos (AN-2/FH-98) y destruirlas mediante el empleo de micro municiones (MAM-C/L) lanzadas por UCAV (Bayraktar – TB2) a distancia de seguridad o por los llamados drones “Kamikaze” o municiones merodeadoras como los IAI Harpy, Harop o los Aeronautics Defense Orbiter-1K o “Zerbe”, así como las versiones 2 y 3 del Orbiter producidas localmente en Azerbaiyán por Azad Systems. Estas son algunas de las ventajas del empleo masivo de drones en combate o también llamadas como “Guerras de Drones”:

- > Son relativamente baratos, fáciles de operar y mantener.
- > Debido a su forma y materiales de construcción, últimamente los drones son más sigilosos que los aviones de combate.
- > Los drones con el equipo de interferencia adecuado pueden interrumpir la comunicación del enemigo.
- > Los drones pueden ayudar en la guía (FAC) de los ataques de artillería y que estos se tornen mucho más precisos. Los Bayraktar TB-2 azeríes (se sospecha que fueron durante toda la campaña operados por técnicos y asesores turcos) sirvieron para iluminar blancos para la artillería y sistemas lanzacohetes azeríes.
- > Los drones con el software de inteligencia artificial adecuado pueden eliminar fácilmente objetivos de gran valor ocultos por el enemigo. Es decir, eliminar toda la esencia del arte del engaño ya sea mediante el camuflaje o mediante el empleo de señuelos avanzados.
- > Los drones diseñados para eliminar las defensas aéreas son muy efectivos debido a sus diseños más pequeños y sigilosos.
- > Los drones pueden aprovechar al máximo la orografía del terreno para esconderse y aproximarse al objetivo de forma letal.
- > Los drones han sido utilizados para desarrollar y promocionar el sistema de propaganda militar para consumo interno y externo de Azerbaiyán. En este punto es destacable la cantidad masiva de producto propagandístico que se ha obtenido extrayendo imágenes de las cámaras y sensores que llevaban instalados los drones utilizados en este conflicto.
- > En los próximos conflictos habrá que tener equipos y armamentos de contramedidas a fin de minimizar el ataque de drones, a saber:
 - > Equipos de interferencia de señal GNSS (GPS-GLONAS-BEIDU-ETC)
 - > Camuflaje activo o inteligente y pasivo
 - > Sistemas de reflexión de láser marcador de blancos o de absorción de la luz láser.

Este conflicto ha demostrado que el empleo de este tipo de aparatos (drones) no es solamente apto en las operaciones contra insurgencia o COIN, también son totalmente recomendables si el enemigo es mucho más desorganizado, débil o si simplemente carece de buena fuerza aérea o anti aérea y radares.

Según estas conclusiones, los drones traen consigo un total “*Game Changer*”, seguramente no otorguen la victoria en forma directa al contendiente que los opere masivamente sobre el terreno de conflicto, pero sí logrará doblegar la resistencia y moral de las tropas enemigas. Esto se debe a un tipo de “miedo psicológico” que se genera en el adversario, muy similar al que sintieron las tropas aliadas cuando aparecieron sobre los cielos de Europa los famosos Ju-87 “*Stuka*” alemanes, que caían en picada y hacían sonar sus famosas “*Trompetas de Jericó*”, creando desesperación y caos en sus líneas. Esta idea de amedrentar al enemigo con sonido no es nueva, por cierto, y es tan antigua como la guerra.

Como corolario, es necesario hacer hincapié y recordar que se necesita al infante o soldado para asegurar y controlar las posiciones tomadas al enemigo, en otras palabras “poner botas en el terreno” para asegurar y/o consolidar el objetivo tomado al adversario.

Agradecimientos

Un especial agradecimiento para el CEPTM por ser el difusor de las tecnologías presentes en los conflictos actuales y que permiten al lector “ver cómo evoluciona el Arte de la Guerra” a fin de prepararnos en la Paz para la Guerra.

Base documental

- > Aguijón de Hierro, la munición con la que Israel revoluciona un arma que existe hace siglos – Centro de Estudio Grl Mosconi (undef.edu.ar)
- > Israel prueba con éxito su “Aguijón de Hierro”: mortero guiado por láser (israelnoticias.com)
- > Israel se encuentra indirectamente implicado en el conflicto en Nagorno Karabaj - RFI
- > Guerra de drones en el Cáucaso Sur: lecciones aprendidas de Nagorno Karabaj (ieee.es)
- > ¿Por qué es importante Nagorno Karabaj? ¿Cuál es el papel de Turquía?: las principales preguntas sobre el conflicto entre Armenia y Azerbaiyán - RT
- > Nuevas tecnologías en la guerra: reflexiones sobre el conflicto de Nagorno-Karabaj. - 14 Milímetros (14milimetros.com)
- > El conflicto de Nagorno Karabaj de 2020 y la evolución (tecnológica) de las operaciones militares - Defensa en línea (difesaonline.it)
- > MAM (Smart Micro Munition) - Wikipedia, la enciclopedia libre
- > Israel se encuentra indirectamente implicado en el conflicto en Nagorno Karabaj (clarin.com)
- > Blog de las Fuerzas de Defensa de la República Argentina: Guerra aérea: La munición mero-deadora sobre Nagorno-Karabakh (fdra.blogspot.com)
- > MAM (micro munición inteligente) - gaz.wiki
- > Drones turcos e israelíes cambian el escenario de Nagorno Karabakh y de los conflictos futuros - El Radar
- > El dron kamikaze israelí Harop destruyó el complejo TOR-M2KM (avia-es.com)
- MAM (Smart Micro Munition) - Wikiwand
- > Las trompetas de Jericó de los Stuka – Curistoria
- > En 2010, la empresa israelí, Eltics, creó un prototipo de un sistema de azulejos para un camuflaje infrarrojo en vehículos. En 2011, BAE Systems anunció su camuflaje infrarrojo Adaptiv. Este consta de unas 1000 hexagonal uniones Peltier que cubren el - Buscar (bing.com)

****Alejandro Marcelo Gazpio**, Coronel en situación de retiro, promoción 106, Arma de Ingenieros, Ingeniero Militar especialidad Geográfica, Comisión permanente en la República de Bolivia, Especialista en Seguridad e Higiene ocupacional, ex Subdirector IGM, Integrante del CEPTM de la FIE, profesor de topografía, geomorfología y tecnología de la representación, perito judicial; ha realizado distintas publicaciones sobre su especialidad.

1.3

El conflicto de Nagorno-Karabaj 2020

Munición merodeadora - Sistemas de armas de artillería y morteros

Lecciones para el futuro de la guerra

Por el CR A (R) Juan Carlos Pérez Arrieu*; TC A Ing Mil Walter Allende**

Temario

Resumen	25
Introducción - El conflicto de Nagorno Karabaj (NK) en 2020	26
Breves conceptos sobre Sistemas de Armas (SA)	28
La tecnología dron su empleo y aplicaciones - Drones en el área de defensa y seguridad - Múltiples denominaciones para el dron - Configuración elemental de un dron - Clasificación OTAN	28
Munición merodeadora - Concepto - Ventajas	30
Empleo de los UAV - drones en los SA	32
Empleo de drones en el conflicto NK	35
Conclusiones	38
Referencias	38

PALABRAS CLAVE: Drone warfare, UAV, loitering Munitions, drones suicidas, munición táctica merodeadora, munición vagabunda, sistemas de armas de artillería, guerra de drones, Nagorno Karabaj, munición inteligente.

Resumen

La Artillería de Campaña en el combate no nuclear tiene como misión apoyar con sus fuegos a los elementos de combate cercano destruyendo los blancos que obstaculizan su misión, dar profundidad al campo de combate y aislarlo mediante: fuegos de contrabatería, batiendo las reservas del enemigo, restringiendo sus movimientos, desorganizando sus sistemas de comando

y otras instalaciones. En el combate nuclear, busca obtener la superioridad de fuego sobre la artillería nuclear enemiga¹.

La tendencia actual es duplicar el alcance de los sistemas de artillería, ya existen proyectos de llevar los cañones de 155 a los 70 km ^{2y3}, adaptándose al campo de batalla moderado y cuya característica es la letalidad con el menor daño colateral posible⁴, de allí la necesidad de incorporar munición inteligente y sistemas de sensores para evitar la sorpresa y adquirir y batir blancos con el menor tiempo posible.

La guerra de cuarenta y cuatro días de combate entre las Repúblicas de Armenia y Azerbaiyán por el estratégico enclave de Nagorno Karabaj a finales del año 2020, nos proporciona numerosas lecciones sobre la utilización de tecnología innovadora en el campo de batalla.

El trabajo pretende exponer haciendo foco en la tecnología, los artefactos, sistemas y procedimientos que contribuyeron a la victoria de las fuerzas azeríes⁵. Se trata entonces de analizar los sistemas de armas, su modo de empleo y en lo posible extraer experiencia del conflicto que permita capitalizarla a futuro.

Como se ve en la misión de la artillería en forma genérica, tiene por finalidad paralizar la maquinaria de guerra enemiga, en el conflicto de Nagorno Karabaj de 2020 los drones cumplieron esa misión con distintas funciones, en especial las municiones merodeadoras (Loiteiring Munitions en inglés) sorprendieron por su efectividad al ser incorporadas masivamente a sus sistemas de armas.

Es posible especular e inferir que si esta tecnología fuera adoptada por la artillería del Ejército Argentino (EA) se podría llenar parcialmente el vacío actual entre los 30 y 200km con el consiguiente aumento de la capacidad de los subsistemas de adquisición de blancos (sensores ISR⁶) y de munición guiada (munición inteligente) para los fuegos precisos.

En síntesis, el artículo pone de relieve cómo el conocimiento y la innovación transforma y potencia las organizaciones o sistemas con capacidad de aprender.

Introducción

El conflicto de Nagorno Karabaj en 2020

Es bien sabida la importancia del estudio de la historia y en particular de la historia militar para los profesionales del arte de guerra, que están obligados a conocer e incorporar (por razones de supervivencia) ese saber histórico que permite reflexionar sobre la realidad y proyectar lo que trasciende al hecho en sí.

Apoyándose en disciplinas como la Vigilancia Tecnológica, la Prospectiva y la Ingeniería militar, el artículo trata de identificar esos "hechos portadores de futuro" derivados del conflicto de Nagorno Karabaj en 2020.

¿Pero qué es lo que hace interesante el análisis del último conflicto entre las repúblicas de Armenia y Azerbaiyán por Nagorno Karabaj en 2020? A poco de interiorizarse del desarrollo de las

1 Reglamento de conducción de la artillería de campaña, Ejército Argentino.

2 <https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/?p=6068>; https://taskandpurpose.com/military-tech/army-ecra-long-range-artillery-cost/?utm_source=Mailthru&utm_medium=email&utm_campaign=EBB%2006.04.20&utm_term=Editorial%20-%20Early%20Bird%20Brief consultado el 31 de Marzo de 20221.

3 <https://www.thedrive.com/the-war-zone/19847/the-army-now-wants-hypersonic-cannons-loitering-missiles-and-a-massive-supergun> consultado el 29 de abril 2021

4 JC Perez Arrieu, Conocimiento, C&T y poder militar en el siglo XXI: las guerras del futuro, TEC100 2017, FIE - UNDEF - CEFA digital <http://190.12.101.91/jspui/handle/1847939/1605>

5 Azerbaiyano

6 ISR : Intelligence Surveillance & Reconnaissance

operaciones militares se hace manifiesto que la innovación en el uso de la tecnología disponible fue lo determinante para los azeríes: **¡la tecnología modifica la doctrina!**, es lo que se advierte.

Desde la antigüedad el instrumento militar de una nación, reino o imperio fue la manifestación más evidente de su poder, en términos históricos el poderío militar era considerado una prolongación de la fuerza, en la actualidad el conocimiento embebido en los sistemas de armas posiciona al conocimiento como condición previa para todo poder militar, pensemos en dos ejemplos extremos: en los Sistemas de Armas (SA) complejos como son los misiles de defensa aérea⁷, o en la pintura que según convenga absorbe o refleja radiación de nuestros cascos y vehículos, más que en otras épocas el conocimiento es fuente de poder asegura la supervivencia y la libertad⁸, paradójicamente es el principal recurso de destrucción porque maximiza el uso de la fuerza.

El último conflicto entre Armenia y Azerbaiyán por Nagorno Karabaj se extendió por seis semanas desde setiembre a noviembre de 2020, fue de corta duración⁹, pero muy rico en lecciones, es uno de los conflictos latentes más antiguos del mundo. Aquí solo nos dedicaremos a analizar la tecnología y la doctrina sobre algunos sistemas de armas empleados que a nuestro juicio hicieron la diferencia a favor de los azeríes. El uso de drones y munición merodeadora han sido elementos distintivos de los combates.

Rusia, Turquía (miembro de la OTAN) e Israel están detrás de los dos países en conflicto, Armenia apoyada militarmente por Rusia (aunque ambos países tenían armamento de origen ruso) sufrió un elevado número de pérdidas y sus fuerzas de defensa aérea fueron incapaces de neutralizar los drones azeríes y de ejercer un control efectivo del espacio aéreo.

Hubo un periodo de aprendizaje, desde 2008 Azerbaiyán comenzó a emplear pequeños drones para uso militar sobre Nagorno-Karabaj con misiones de reconocimiento, en 2011 las empresas turcas e israelíes cooperan con los azeríes en el armado de drones para sus FFAA. En 2016 ambas naciones utilizan masivamente los UAV tanto para vigilancia como como apoyo para ataques terrestres, esa fue la primera vez que se utiliza la munición merodeadora en combate¹⁰.

Turquía asistió a los Azerbaiyanos con tecnología militar, con drones munición y misiles¹¹ de fabricación propia, su tecnología de drones y aviones no tripulados recogió la experiencia de su empleo en Libia 2019, Siria 2020 y en la lucha contra Partido de los Trabajadores de Kurdistan dentro de su propias fronteras.

La principal lección puesta de manifiesto es que las unidades terrestres, de artillería, blindadas, mecanizadas y motorizadas son extremadamente vulnerables frente a los nuevos conceptos de adquisición y destrucción de blancos con drones.

Estimaciones de analistas militares que elevan las pérdidas armenias a casi 200 tanques, 90 vehículos blindados y 182 piezas de artillería indican que las bajas y pérdida de material se debieron a los nuevos conceptos de empleo combinado de drones y artillería y a las municiones merodeadoras israelíes.

7 Mientras se escribe el presente trabajo se están desarrollando combates entre el grupo terrorista Hamas en la franja de Gaza e Israel, uno de los SA de ADA relevantes que se menciona es el llamado " Domo de hierro" <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-57124126> consultado el 24 de mayo 2021

8 Jean Francois Lyotard, La Condición Posmoderna, Editorial REI, Argentina Bs AS, 3ra edición 1995.

9 <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-54886462#:~:text=Armenia%20y%20Azerbaiy%C3%A1n%20y%20Rusia,la%20disputada%20regi%C3%B3n%20Nagorno%20Karabaj.&text=El%20pacto%20se%20acord%C3%B3%20tras,manejada%20por%20armenios%20desde%201994>. Consultado el 05 de mayo 2021

10 <https://www.rferl.org/a/nagorno-karabakh-kamikaze-drone-debut/27658645.html>

11 <https://www.hurriyetdailynews.com/turkeys-missiles-drones-at-azerbaijans-service-official-156626> consultado el 15 de abril de 2021
<https://www.americanpurpose.com/blog/fukuyama/droning-on/>

Los enfrentamientos mostraron que las plataformas terrestres para no ser blancos fáciles deben ser acompañadas en sus desplazamientos con elementos de defensa aérea de corto alcance, de guerra electrónica y sistemas anti -UAS¹².

La capacidad y experiencia turca que integro los drones con la artillería (de tubo, cohetes y misiles) fue clave en el desarrollo del conflicto¹³, y se aprecia que ese modo de empleo /doctrina cobrara más importancia en el combate moderno.

Breves conceptos sobre sistemas de armas

En un SA existen fundamentalmente dos fases, una de Planeamiento y otra Operativa, sobre las cuales se puede aplicar la tecnología para mejorar el sistema como un todo.

En la fase de planeamiento operacional la intervención del hombre es imprescindible y comprende:

- > Determinación de objetivos
- > Análisis de los blancos
- > Selección de los sistemas de armas

La fase operativa comprende:

- > Detección del blanco
- > Clasificación
- > Ubicación
- > Selección del arma
- > Orientación del arma
- > Lanzamiento
- > Evaluación

En el concepto de Sistema de Armas intervienen además un Subsistema de Mantenimiento y un Subsistema de Abastecimiento. Todos estos componentes deben tenerse en cuenta a la hora de determinar la mejor relación costo – eficacia para enfrentar un blanco.

A los componentes del sistema y de los subsistemas, se les puede incorporar inteligencia, es decir, son pasibles de mejoras, atendiendo que no se refieren sólo a elementos complejos y sofisticados, como pueden ser los sistemas de defensa aérea, sino que comprenden también al combatiente individual, que necesita educación e instrucción adecuada, sensores que aumenten sus capacidades, medios de información y transmisión de datos, armas, vestimenta y equipo para un determinado teatro, objetivo o misión.

Hoy es posible potenciar todos estos subsistemas con Inteligencia Artificial (IA) que provee capacidad de autonomía parcial o total a un sistema.

La tecnología dron su empleo y aplicaciones

Drones en el area de defensa y seguridad

Los sistemas aéreos no tripulados (UAV) han experimentado un importante crecimiento en los últimos años, tanto en el ámbito militar como en su empleo en aplicaciones civiles.

La idea como arma no es nueva, “en 1863 un inventor norteamericano llamado Charles Perley patentó en Nueva York un dispositivo de lanzamiento de bombas embarcado en un globo

¹² UAS : Sistemas Aéreos no tripulados

¹³ https://www.washingtonpost.com/world/middle_east/turkey-drones-libya-nagorno-karabakh/2020/11/29/d8c98b96-29de-11eb-9c21-3cc501d0981f_story.html

aerostático no tripulado. El rudimentario dispositivo consistía en un temporizador que debería abrir la barquilla del globo para liberar su carga explosiva¹⁴, desde allí a recorrido un largo camino hasta llegar a las municiones merodeadoras.

Los UAV integran e impulsan diversas tecnologías como ser: sistemas de control y guiado, comunicaciones, robótica, inteligencia artificial (IA), aerodinámica, propulsión, materiales, electrónica, munición merodeadora, entre otras.

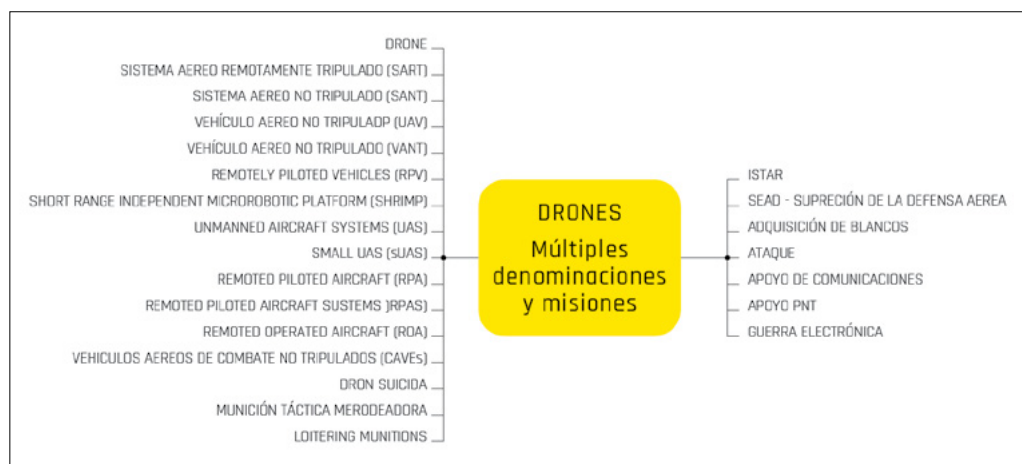
Múltiples denominaciones para el dron¹⁵

La palabra dron (plural drones) se registra en la 23ª edición del diccionario académico, como adaptación al español del sustantivo inglés drone (literalmente zángano), para referirse a una aeronave no tripulada. En la figura 1 podemos ver las distintas denominaciones para los drones.

Cuestiones legales o regulatorias plantean que conceptualmente la designación más apropiada sea la de Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS)¹⁶ para evitar confusión sobre el grado de control humano sobre el sistema.

Desde hace algunos años que se plantea la cuestión ¿Puede un robot decidir por sí mismo destruir un blanco?... El robot no puede ser definido como responsable de sus acciones aunque haya desarrollado su IA.

FIGURA 1: MÚLTIPLES DENOMINACIONES DRON O RPAS



Los misiles de crucero se han confundido a menudo con estos sistemas, aunque entre ellos existen dos diferencias fundamentales: los drones pueden (en algunos casos) ser recuperados y su carga no está integrada dentro de la estructura aerodinámica básica, mientras que los misiles de crucero no son recuperables y su cabeza de guerra forma parte de la estructura.

14 Sistemas no tripulados de los UAV a los RPAS; Perfiles IDS; Madrid 2014; <https://www.infodefensa.com/wp-content/uploads/Af-Uavs-10-03.pdf>; consultado el 06 de Abril 2021

15 [https://www.fundeu.es/recomendacion/dron-adaptacion-al-espanol-de-drone/#:~:text=La%20palabra%20drone%20\(plural\)%20drones,una%20aeronave%20no%20tripulada](https://www.fundeu.es/recomendacion/dron-adaptacion-al-espanol-de-drone/#:~:text=La%20palabra%20drone%20(plural)%20drones,una%20aeronave%20no%20tripulada); consultado el 06 de Abril 2021

16 Sistemas no tripulados de los UAV a los RPAS; Perfiles IDS; Madrid 2014; <https://www.infodefensa.com/wp-content/uploads/Af-Uavs-10-03.pdf>; consultado el 06 de Abril 2021

Configuración elemental de un dron

En la tabla nro 1 se aprecia los componentes elementales que pueden configurar un dron.

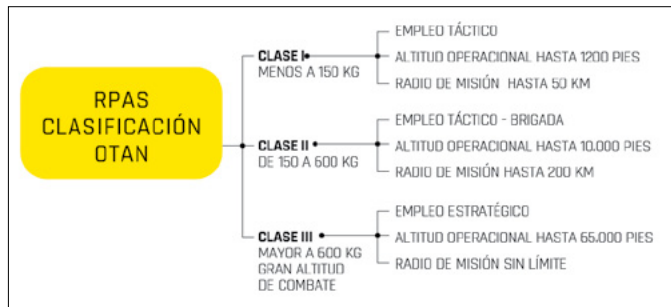
TABLA 1: CONFIGURACIÓN ELEMENTAL DE UN DRON

Vehículo	La plataforma para sensores, carga útil o armamento.
Carga útil	Sensores electroópticos (EO) - visible y telemetro laser) Radar Guerra electrónica Designadores de blancos Armas Explosivos
Comunicaciones	LOS (dentro de la línea de visión) BLOS (mas allá de la línea de visión)
Equipos de apoyo	Lanzamiento y recuperación, kit de despliegue
Interfaz C2	Centros de operaciones

Clasificación OTAN

Existen diversas formas de clasificar a los drones aéreos, por el tipo de ala, por su tipo de control (autónomo, control remoto), ámbito (civil, militar), uso etc., en la Fig. 2 se detalla los UAV o RPAS según la clasificación de la OTAN.

FIGURA 2: CLASIFICACIÓN OTAN



Munición merodeadora¹⁷

Concepto

Los Drones se han desarrollado desde puros objetos de vigilancia aérea no tripulados hasta máquinas de combate armadas

¿Que son las municiones merodeadoras?

Las Loitering munitions, Municiones merodeadoras, Munición vagabunda o Drones kamikazes, son una nueva categoría de arma, creada por la convergencia de UAV con armas guiadas de precisión.

“Con frecuencia descritos como mini misiles de crucero de bajo costo, un precio de alrededor de U\$ 100 mil apenas los hace baratos. Sin embargo, en comparación con el costo de U\$ 900K del misil de ataque terrestre Tomahawk (TLAM) o U\$ 12 millones para un nuevo tanque de batalla principal, la economía de las municiones merodeadoras es convincente, especialmente porque un solo misil puede neutralizar de manera confiable objetivos a distancias significativas.”¹⁸

¹⁷ Un resumen de munición merodeadora (al 2016) se puede encontrar en <https://dronecenter.bard.edu/files/2017/02/CSD-Loitering-Munitions.pdf>

¹⁸ <https://uklandpower.com/2021/04/25/have-loitering-munitions-made-tanks-obsolete/>

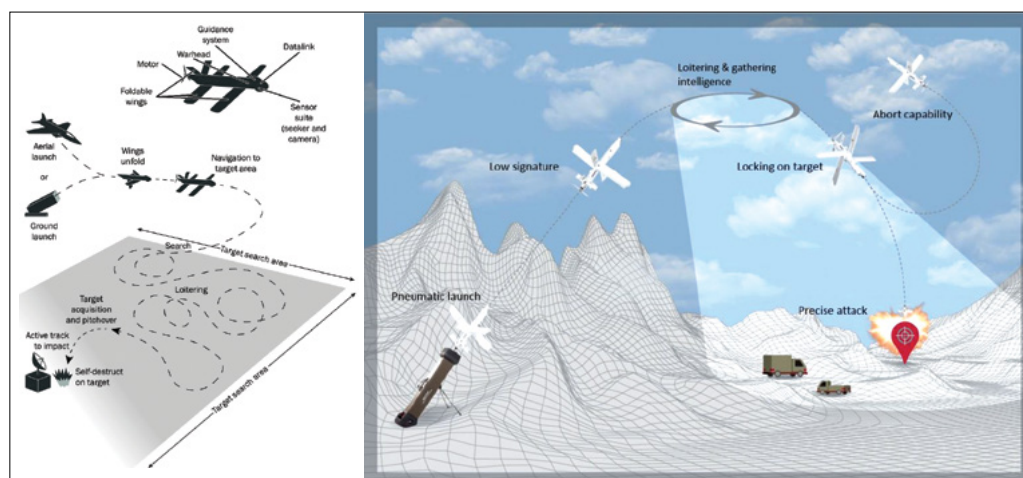
El sistema se puede pilotar a través de un tablet o enviarle las coordenadas del blanco para que actuar en forma autónoma. Son relativamente económicos como se enunció mas arriba y con una autonomía considerable pueden patrullar y buscar objetivos en grandes áreas. El entrenamiento para los operadores implica el empleo de simuladores como en cualquier sistema hoy diseñado ingenierilmente. Se pueden desplegar rápidamente, montados en vehículos ligeros en contenedores con varios misiles.

Asimismo, es posible emplearlos en enjambres autónomos o en red, donde diferentes variantes configuradas asumen varios roles. Las versiones con sensor podrían detectar objetivos para aquellos “drones suicidas”.

Otras funciones esta vez de apoyo, no de combate, son por ejemplo las de brindar “posición, navegación y sincronización” (PNT) para no depender de los GNSS y comunicaciones en red circunscripta a la zona de combate.

La Figura 3 muestran imágenes de su concepto de empleo.

FIGURA 3: CONCEPTO DE USO DE MUNICIÓN MERODEADORA



Boulanin, Vincent & Verbruggen, Maaik. (2017). Mapping the development of autonomy in weapon systems. 10.13140/RG.2.2.22719.41127. <https://uivisionuav.com/our-technology/>

Ventajas de las municiones merodeadoras

Las municiones merodeadoras permiten atacar con sorpresa, precisión y letalidad.

- > Bajo costo
- > Portátiles o de despliegue rápido
- > Fáciles de operar
- > Relevante para operaciones de contrainsurgencia
- > Precisas
- > Letales
- > Se puede usar en todas las fases de la batalla (ataque, defensa, retirada y avance)
- > Poseen funciones de aborto de la misión para evitar daños colaterales

Ejemplos de empleo de UAV en los sistemas de armas

Mientras que los fuegos de artillería se pueden utilizar de manera efectiva para blancos fijos o aislar el campo de combate, las municiones merodeadoras se pueden usar para blancos móviles o de oportunidad o para posiciones ocultas donde la munición de trayectoria parabólica no es efectiva. Si bien existen las municiones guiadas de precisión (PGM), que pueden ser lanzadas con cañones de 155 mm, hoy no pueden enfrentarse a objetivos ocultos o en movimiento que se presentan fugazmente en el campo de combate.

Las municiones merodeadoras permiten atacar con sorpresa, precisión y letalidad.

Otra capacidad importante a destacar que presentan las municiones merodeadoras es la de reducir sustancialmente la diferencia de tiempo entre la adquisición del objetivo y su destrucción (los americanos llaman a esta secuencia *targeting*), una variable vital y una tendencia que se acentúa.

Sin embargo, es necesario recordar que las municiones merodeadoras solo pueden permanecer en el aire durante unas pocas horas a la vez. En otras palabras, no son persistentes, es otra herramienta/tecnología que se incorpora al campo de combate y para la cual hay que también desarrollar contramedidas específicas como lo demuestra el conflicto que puntualmente destacamos.

A continuación a modo de ejemplo se muestran modos de empleo / uso por diferentes unidades de ejército.

REINO UNIDO - 47 REGIMENT ROYAL ARTILLERY



Tiene misiones de Inteligencia, Adquisición de blancos y Reconocimiento (ISTAR) opera el sistema Watchkeeper¹⁹

- > **Tamaño:** 6,5 m de largo, 10,9 m de envergadura
- > **Peso de despegue:** 485 kg
- > **Alcance desde la estación de tierra:** 150 km
- > **Velocidad de crucero:** 77 nudos
- > **Altitud:** 16.000 pies
- > **Autonomía:** 14 horas

<https://www.army.mod.uk/who-we-are/corps-regiments-and-units/royal-artillery/47-regiment-royal-artillery/>

¹⁹ El Watchkeeper WK450 esta basado en el sistema Elbit Hermes 450 UAV Israeli, es fabricado por UK en acuerdo con la Compañía Elbit Systems.

²⁰ <https://www.forbes.com/sites/sebastienroblin/2020/03/02/idlib-onslaught-turkish-drones-artillery-and-f-16s-just-destroyed-over-100-armored-vehicles-in-syria-and-downed-two-jets/?sh=4a7f1d7e6cd3>

REINO UNIDO - 32 REGIMENT ROYAL ARTILLERY

Opera el sistema de Lockheed Martin Desert Hawk III (DHIII)

De un alcance superior a los 15 Km y una autonomía de 60 minutos tiene misiones de vigilancia y reconocimiento, su lanzamiento es manual.

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/673940/doctrine_uk_uas_jdp_0_30_2.pdf

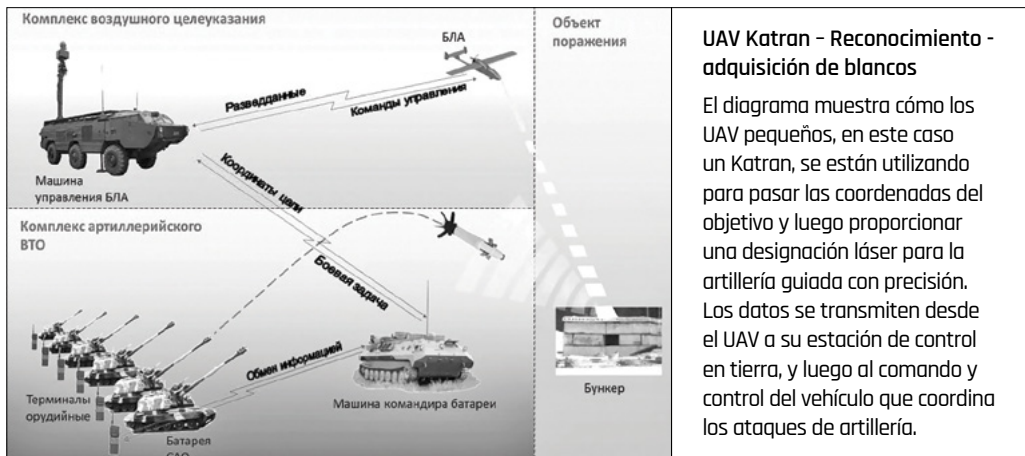
POLONIA - EJERCITO

WB Warmate - Loitering munitions

Micro munición merodeadora desarrollada por la empresa polaca WB Electronics

- > **Peso:** 5kg
- > **Autonomía:** 50 min
- > **Techo:** 500m
- > **Alcance:** 12km

<https://polandin.com/52410849/polish-army-introduces-new-loitering-munition-system>

SIRIA - SYRIAN ARAB ARMY (SAA)²⁰

UAV Katran - Reconocimiento - adquisición de blancos

El diagrama muestra cómo los UAV pequeños, en este caso un Katran, se están utilizando para pasar las coordenadas del objetivo y luego proporcionar una designación láser para la artillería guiada con precisión. Los datos se transmiten desde el UAV a su estación de control en tierra, y luego al comando y control del vehículo que coordina los ataques de artillería.

<https://www.ainonline.com/aviation-news/defense/2020-02-27/innovative-uav-technology-helps-syrian-army-offensive-idlib>

ISRAEL - EJERCITO

		Familia HERO (H 20; H30; H 70; H 120) Munición merodeadora Adquisición de blancos y ataque > Antipersonal - H20 10km > Antipersonal - H30 40km > Vehículos ligeros - H70 40km > Blindados - H120 40km > Blancos de oportunidad H 250 - 150km > Áreas urbanas, conflictos asimétricos - H 400 y 400EC - 150km > Todo tipo de blancos H 900 - 250km > Todo tipo de blancos - H1200 -200km (30kg explosivos)
		

		
Hero 400EC montado en JLTV es un sistema de munición merodeador extremadamente compacto y móvil.	IAI HAROP Drone Munición merodeadora Cuenta con una ojiva con capacidad para almacenar ocho kilos de explosivos, pesa un total de 45 kilos y puede ser operado desde un lanzador móvil.	Elbit Systems Skylark I y Skylark II Sistema portátil de vigilancia táctica y reconocimiento. Se lanza con la mano. Tiene una autonomía de 10 km. Consta de una cámara CCD y puede equiparse con Infrarrojo de barrido frontal para operaciones nocturnas. Envía imágenes de vídeo en tiempo real a una estación portátil en tierra. Recupero en un pequeño colchón inflable.

TURKIA - FUERZA AÉREA**Cohetes guiados por laser y Misiles antitanque**

El Bayraktar TB2 fue desarrollado por la empresa de la industria de defensa Baykar Makina

El TB2 puede permanecer en el aire durante 24 horas y puede realizar misiones de reconocimiento y ataque

El Ejército turco, ha utilizado sus drones para ejecutar misiones de inteligencia, vigilancia, adquisición de objetivos y reconocimiento (ISTAR) para el obús Firtina de clase 155 mm y múltiples sistemas de lanzamiento de cohetes²¹.

<https://www.ainonline.com/aviation-news/defense/2020-02-27/innovative-uav-technology-helps-syrian-army-offensive-idlib>

Empleo de drones en el conflicto Nagorno Karabaj

En setiembre de 2020, nuevamente se reiniciaron las hostilidades en la región de Nagorno Karabaj, entre las Repúblicas de Armenia y de Azerbaiyán.

Un antecedente de ensayo tecnológico sobre la temática de drones que nos ocupa ya se había anticipado en el año 2016, durante la denominada “Guerra de los Cuatro Días” entre los dos países. El conflicto en 2020, también se desarrolló en un escenario geográfico limitado sin la participación de aviones de combate y sin que los hechos hayan escalado a una guerra generalizada.

La tecnología que se empleó mediante drones militarizados, cambió los paradigmas de las operaciones convencionales. Estos dispositivos, pequeños en su contextura, pasan casi inadvertidos tanto para la vista humana como para los radares convencionales, considerando que son bastante silenciosos comparados con aviones o helicópteros de combate. El sonido del motor es mínimo, la intensidad del zumbido aumenta cuando el dron, tras hallar un objetivo, acelera y se lanza contra él con su carga explosiva.

El ejército azerbaiyano empleó vehículos no tripulados HAROP, de fabricación israelí, que poseen una envergadura de 2,5 m, pudiendo portar una carga de hasta 23 kg de explosivos, y un alcance de 1000 km. Los azeríes, dueños de un gran número de drones militares clase I, II y III, además de los HAROP, poseen drones ORBITER o el HERMES, también de fabricación israelí, y drones del tipo BAYRAKTAR TB12, fabricado por la Fuerza Aérea turca, con una envergadura de

²¹ <https://www.aa.com.tr/es/an%C3%A1lisis/cinco-conclusiones-militares-clave-que-ha-dejado-la-guerra-entre-azerbaiy%C3%A1n-y-armenia/2026633>

12 metros, una capacidad portante de 150 kg, capacidad de transporte de misiles antitanque aire superficie y una autonomía de 27 horas.

Azerbaiyán utilizó sus drones para cazar los TELAR, (lanzadores) de misiles balísticos móviles Scud-B de Armenia, se podría suponer que los UAS ahora tienen una nueva tarea en el campo de batalla, destruir misiles balísticos móviles de carretera antes de la fase de ataque.

El avión no tripulado Bayraktar TB-2 gana experiencia en Siria y Libia y el ejército azerbaiyano siguió los pasos de la escuela turca de guerra con drones. Los utilizó eficazmente para cazar y atacar las defensas aéreas. Solo en las dos primeras semanas de los enfrentamientos se destruyeron unas 60 unidades de defensas aéreas armenias, en su mayoría sistemas 9K33 OSA y 9K35 Strela.

En cuanto al ejército armenio que contaba en sus arsenales con drones de Clase I, desarrolló uno propio conocido como KRUNK (Cisne), diseñado para reconocimiento y transmisión de video con una autonomía de 5 horas; adquiriendo además el modelo Ptero 5E, de fabricación rusa. Por esta razón, sus maniobras durante este conflicto han sido principalmente defensivas, centrando sus esfuerzos en neutralizar drones azerís²² por medio de sus Sistema de Defensa Aérea de fabricación rusa.

La defensa aérea armenia con tecnología de los años 80 a demostrando la incapacidad en la detección de drones, los radares de búsqueda, adquisición y seguimiento de los sistemas de armas antiaéreos armenios fueron diseñados para la detección de aeronaves de mayor tamaño (firma radar) con perfiles de vuelo rápidos.

Por esta razón el sistema de defensa S-300 PS armenio fue incapaz de detectar el tipo de drones empleados por Azerbaiyán, al igual que el SA – 8 Gecko que solo puede batir objetivos con una velocidad de al menos 365 km/h, velocidad superior a la mayoría de los drones empleados.

Uno de los sistemas de defensa aérea armenia más actualizados es el SA-15 Gauntlet, conocido también como Tor-M2, este sistema de armas no ha logrado producir pérdidas significativas a Azerbaiyán, derribando una baja cantidad de dispositivos móviles aéreos, radicando su problema no tanto en la detección, sino en que el alcance de sus misiles, son inferiores al de los misiles empleados por el dron TB-2.

Armenia se ha visto sobrepasada por la estrategia azerí, sumando a su tecnología obsoleta la falta de coordinación y de movilidad de sus medios de defensa, presentando tácticas deficientes frente a la amenaza dron, de todas maneras, los sistemas de defensa han conseguido derribar munición merodeadora y TB-2.

Las Fuerzas azeríes se concentraron en cuatro estrategias principales en la neutralización de las defensas aéreas armenias.

1. Empleo de manera profusa del dron TB-2 frente a los sistemas de defensa SHORAD.

Para ello, se sirvieron de la munición MAM (Munición micro inteligente) que posee un guiado láser con un alcance de 8km, y en su variante MAM-L posee un extendido de 14 km, permitiendo eliminar sistemas antiaéreos como el SA-13 gopher o el SA-8 Gecko.

2. Empleo de la munición merodeadora específica SEAD Harop/Harpy.

Estos drones resultan difícilmente detectables tanto por su tamaño como su mínima firma infrarroja que presenta. Es tremendamente beneficioso comparando su costo de obtención con el costo del objetivo a neutralizar. Drones como el reconocido neutralizador de radares, Harpy, cuyo costo es de un valor aproximado de 70.000 dólares ha logrado neutralizar varias unidades del sistema S-300PS, cuyo costo supera ampliamente el del módulo aéreo.

²² Señuelos SAM de Armenia: <https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/?p=7766> consultado el 24 mayo 2021

3. Utilización de drones en misiones ISTAR (Inteligencia, Vigilancia, Adquisición de Objetivos, Reconocimiento) para alimentar el ciclo de Targeting.
4. Empleo de tácticas de supresión de las defensas aéreas basadas en un tándem señuelo-efector de sistemas de armas no tripulados.

Azerbaiyán, para lograr estos efectos ha logrado modificar aeronaves obsoletas, biplanos Antonov An-2 confeccionadas para la agricultura, de forma de volarlo de forma no tripulada y que sirvan de señuelos, de manera de proseguir su trayectoria hacia su objetivo. La táctica consistió en lanzar estos biplanos en combinación con drones TB-2 armados con misiles MIM, así como munición merodeadora Harop o Harpy con capacidad de búsqueda radar.

Como resultado de este empleo, el An-2 activaba las defensas aéreas antiaéreas mientras los drones TB-2 y la munición merodeadora detectaba y localizaban su ubicación y lograban destruirla.

Las pérdidas armenias de equipamiento militar durante el conflicto han sido muy numerosas, provocadas de forma directa o indirecta por drones militarizados.

Parte de estas pérdidas se deben a su escasa movilidad, a la defensa de sus medios en trincheras y fortificaciones, resultando ser objetivos altamente localizables para los drones.

Según Azerbaiyán, en el período comprendido entre los días 27 y 30 de septiembre, habrían destruido aproximadamente 200 vehículos, 228 piezas de artillería, MLRS y morteros, además de 30 sistemas de defensa aérea, en gran medida fueron neutralizados por los drones.

La guerra acontecida entre las Repúblicas de Armenia y Azerbaiyán por el enclave de Nagorno Karabaj, a finales del año 2020, ha destacado el empleo tecnológico de dispositivos no tripulados de vuelos autónomos en el campo de batalla.

El empleo sistemático y táctico de una gran variedad de sistemas aéreos no tripulados, tanto en misiones de reconocimiento como de ataque por las Fuerzas Armadas de Azerbaiyán, ha sido clave en su victoria final.

La incorporación de estos dispositivos, su adaptación doctrinaria a su metodología en el campo de batalla, y una correcta aplicación estratégica, han sido esenciales para marcar superioridad de poder de combate.

Por su parte, las FFAA de Armenia ha sufrido un elevado número de pérdidas en sus filas, marcando la demostrada incapacidad de neutralizar drones azeríes, emplear tácticas deficientes frente a esta amenaza y de no ejercer un control efectivo del espacio aéreo.

Las defensas aéreas deben adaptarse a la amenaza que han demostrado los drones, junto con la capacidad de los sensores de brindar alerta temprana y sistemas de defensa antiaérea capaces que los complementen.

Los drones se presentan hoy en día como un activo esencial, pudiendo ser empleados en un gran espectro de misiones. La combinación de drones de ataque y munición merodeadora de bajo coste, se han mostrado eficientes frente a las defensas actuales.

La defensa contra drones es una tarea aún pendiente, debido a su complejidad y a la tecnología más económica y de difusión mucho mayor que la tecnología encargada de contrarrestarla.

Esta nueva escalada bélica nos ha demostrado a no subestimar el valor de esta tecnología en el campo de batalla.

El primer viceministro de Defensa de Armenia, David Tonoyan, tras la guerra de 2016, afirmó que Armenia “no consideraba necesario comprar drones caros cuando es posible

golpear el objetivo con un lanzagranadas convencional²³". Cuatro años después, los lanzagranadas no consiguieron la victoria para Armenia.

Conclusiones

Analizar los conflictos armados y pensar el carácter futuro de la guerra es una tarea central de la profesión militar.

La guerra de cuarenta y cuatro días de combate entre las Repúblicas de Armenia y Azerbaiyán por el estratégico enclave de Nagorno Karabaj a finales del año 2020, proporciona numerosas lecciones sobre la utilización de tecnología innovadora en el campo de batalla.

La capacidad de Azerbaiyán para integrar la tecnología a sus sistemas y adaptar la doctrina de empleo hizo la diferencia.

El uso generalizado por parte de Azerbaiyán de una gran variedad de sistemas aéreos no tripulados, tanto en misiones de reconocimiento como de ataque, fue la clave para la victoria en ese conflicto.

En el conflicto de Nagorno Karabaj de 2020, el sistema de apoyo de fuego azerí paralizó la maquinaria de guerra enemiga, incorporando masivamente drones con distintas funciones: de detección, de adquisición y destrucción de blancos, en especial se destacaron las municiones merodeadoras (Loiteiring Munitions) complementando los sistemas de armas de artillería y morteros con alcances superiores a los 180Km .

La Munición Merodeadora llegó para quedarse en el campo de combate a todo nivel, desde la menor fracción de infantería hasta los fuegos de largo alcance.

Una tarea pendiente es la concepción y diseño de la defensa contra drones en forma eficaz y eficiente (recordemos el evento de un Patriot en 2014 abatiendo un dron terrorista ... y la I&D sobre armas de energía dirigida) .

Finalmente es posible especular e inferir que si esta tecnología fuera adoptada por la artillería del Ejército Argentino se llenaría parcialmente el vacío actual entre los 30 y 200 km con el consiguiente aumento de la capacidad en los subsistemas de adquisición de blancos (sensores ISR) y de munición (guiada / inteligente) para los fuegos precisos.

Principales referencias

- > Juan Carlos Villanueva, Fernando Quinodoz, Munición guiada para armas de apoyo de fuego de artillería y morteros, CEPTM Mosconi – FIE- UNDEF, <http://www.cefadigital.edu.ar/bitstream/1847939/1618/1/TEC1000%202016%20Munici%C3%B3n%20guiada%20para%20armas%20de%20apoyo%20de%20Fuego%20de%20Artiler%C3%ADa%20y%20Morteros.pdf>
- > Martín Delgado, José Alberto. Guerra de drones en el Cáucaso Sur: lecciones aprendidas de Nagorno-Karabaj. Documento de Opinión IEEE 21/2021. http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2021/DIEEE021_2021_JOSMAR_DronesCaucaso.pdf y/o enlace b3
- > Prabhu, R. (2020). Loitering Munitions: Bridging Sensor to Shooter Voids in Artillery Fires by Precision. *CLAWS Journal*, 13(2), 190–202. Retrieved from <https://ojs.indrastra.com/index.php/clawsjournal/article/view/26>

²³ SITNIKOVA, Irina. "Israeli drones refused to be supplied in Yerevan", RUECONOMICS, 11/04/2016. <https://rueconomics.ru/168514-v-erevane-otkazalis-ot-postavok-izraelskih-dronov> Citado en http://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2021/DIEEE021_2021_JOSMAR_DronesCaucaso.pdf

- > Juan C. Perez Arrieu, Conocimiento, C&T y poder militar en el siglo XXI: las guerras del futuro, CEFA digital, CEPTM Mosconi – FIE - UNDEF <http://190.12.101.91/jspui/bitstream/1847939/1605/1/TEC1000%202017%20Conocimiento%20CYT%20y%20Poder%20Militar%20en%20el%20sXXI.pdf>
- > Joint Doctrine Publication 0-30.2 Unmanned Aircraft Systems Joint Doctrine Publication 0-30.2 (JDP 0-30.2), dated August 2017, Ministry of Defence UK, https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/673940/doctrine_uk_uas_jdp_0_30_2.pdf
- > Vincent Boulanin ; Maïke Verbruggen SIPRI ; MAPPING THE DEVELOPMENT OF AUTONOMY IN WEAPON SYSTEMS; https://www.sipri.org/sites/default/files/2017-11/siprireport_mapping_the_development_of_autonomy_in_weapon_systems_1117_1.pdf
- > <https://uklandpower.com/2021/04/25/have-loitering-munitions-made-tanks-obsolete/>
- > Resumen de munición merodeadora al 2016 - <https://dronecenter.bard.edu/files/2017/02/CSD-Loitering-Munitions.pdf>
- > <https://www.efe.com/efe/america/destacada/los-drones-campearon-en-cielos-de-karabaj/20000065-4364853>
- > <https://misionverdad.com/investigaciones/la-guerra-de-los-drones-en-nagorno-karabaj-y-m%C3%A1s-all%C3%A1>
- > <https://www.aa.com.tr/es/an%C3%A1lisis/cinco-conclusiones-militares-clave-que-ha-dejado-la-guerra-entre-azerbaiy%C3%A1n-y-armenia/2026633>
- > Sistema Israeli “ Arpia - Harpy LM ” Loiteiring munition <https://www.iai.co.il/p/harpySistemas>
- > Sistema USA Switchblade 300 y 600 Loiteiring munition <https://www.avinc.com/tms/switchblade-600>

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

Ex Director y actual Analista del Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Grl Mosconi de la Facultad de Ingeniería del Ejército, Docente de la FIE - UNDEF y Docente Investigador de la de la UTNFRGP - Dpto Ing Mec y SC&T, miembro del Área de Prospectiva de Energía Eléctrica - APEE - UTN SC&T.

** **Walter Allende:** Teniente Coronel de Artillería, Ejército Argentino, Egresado del Colegio Militar de la Nación, Bachiller en Ingeniería; Ingeniero Militar Geográfico (Instituto Universitario del Ejército/ Escuela Superior Técnica); Especialista en Higiene y Seguridad (Instituto Universitario del Ejército/ Escuela Superior Técnica); Licenciado en Estrategia y Organización con orientación a la Información (Instituto Universitario del Ejército/Escuela Superior de Guerra); Ex - Docente de la Facultad de Ingeniería del Ejército (FIE), Analista del Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Grl Mosconi de la Facultad de Ingeniería del Ejército, Analista Meteorológico IIFA (Instituto de Inteligencia de las Fuerzas Armadas), Jefe del Grupo de Mantenimiento de Sistemas Antiaéreos 601 “My Novoa”.

1.4

La guerra electrónica y ciberguerra en el conflicto de Nagorno-Karabaj en el contexto del empleo de drones como multiplicador de fuerza

Por el CR Com (R) Ing Mil Rafael Mario Olivieri

Temario

Introducción	41
La guerra electrónica - EW (electronic warfare)	42
La ciberguerra	42
El conocimiento	43
El conflicto de Nagorno - Karabajh	43
¿Dónde y cómo interviene el espectro electromagnético y el ciberespacio?	44
¿Cómo funcionan los drones?	44
Los drones en el campo de combate	46
Guerra electrónica	47
Ciberguerra	49
Sistemas EW que probablemente participaron	50
Conclusiones	53

PALABRAS CLAVE: Nagorno Karabaj, Armenia Azerbaiyán, guerra electrónica, EW, espectro electromagnético, ciberguerra, loitering munitions.

Introducción

La rápida y contundente victoria de Azerbaiyán, caracterizada por el empleo de nuevas tecnologías en el campo de batalla, que ya eran conocidas, pero que en este caso se emplean por primera vez en un conflicto del tipo Estado contra otro Estado ha despertado un gran interés entre los analistas militares y las naciones sobre las lecciones de este conflicto para futuras guerras.

En particular, el desgaste de las defensas aéreas, la artillería y vehículos blindados armados por *vehículos aéreos no tripulados* azeríes, el uso de fuego de artillería dirigido por estas plataformas y el uso de munición guiada, entre otras, ha llevado a un debate significativo sobre los recursos del poder militar en operaciones militares de alta intensidad.

Pero detrás de las consecuencias visibles del fuego y la maniobra existen otros recursos que desarrollan acciones en otro espacio que no es el campo de combate definido en la tierra, el cielo o el mar: *la guerra electrónica y la ciberguerra*. Se demuestra que sin el dominio en estos espacios, no será posible el dominio en el campo de batalla real, por mas que se cuente con superioridad de medios.

La guerra electrónica - EW (electronic warfare)

La *guerra electrónica* es una actividad que se desarrolla en un espacio intangible denominado espectro electromagnético, que podemos definir, en una apretada síntesis, como el conjunto de todas las frecuencias posibles que producen radiación electromagnética. No todas las ondas electromagnéticas tienen el mismo comportamiento, por ello el espectro electromagnético se divide convencionalmente en segmentos o bandas de frecuencia. De la misma forma, el empleo militar de este espacio es diverso: para comunicaciones, que posibilitan el comando y control y "no comunicaciones" o uso en sistemas de armas y sensores.

Este espacio no se puede delimitar de la misma forma que el campo de combate mediante líneas o límites en el terreno, puesto que las ondas electromagnéticas no se ajustan a ellos, sino que se propagan en el espacio real conforme a leyes de la física, dependiendo de su frecuencia, potencia, direccionalidad de la radiación y condiciones meteorológicas, entre otros.

El dominio de este espacio es crucial en la guerra moderna, puesto que por él se comunican y comandan las fuerzas en el terreno (Comando y Control). Los sensores pueden detectar amenazas a tiempo, y se pueden guiar sistemas de apoyo de fuego, para citar algunos ejemplos.

La guerra electrónica incluye acciones defensivas, para asegurar el uso propio del espectro electromagnético por parte de la propia fuerza, y acciones ofensivas, tendientes a obtener información y negar al enemigo el uso de su espacio electromagnético, con lo cual afecta su comando y control, y reduce y/o neutraliza su uso por parte de distintos sistemas de armas. Además, es una valiosa fuente de reunión de información de inteligencia.

La ciberguerra

Al igual que el concepto anterior, la *ciberguerra* se desarrolla en un espacio intangible, denominado ciberespacio. Tampoco podemos definir sus límites físicos, aunque potencialmente abarca todos los sistemas de comando y control y sistemas de armas conectados en red que emplean software.

Se puede "entrar" a ese espacio por medio de las redes de datos, en muchos casos desplegadas en el espectro electromagnético, pero hay mas formas, en general basadas en el engaño, y en la explotación de vulnerabilidades técnicas y humanas, convirtiéndolo en un espacio muy complejo.

Los sistemas actuales de comando y control, y sistemas de armas integran componentes electrónicos avanzados, que incluyen software embebido en ellos, integrados a los sistemas de información para lograr capacidades avanzadas. La evolución tecnológica de los sistemas de armas y de comando y control hace necesario el uso del ciberespacio, ganando capacidades, pero a la vez exponiendo vulnerabilidades.

La ciberguerra, al igual que la guerra electrónica, incluye acciones defensivas, para proteger del enemigo los sistemas de información y sistemas embebidos propios, y acciones ofensivas,

para negar / neutralizar su uso por parte del enemigo, y constituye una importante fuente de información de inteligencia. Se extiende a Internet y redes sociales, y también es una plataforma para operaciones de guerra psicológica.

La *ciberguerra* desarrolla acciones que se pueden percibir en forma directa, por sus resultados, como la negación de un servicio, pero también otras imperceptibles, muy peligrosas, con consecuencias muy variadas.

El conocimiento

Si bien operar en el espectro electromagnético o el ciberespacio, requiere de equipamiento, no será posible su empleo exitoso, sin el personal calificado y entrenado.

En países que lideran estos conceptos, como en las Fuerzas de Defensa de Israel, vemos a personal calificado en estas operaciones, por ejemplo personal con estudios en ciencias exactas o ingeniería, que son los mejores operadores de estos sistemas, porque no se ajustan solo a procedimientos establecidos, sino que desarrollan su actividad en forma proactiva, y pueden planificar y desarrollar acciones para situaciones especiales, aplicando sus conocimientos e iniciativa.

Además, el conocimiento de la ciencia y la tecnología que se puede aplicar a la solución de un problema militar, permite realimentar al sistema, adecuando doctrinas y generando recursos innovadores, muchas veces disruptivos que permiten obtener la ventaja en el campo de combate.

El conflicto de Nagorno - Karabaj

Armenia se había preparado durante mucho tiempo para un ataque de Azerbaiyán con el objetivo de recuperar la tierra perdida en el conflicto de 1994, pero esperaba una guerra de maniobras convencional y confiaba en su capacidad de maniobra, basada en vehículos blindados, y en su potencia de fuego, con cañones, obuses y misiles, junto con su poder aéreo, incluyendo medios avanzados de defensa aérea. En cambio, el combate real fue contra un adversario que tenía un alcance extendido, que podía atacar donde quería y que desarrolló una guerra de desgaste, hasta doblegar su capacidad de defensa. ¿Cómo logró esto Azerbaiyán? Tomo la iniciativa en el empleo de la tecnología. Los analistas coinciden en el acertado empleo de drones y hasta se vieron algunas acciones de *ciberguerra* en redes sociales.

Sistemas de defensa aérea armenios, incluidos los complejos TOR y S-300 de origen ruso fueron vulnerables. Más de 30 sistemas de defensa aérea armenios fueron destruidos por drones turcos TB2 armados con inhibidores electrónicos y micro munición (MAM), similares a los sistemas Hellfire, así como por drones israelíes merodeadores Harop, Orbiter-1, y por drones kamikaze turcos Kargu. Azerbaiyán ganó el espacio aéreo. Estos sistemas de armas inmovilizaron a las fuerzas terrestres armenias. Al mismo tiempo, YouTube fue el medio elegido para publicar los videos azerbaiyanos de ataques exitosos con drones, lo que provocó un gran impacto psicológico que afectó la voluntad de lucha de su enemigo. Armenia, si bien contaba con alguna tecnología propia de drones, no llegó equiparar a su oponente.

Azerbaiyán consiguió dominar y derrotar a las fuerzas armenias empleando nuevas tecnologías y doctrina.

Estas nuevas tecnologías y armas desarrollan su poder empleando el *espectro electromagnético* y el *ciberespacio*, cuestiones que sin duda Azerbaiyán tuvo en cuenta. La sorpresa no fue tanta, Azerbaiyán ya había exhibido parte de su arsenal en desfiles militares y videos, y Armenia contaba con sistemas de guerra electrónica, pero no fueron lo suficientemente efectivos como para neutralizar los ataques de su enemigo. No podemos saber aún si fue por deficiencias de esos sistemas o por falencias en su operación y empleo.

Los drones aparecen cada vez mas en la oferta de material bélico de muchos fabricantes desde hace unos años a esta parte, y ciertamente han demostrado su eficacia y ventajas en este conflicto.

Son redundantes, más baratos que las aeronaves tripuladas, pueden soportar regímenes de vuelo que son demasiado complejos para los pilotos humanos, operan con cierta autonomía con poca intervención humana, y han demostrado una y otra vez que son multiplicadores de fuerza. Funcionan como una *alternativa asimétrica* frente a costosos y complejos sistemas de armas y permiten el dominio del campo de combate combinado con adecuados sistemas de armas, como artillería, proyectiles guiados, cohetes y misiles. Si algún sistema de armas se destacó en forma contundente en este conflicto, es sin duda este.

¿Dónde y cómo interviene el espectro electromagnético y el ciberespacio?

Dicho todo esto, entramos en el objeto de este trabajo, que nos permite ver las fortalezas y debilidades de estos sistemas, cómo funcionan en el ataque u obtención de sus objetivos, y qué recursos emplea quien se defiende de sus acciones.

Un vehículo no tripulado de combate aéreo UCAV (*unmanned combat air vehicle*), mas conocido a nivel popular como *drone* o *dron de combate*, es una aeronave no tripulada o UAV (*unmanned aerial vehicle*) diseñado para empleo militar, con armamento o no, según la función que desempeñe. No tienen piloto humano a bordo, y las misiones de los drones se realizan generalmente bajo el control humano en tiempo real desde una estación de control, aunque algunos pueden hacerlo en forma autónoma.

La tecnología de los drones avanza constantemente, y la industria presenta innovaciones en la aerodinámica, motores, materiales constructivos, sistemas de navegación, sistemas de comunicaciones, sensores y otros, pero en este trabajo particular nos centraremos específicamente en aquellos componentes que emplean el *espectro electromagnético y el ciberespacio*. Son los que participan en la guerra electrónica y la ciberguerra.

¿Como funcionan los drones?

Los drones cuentan con un sistema de control de vuelo que les permite realizar los desplazamientos y maniobras necesarias en el aire. Estos movimientos son controlados desde tierra por un operador humano, aunque pueden realizar acciones en forma autónoma.

Además cuentan con un *sistema de comunicaciones* con su base en tierra.

Los planes de vuelo se definen previamente al despegue y los drones suelen seguir estos planes con muy poca flexibilidad. En otros casos, los drones son maniobrados desde la base por un operador humano.

En el dron, existe un sistema de control que contiene *software* para desarrollar las acciones necesarias para el vuelo, mantenimiento de la ruta elegida o navegación, y operación de sensores y sistemas de armas, o de guerra electrónica, y en algunos casos ya cuentan con inteligencia artificial para desarrollar algunas acciones en forma autónoma. Lo que disponga o combinando ambas.

El drone opera en el *espacio aéreo de combate real*, mientras que el sistema de comunicaciones lo hace en el *espectro electromagnético y el software en el ciberespacio*.

Según su misión operacional existen diversos tipos de drones, los mas grandes en general orientados a un empleo estratégico, con gran autonomía y alcance, hasta el nivel táctico inferior dónde encontramos drones pequeños, de limitada autonomía y muy corto alcance.

IMAGEN: "DRONES, LA PRÓXIMA GUERRA" - FIE 2019.

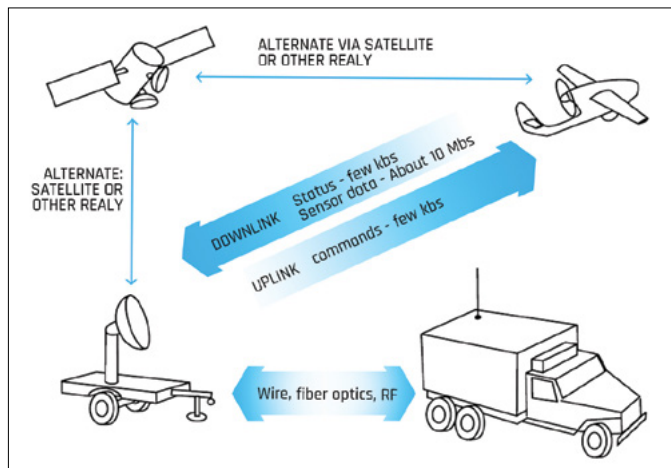


1. Sistema de Comunicaciones

Cuentan con un enlace de datos o datalink para dos finalidades básicas:

- > **UPLINK:** permite el comando del UAV y su carga útil.
- > **DOWNLINK:** permite el Control y bajada de información de la carga útil (Telemetría, velocidad, RPM, video, etc) y tiene mayor BW que el anterior

La finalidad principal es mantener las comunicaciones para comandar y controlar la aeronave en vuelo ya que, el piloto se encuentra en tierra y mantiene su responsabilidad sobre el UAV. Estas son funciones básicas que deben cumplirse en todo drone, pero pueden existir otras en función de su magnitud y empleo operacional.



Los componentes básicos de un enlace de datos son:

- > ADT, es el terminal de datos de aire (receptor/transmisor, codificadores, compresores de datos, antenas, etc).
- > GDT, terminal de datos de tierra (antenas, receptor/transmisor, decodificadores, módems, etc).

2. Sistema de control

El sistema de control está diseñado para controlar los vehículos en modo automático, semiautomático o manual. Permite el despegue, el vuelo y aterrizaje del dron.

Está compuesto por dispositivos electrónicos, servomecanismos y actuadores sobre los componentes de vuelos y de misión del dron.

Para realizar las funciones de control, el sistema cuenta con *software embebido* en sus componentes.

Por medio del *sistema de comunicaciones* (data link) se conecta con la estación de control en tierra.

3. Sensores

Los sensores son elementos capaces de medir magnitudes del entorno, que servirán tanto para el propio funcionamiento y vuelo del dron, como para cumplir con su misión particular, la detección de amenazas, obtener blancos para sus sistemas de armas o información de observación de blancos o inteligencia, tanto para transmitir a su base de control, como para emplear en los casos que pueda actuar en forma autónoma y decidir acciones de combate.

Pueden ser elementos simples, para detectar alguna magnitud física o complejos, asociados a transductores y elementos de procesamiento de las magnitudes detectadas. Emplean en estos casos *software embebido* y el espectro electromagnético.

Mediante los sensores el dron percibe el entorno o la realidad del campo de combate. Su calidad y precisión será muy importante.

4. Sistema de armas

Algunos drones cuentan con capacidad ofensiva, y pueden actuar contra determinados blancos, objetivos definidos, sistemas de armas u otros drones.

Esto es muy amplio, dependiendo del tipo y tamaño del dron, pudiendo portar desde misiles (como Hellfire en drones de largo alcance) o munición merodeadora en drones de corto alcance, denominados "kamikase", porque una vez localizado el objetivo se lanza sobre el mismo como proyectil.

También pueden portar equipo para guerra electrónica, como receptores de escucha de emisiones de comunicaciones o de sistemas de armas, e interferidores para actuar ofensivamente sobre los sistemas electrónicos del enemigo.

Pueden en general actuar en forma autónoma o recibir comandos de su piloto en tierra.

Los drones en el campo de combate

De lo visto anteriormente, ya podemos inferir que los drones participan en el campo de combate, por lo menos en tres espacios: el *espacio aéreo o espacio real*, el *espectro electromagnético*, por el intenso uso que hacen por parte de sus sistemas de comunicaciones, de control, de guerra electrónica, de sensores y sistemas de armas, y por último del *ciberespacio*, puesto que tanto los

sistemas del drone señalados anteriormente, como los sistemas de comando y control en tierra emplean software y redes de datos.

Estos sistemas que emplean intensivamente el espectro electromagnético y el ciberespacio, lo hacen porque permiten muchas funcionalidades y ventajas desde su diseño hasta su operación en combate.

Pero también, el uso de estos espacios, abre vulnerabilidades que pueden ser explotadas por el enemigo, que podría tener acceso a esos espacios.

En el espacio aéreo, que no es motivo de este trabajo, se enfrentan con sistemas de defensa aérea convencionales, frente a los cuales presentan ventajas, y con sistemas anti drones mas modernos y adecuados a este tipo de aeronaves.

En el espectro electromagnético y ciberespacio se enfrentan a las contra medidas del enemigo en el dominio de la guerra electrónica y la ciberguerra, y a la vez, ejecutan acciones de guerra electrónica contra sus objetivos.

Guerra electrónica

En este contexto, podemos analizar esto desde el punto de vista ofensivo o defensivo. También desde el punto de vista de la obtención de información, que genera inteligencia que puede emplearse para el ataque o para la defensa, tanto en comunicaciones como en los sistemas de armas.

EE. UU marcó el liderazgo del empleo de drones, luego el mundo siguió ese camino.

En el conflicto de Ucrania de 2014 sus unidades fueron diezmados por la artillería rusa de largo alcance. Los drones rusos proporcionaron datos de ubicación precisos en tiempo real, utilizando sistemas de guerra electrónica SIGINT / ELINT. Al mismo tiempo, Turquía e Israel produjeron grandes avances, que con la experiencia de empleo en Libia y Siria, ahora participaron del conflicto de Nagorno Karabaj.

Aquí se manifiesta toda la experiencia de Turquía e Israel, las nuevas tecnologías y una doctrina de empleo para estos recursos, por parte de Azerbaiyán, mientras que Armenia, por los resultados vistos no pudo aplicar eficazmente contramedidas contra el arsenal de drones, de su enemigo, es decir no pudo emplear el espectro electromagnético a su favor, tanto para detectar, como para anular estas amenazas.

El uso novedoso por Azerbaiyán al principio del conflicto de "drones" biplanos AN-2 soviéticos antiguos y baratos, como plataforma de sistemas de guerra electrónica pudo engañar a los sistemas de defensa aérea armenios, incluidos los complejos TOR y S-300 modernos suministrados por Rusia, no porque sean malos, sino porque están diseñados para otro tipo de blancos, como aviones de combate a altas velocidades, en lugar de aeronaves pequeñas y lentas. Más de 30 sistemas de defensa aérea armenios fueron destruidos por drones turcos TB2 armados con equipos EW (Electronic Warfare) antirradiación y misiles.

En este caso, los drones cuentan con sensores para detectar la radiación generada por los sistemas de defensa aérea y esto sirve para direccionar los misiles para destruir el blanco.

Por otro lado, los denominados drones kamikase o merodeadores Harop, Orbiter o Kargu, de menor tamaño son mas difíciles o imposibles de detectar por los sistemas de defensa aérea convencionales, cuentan con sensores de radiación para atacar a los sistemas de defensa aérea terrestres y con sensores electro – ópticos para detectar diversos blancos como blindados o artillería, y en este caso interviene el operador remoto que identifica en su pantalla el objetivo y decide el ataque, aunque podrían existir ya algunos que operen en forma autónoma.

En este caso, la transmisión del data link entre el dron y el operador remoto podría ser bloqueada, si previamente se hubiera detectado la frecuencia de trabajo. Sin embargo, en el marco

táctico, si no se detectó y anuló el dron antes, es difícil generar una respuesta efectiva por el escaso tiempo disponible después de lanzar el ataque. Sobre todo los drones mas pequeños, que entre el momento que se lanzan hasta que llegan al objetivo a corta distancia transcurre muy poco tiempo para detectarlos y anularlos.

Sin embargo, Armenia contaba con sistemas Repellent de origen ruso. El sistema Repellent está diseñado para la inteligencia de señales de los UAV y la supresión de sus sistemas de control. Este sistema esta especialmente diseñado contra los UAV de pequeño tamaño.

Tal vez podrían haber sido útiles los radares de efecto Doppler, como los empleados para vigilancia terrestre y aeronaves de baja altura, pero requeriría un entrenamiento específico en detectar ese tipo de amenazas antes de operarlos. Además, no están directamente vinculados a un sistema que genere una contramedida contra el dron, pero si puede dar una alerta temprana.

Según declaraciones atribuidas por analistas al primer ministro armenio, Nikol Pashinyan, al menos habría operado un sistema Repellent, que según la misma fuente no funcionó. No sabemos si por las características del equipo mismo, la capacitación de los operadores armenios, o las acertadas tácticas y medidas del Ejército azherí. Sin embargo, la misma fuente cita que elogió otro sistema de fabricación rusa, los sistemas de misiles antiaéreos Osa-AK, que, según Pashinyan, alcanzó muchos objetivos durante la guerra en Nagorno-Karabaj, y durante la escalada de julio en Tavush derribó un avión no tripulado Hermes 900 israelí empleado por Azerbaiyán.

La misma fuente cita la destrucción de un sistema Repellent cerca de la frontera por un dron turco TB-2. En este caso, el sistema Repellent debió estar protegido por otro sistema de armas, puesto que está diseñado para interferir pequeños drones, y no un TB-2.

Se afirma que otro sistema EW ruso, el Krasuskha, desplegado alrededor de la base Gyumri en Armenia, ha derribado al menos 9 drones Bayraktar, además de las municiones israelíes Harop merodeadoras.

Estos datos no fueron confirmados aún por las autoridades de ambos bandos. Si fuera cierto, confirmaríamos que Armenia si contó con contramedidas anti drones, y sabía que su enemigo los poseía, sin embargo, o bien no fueron suficientes, no fueron bien empleados, o simplemente Azerbaiyán estaba mejor preparado y ejecutó las acciones acertadas.

Otra posibilidad puede ser que la capacidad de detectar y derribar drones no fuera suficiente para cubrir un amplio campo de combate y los azeríes pudieron aprovechar espacios y activos sin esta defensa.

Se conoce también que este sistema ha defendido con éxito la base aérea rusa de Hmeymim en Siria.

Este sistema es construido por KRET (Rusia), y es una estación de interferencia multifuncional de banda ancha que fue diseñada principalmente para proteger áreas dentro y en cercanías de las bases militares de Rusia donde su potente transmisor puede bloquear los radares aéreos. Sin embargo, los rusos también han encontrado que Krakuskha es útil como contra medida para drones armados. Sin embargo, la recepción de estos sistemas Krasuskha no está confirmada según algunos analistas.

Apenas dos días antes de que se firmara un armisticio trilateral, el representante del Ministerio de Defensa de Armenia, Artsrun Hovhannisyan, afirmó que la parte armenia había establecido un récord mundial al derrotar a Bayraktars. Las autoridades armenias afirmaron el 20 de octubre de 2020 que se habían derribado alrededor de diez Bayraktars. La cantidad de drones derrivados por Armenia es contradictoria. Oryx , un blog militar que documentó pérdidas de armas en ambos lados basándose en evidencia visual disponible en fuentes abiertas, contó solo dos pérdidas de Bayraktar TB2 durante la guerra. Al mismo tiempo, las autoridades de Armenia

publicó fotografías de aviones no tripulados TB2 caídos en tres ocasiones (20 de octubre , 22 de octubre y 8 de noviembre). Pero no sabemos si todo es real o lo es solo en parte. Si hubo derribos de drones TB2, habrá sido en un primer momento, y luego el ejército azerí aplicó las decisiones y contramedidas correctas y todo cambió.

Para este caso particular, el Bayraktar TB2 es un avión bastante grande con una envergadura de 12 metros, más grande, de hecho, que el de un caza F16, por lo que debería haber sido detectado y derribado sin problemas por la defensa aérea armenia. Sin embargo, estos UAVs siguieron operando sin mayores dificultades, lo que hace suponer que la guerra electrónica del ejército azerí marcó la diferencia y fué el elemento clave para lograr el dominio del cielo. Supieron dominar el espectro electromagnético. En este punto cabe suponer que la estrella fué el sistema de guerra electrónica KORAL turco, que está diseñado para bloquear canales de comunicaciones inalámbricas y de radar. DefenseWorld.net, una publicación de Internet, argumentó que Turquía tuvo éxito con la defensa aérea siria por su guerra electrónica empleando un sistema KORAL cerca de Idlib, contra los los sistemas de defensa aérea de fabricación rusa. A principios de 2020, UAVs turcos lograron destruir un SA 22 Panzir de fabricación rusa en el norte de Siria y Libia, a pesar del rango letal superior del Panzir.

En ambos casos, la supresión de los sistemas de defensa aérea fue seguida rápidamente por la destrucción intensiva de los blindados en el campo de combate.

Por lo tanto es muy posible que este sistema de guerra electrónica turco haya intervenido con éxito en este conflicto. El simple hecho de que los UAV lograron pasar desapercibidos a corta distancia podría inferir una acción de guerra electrónica que cegó los radares armenios, aunque ninguna de las partes diga nada aun.

Pero no menos impresionante fue la destrucción de al menos dos sistemas de defensa aérea S-300 dentro de Armenia por drones kamikase HAROPs israelíes. En los videos tomados desde los HAROP se pueden ver las antenas de radar de los sistemas de armas aún girando antes de ser impactado, obviamente sin haber detectado la amenaza de los UAVs que se lanzaban sobre ellos. En este caso, la pregunta del por qué no fué detectado es más fácil de responder: el HAROP es una pequeña aeronave que podría caer por debajo del umbral de detección del radar antiguo del sistema S-300, diseñado para aeronaves mas grandes.

Consecuentemente, una vez que las defensas aéreas armenias fueron neutralizadas, entonces los UAVs azeríes fueron a atacar a los blindados, la artillería y los trenes logísticos. Se publicaron videos azeríes con decenas de tanques, piezas de artillería y camiones de suministros que fueron alcanzados y destruidos por los drones.

Pero finalmente, del lado armenio, como se adelantó precedentemente, aparece el sistema ruso KRASUKHA con gran éxito negando el empleo del espectro electromagnético a los drones azeríes, pero ya la guerra estaba a favor de Azerbaiyán. El conjunto de vehículos aéreos no tripulados de Azerbaiyán dejó de ser efectivo frente a este sistema y podría haber cambiado la batalla si se hubiera empleado desde el principio del conflicto, o no si el lado azerí hubiera acertado con las contra medidas electrónicas. Por ahora esto es solo una conjetura y la guerra ya está resuelta.

Todos los UAVs dependen de enlaces de datos seguros con sus operadores humanos ubicados en su sector del campo de combate, y siempre siguen siendo vulnerables a interrupción por interferencia electrónica o al engaño.

Ciberguerra

El ciberespacio es el dominio mas abstracto, mas difícil de controlar, tanto en la ofensiva como en la defensa. El conocimiento es el activo mas importante. En los equipos militares el fabricante

se niega a divulgar el código fuente y los algoritmos. Además usualmente se reserva un método de acceso para mantenimiento y actualizaciones. Cabe destacar que el software embebido, así como los sistemas de información en general, permiten mejorar funcionalidades y prestaciones, y hasta incorporar nuevas sin necesidad de cambiar el equipo o hardware.

Nunca sabe quien compra el equipo si el proveedor entrega lo mismo que usa su país o alguna variante diferente, incluso si tiene alguna “puerta trasera” o acceso especial no controlado por el usuario. Existe aún poca información confiable sobre este punto, solo podemos destacar que la lucha en el ciberespacio existe y tiene diversos fines, algunos con objetivos militares específicos como el engaño emitiendo señales de GPS falsas captadas y denunciadas por buques que navegan en el Mar Negro y Mar Meridional de China, atribuidas a hackers rusos y chinos respectivamente, hasta la captura de un dron israelí por parte de fuerzas iraníes que lograron tomar y engañar a su sistema de navegación.

En esta guerra, no encontramos información aún de este tipo de acciones de ciberguerra que afecten a sistemas de armas, pero sí son claras las acciones en las redes sociales, seguramente promovidas por el ejército azerí tendientes a socavar la moral de las fuerzas armadas y el pueblo armenio.

Estas acciones consistieron en difundir por redes sociales videos e imágenes del poder militar azerí, basado en los drones, destruyendo activos militares armenios, y mostrando que no tenían ninguna posibilidad de defensa frente a este tipo de ataques. Esto sin duda afectó la moral y la voluntad de lucha de los armenios, teniendo en cuenta que el acceso a redes sociales es personal, y que una eventual censura acarrea también otros costos, además de la posibilidad concreta de implementarla.

Sistemas EW que probablemente participaron

I. Sistema Repellent - Rusia

Es un sistema de guerra electrónica contra UAVs de pequeño tamaño. Provee protección de zonas de gran eficacia.

Cuenta con capacidad de supresión radioelectrónica de los canales de control de cualquier UAV.

El sistema Repellent está diseñado para la inteligencia de señales de los UAV y la supresión de sus sistemas de control. El sistema proporciona:

- > Detección y radiogoniometría de los sistemas de control y transmisión de datos de los UAV, suponemos incluye la detección de la estación de control en tierra.
 - > Seguimiento de los parámetros de la señal de los UAV.
 - > Procesamiento estadístico de parámetros de señales, formulación de atributos de clasificación, soporte de bases de datos de inteligencia de señales y clasificación de señales.
 - > Supresión electrónica de los canales de control y transmisión de datos de los UAV y de las estaciones de control en tierra.
 - > Bloqueo del receptor de navegación por satélite de los UAV.
- Puede estar configurado tanto en versión móvil como estacionaria.



Provee Inteligencia de señales y ancho de banda de frecuencia de supresión electrónica entre los 200 a los 6000 MHz.

Cuenta con un alcance de inteligencia de señales de al menos 30 km y puede interferir para lograr la supresión electrónica en esa distancia hasta los 30 km, suficiente en el marco táctico.

II.Sistema Krasukha - Rusia

El Krasukha está diseñado para bloquear AWACS (Airborne Warning and Control System) a distancias de hasta 250 kilómetros (160 millas). El Krasukha también es capaz de bloquear otros radares aerotransportados, como misiles guiados por radar. A los misiles, una vez bloqueados, se les proporciona un objetivo falso alejado del original para garantizar que los misiles ya no sean una amenaza. El Krasukha protege objetivos La estación de interferencia multifuncional de banda ancha Krasukha está montada en un chasis de cuatro ejes BAZ- 6910-022. Al igual que el Krasukha sirve como contra medida para contrarrestar el AWACS y otros sistemas de radar aerotransportados.



El Krasukha-4 también tiene el alcance eficaz para interrumpir los satélites de órbita terrestre baja (LEO) y puede causar daños permanentes a los dispositivos montados en ellos.

III.DZUDOIST (MKTK-1A) - Rusia

Es un sistema automatizado móvil para monitoreo de radiofrecuencia protección de la información y evaluación del entorno electromagnético basado en equipos especiales. Esta en el dominio de la Guerra Electrónica de Comunicaciones y sistemas de comando y control.

El sistema Dzudoist proporciona la solución de una de las tareas principales de EW: la protección radioelectrónica de las comunicaciones y los enlaces de control contra el reconocimiento técnico del enemigo.



El sistema Dzudoist está diseñado para la detección y posicionamiento de fuentes de señales de radio, bloqueo de canales técnicos y laterales de fuga de datos, y también para verificar la compatibilidad con los requisitos de contramedidas contra el reconocimiento técnico del enemigo.

El sistema se puede utilizar para un monitoreo técnico integral en instalaciones estatales y militares con la misión de evitar la filtración de información clasificada.

Cuando se despliega en el campo de combate, el Dzudoist controla la seguridad de las comunicaciones y la protección de los modos de operación establecidos de los equipos de radio.

El sistema está equipado con diferentes medios de monitorización de canales radio, receptores de banda ancha y analizadores de espectro.

El sistema incorpora tres estaciones de trabajo automatizadas: para monitoreo de radio, análisis técnico y control especial.

El software dedicado instalado en las estaciones de trabajo procesa rápidamente la información que genera resultados de control y datos de análisis del espectro electromagnético en un mapa digital del terreno y también identifica las fuentes de señales.

El espectro de operación es muy amplio, va desde 0,1 a los 18,000 Mhz, e incluye la detección de pulsos electromagnéticos y señales acústicas.

Para su movilidad en el campo de combate está montado en un camión Kamaz 4350.

IV. Elbit Hermes 900 - Israel

Azerbaiyán mencionó por primera vez la adquisición del Hermes 900 en agosto de 2017, informando que se habían comprado hasta 15 unidades. Desde el punto de vista de la Guerra Electrónica, tiene capacidad para portar sistemas EW, puesto que posee una capacidad de 350 kgr. de carga útil. No se ha encontrado que tipo de sistemas EW portaron en este conflicto, pero sin duda fueron efectivos.



V. UAV Bayraktar TB2 - Turquía

Empleado por Azerbaiyán, fabricado en Turquía por Kale-Baykar. Posee una carga útil de 150 kgr y un alcance de 150 km. Porta cámara IR y EO, designador láser y telémetro láser (LRF). Como arsenal ofensivo, puede llevar hasta cuatro misiles Roketsan MAM-L / MAM-C.

VI. Sistema de guerra electrónica de radar terrestre Koral - Turquía

El sistema de guerra electrónica de radar terrestre KORAL está diseñado y fabricado por la compañía de defensa turca Aselsan. El sistema KORAL está compuesto por dos camiones militares 8x8, cada uno con un elemento del sistema. Uno es el soporte electrónico de radar (ES System) y un sistema de ataque electrónico de radar múltiple (EA) para cubrir el espectro completo.

El sistema KORAL respalda las operaciones de Supresión de Defensa Aérea Enemiga (SEAD) mediante la construcción del dominio de la información y proporcionando un tiempo de respuesta rápido en el campo de batalla. KORAL se compone de soporte MAE (Medidas de Apoyo Electrónico) electrónico y sistema de ataque electrónico CME (Contra Medidas Electrónicas) cada uno montado en un camión táctico ocho por ocho.

El Sistema KORAL es operado por dos operadores dentro de la Unidad de Control de Operaciones (OCU), un Operador de Soporte Electrónico para las funciones de detección, análisis y DF (radiolocalización) y, un Operador EA para las funciones de interferencia, engaño y asignación



de fuentes. Además, el supervisor dentro de la OCU maneja la coordinación operativa y la comunicación con los otros sistemas y comandos de KORAL.

Con un alcance efectivo de más de noventa millas (unos 150 kilómetros), se informa que KORAL podría bloquear y engañar cualquier sistema de radar terrestre, marítimo y aéreo. La dirección del haz rápido se genera a través del sistema de antenas de matriz en fase con una alta salida de potencia y múltiples amplificadores de estado sólido. El sistema cubre una amplia cobertura espacial y de frecuencia con una alta precisión de medición de parámetros.

Conclusiones

En este corto conflicto vimos un rápido triunfo de Azerbaiyán sobre Armenia, en el que los vehículos aéreos no tripulados de Azerbaiyán destruyeron la formidable variedad de defensas aéreas terrestres de Armenia, y posteriormente diezmaron sistemáticamente el material de sus fuerzas terrestres, incluidos tanques, piezas de artillería y camiones logísticos. Este ataque obligó a Armenia a aceptar el alto el fuego impuesto por Rusia.

Parece, según los analistas, que la clave de la espectacular victoria azerí fué el empleo de los vehículos aéreos no tripulados de Azerbaiyán que infringieron severos daños a su enemigo.

Sin embargo, ese es el resultado tangible en el campo de combate y el espacio aéreo.

Luego de lo expuesto en este documento, también podemos concluir que Azerbaiyán ganó el *espectro electromagnético* y el *ciberespacio*. Dos espacios intangibles, no delimitados en la cartografía militar, pero que posibilitaron que los drones puedan operar en el espacio real.

Este conflicto, y en particular la guerra electrónica y la ciberguerra está siendo observado por analistas militares de las principales potencias del mundo, que ya pueden observar sus propias debilidades y proyectar, al menos hipotéticamente, como hubiera funcionado su propio poder de combate enfrentado contra estas tecnologías.

Por último, en estos espacios, si bien es necesario el equipamiento adecuado, mucho mas importante es el *conocimiento*. A una acción ofensiva se le opone una contra medida, y cualquier bando puede hacer que el sistema del enemigo se comporte como obsoleto, si actúa correctamente. Si bien en estas operaciones existen también procedimientos estandarizados, mucho mas importante es la adaptación proactiva de las respuestas a las acciones ofensivas, que solo logra el personal con sólida formación tecnológica y científica.

No solo será importante estar preparado para la guerra, sino también, una vez en ella poder adaptarse rápidamente a los desafíos que ésta impone.

Fuentes

- > Franz-Stefan Gady , Alexander Stronell “Lo que reveló el conflicto de Nagorno-Karabaj sobre las futuras guerras” - Word Politic Review.}
- > Ministerio de Defensa de Estonia.
- > Extractos de Bloomberg, opinión.
- > DefenseWorld.net
- > Aselmam - Electronic Warfare Systems.
- > Sociedad anónima Rosoboronexport.
- > Elbit Systems.
- > Noticias de Israel.

(*) **Rafael Mario Olivieri** es Coronel del Ejército Argentino en situación de retiro, promoción 116, Arma de Comunicaciones, Ingeniero Militar especialidad Informática, Especialista en Redes de Datos, Analista del Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar "Grl Mosconi" de la FIE. Se desempeñó en diferentes proyectos de desarrollo de software y comunicaciones en el Ejército Argentino, profesor de Sistemas Operativos, Comunicaciones, Redes y Teoría de Control; ha realizado publicaciones sobre su especialidad.

1.5

Tendencias tecnológicas en sistemas de armas de apoyo de fuego de artillería

Conflicto de Nagorno Karabakh

Por el CR I (R) VGM Ing Mil Juan Carlos Villanueva.*

Temario

Resumen	55
Introducción	56
Antecedentes	57
Sistemas de armas de apoyo de fuego: tendencias observadas	65
Lecciones aprendidas	104
Conclusiones	109
Bibliografía y fuentes	111

PALABRAS CLAVE: Apoyo de Fuego - Artillería - Defensa Aérea - Sistemas Aéreos Autónomos - MLRS - SRBM - UAS - UCAS - Loitering Munitions - Nagorno Karabakh.

Resumen

Esta nueva batalla de la denominada Guerra de Nagorno-Karabakh, es un enfrentamiento de carácter regional entre Armenia y Azerbaiyán, de muy corta duración pero extrema violencia, entre dos fuerzas armadas regulares, que ha causado cuantiosas pérdidas humanas y materiales en ambos bandos. La participación de modernas plataformas aéreas autónomas, en misiones ISR, que asisten la ejecución de los fuegos de artillería y realizan también acciones letales como armas de gran precisión, presenta nuevos escenarios y desafíos para futuras guerras, en las que el dominio del espacio aéreo será vital para el éxito de las operaciones. A la luz de las experiencias extraídas de este conflicto, analizamos de qué manera esas nuevas tecnologías pueden incrementar las capacidades propias de los fuegos de artillería. Y como contrapartida, la necesidad de implementar acciones que neutralicen el efecto de esos modernos sistemas en poder del oponente.

Introducción

*“Lo único más importante que la OPULENCIA, es la DEFENSA”.*¹

Adam Smith

Las instituciones militares son el resultado de su organización, de su equipamiento, adiestramiento y doctrina. Pero también de su pasado.

Muchas de ellas, sin importar si se trata de grandes potencias o fuerzas militares de naciones más modestas, aprovechan las lecciones aprendidas en anteriores guerras, analizando incluso, conflictos en los que no han estado directamente involucrados.

Las experiencias de guerra de otras naciones, resultan de gran valor y deben ser aprovechadas, porque otorgan herramientas que permitan implementar mejoras en las propias organizaciones, para enfrentar y vencer en potenciales escenarios futuros y fundamentalmente, *“ahorran recursos, sufrimientos y vidas humanas”*.

Todo ello siempre ha resultado de gran utilidad, para analizar cuestiones de orden estratégico y táctico, relacionado con el empleo de los medios y capacidades disponibles, tratando, además, de identificar tendencias tecnológicas, nuevas amenazas y sus implicancias organizacionales y doctrinarias.

En ese último aspecto se desarrolla nuestra función como analistas en el *Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar “General Mosconi”*, perteneciente a la Facultad de Ingeniería del Ejército Argentino (FIE), donde nos enfocamos especialmente en los aspectos Tecnológicos, así como en su incidencia y relevancia en el desarrollo de los conflictos.

De esa manera, tratamos de analizar fortalezas y debilidades de los medios y recursos confrontados, e identificar Tendencias Tecnológicas, cada vez más presentes y que seguramente observaremos en conflictos militares en el futuro.

Relacionado con el tema que nos ocupa, para quien desee ampliar aspectos técnicos de los temas tratados, pueden resultar de interés diferentes trabajos anteriores publicados en la página del CEPTM.²

En el presente trabajo mencionaremos aquellas tecnologías emergentes que entendemos pueden resultar Disruptivas, a la luz de los resultados observados en determinadas acciones militares, donde su empleo está verificado.

Tomamos como una definición posible de Tecnología Disruptiva en el sector de Defensa la presentada en un trabajo del “Center for a New American Security (CNAS)”, que es: *“una tecnología o conjunto de tecnologías aplicadas a un problema relevante, de manera tal que alteran radicalmente las relaciones de poder militar entre los competidores, convirtiendo en obsoletas las políticas, doctrina y organización de todos los actores”*³.

A modo de síntesis, podemos considerar entonces que una **Tecnología es DISRUPTIVA**, cuando una vez implementada, convierte en obsoleta la tecnología anterior y obliga a repensar no solo el equipamiento, sino también la doctrina y hasta la organización.

1 “The one thing more important than opulence is defense”. Martin Van Cleveled. “Tehonology and war: From 2000 B.C to the present”. (1991). The Free Press Ed

2 <https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/#>, disponibles en el apartado “Publicaciones / TEC1000”.

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

Ejemplos de ello hay muchos en la historia militar. Desde el uso de cañones en el sitio de Constantinopla, pasando por la ametralladora, el tanque de guerra, el avión de combate, el submarino, el portaaviones, los misiles y las armas nucleares, son sistemas que tuvieron un carácter disruptivo y algunos de los más destacados para mencionar.

En el presente trabajo y en relación con la incidencia de las nuevas tecnologías, nos pareció interesante analizar y comentar algunos aspectos observados en dos conflictos armados ocurridos en años recientes.

Ellos son el **Conflicto entre Ucrania y Rusia** (2014), por el enclave del DONBAS al que nos referiremos brevemente, pero cuyos antecedentes son importantes para introducirnos en lo que luego ocurrió, en la **Guerra en Nagorno Karabakh** (2020) entre Armenia y Azerbaiyán.

Se trata de dos batallas esencialmente terrestres, pero con gran participación de novedosos medios aéreos (UAS) en apoyo directo a las operaciones. Se trata, además, de dos conflictos en los cuales ambos contendientes, emplearon equipamiento militar convencional, de características similares, tanto de combate como de apoyo a las operaciones.

Pero en ambos casos, se observó que el “multiplicador del poder de combate” fue la aparición de **nuevas tecnologías y plataformas** que se emplearon en muchos casos de manera innovadora, con resultados inesperados para quien recibía los ataques. Porque también es cierto, como en otros órdenes de la vida, que una misma tecnología, empleada por diferentes sujetos de manera distinta, produce variados resultados.

A modo de resumen de esta introducción, nos surgen los siguientes interrogantes:

- > ¿Podemos considerar las **tendencias tecnológicas** observadas en estos conflictos, como **válidas y aplicables** al caso de potenciales enfrentamientos en los que pudiera verse involucrado nuestro país y región?
- > ¿Pueden este tipo de conflictos, entre Fuerzas Armadas con distintas organizaciones, equipamientos y en diferentes contextos, **ser tomados como referencia** para considerar ciertas las lecciones aprendidas, e incluso “trasladables” o aplicables a nuestras Fuerzas Armadas?
- > ¿Es posible que esas incipientes “**Señales Tecnológicas**” observadas en estos conflictos, generen **implicancias de carácter disruptivo** en las potenciales guerras del futuro”?

Tal vez estas preguntas y muchas otras que pueden surgir, resulten útiles como punto de partida para otro tipo de análisis más integral de los conflictos, que no se limite solamente al efecto concreto, del empleo de nuevas tecnologías en el campo de batalla.

Antecedentes

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

En términos generales, las armas de apoyo de fuego de artillería, desde la antigüedad y a través de los siglos, han jugado un papel decisivo en las batallas, siendo su empleo más habitual el de batir con fuegos masivos zonas del campo de combate, con diferentes objetivos tales como: reali-

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

zar fuegos de supresión sobre el enemigo, para apoyar fuerzas propias o favorecer la maniobra, favorecer el avance de los blindados, etc.

Hasta fines del Siglo XX podríamos afirmar, entonces, que el empleo eficiente de la artillería dependía fundamentalmente de la capacidad de sus dotaciones, organización, doctrina, disponibilidad de medios de adquisición de blancos y su capacidad para alcanzar la profundidad del dispositivo enemigo o espacios del terreno, cuya ocupación era necesario denegar.

A lo largo de los años, sucesivos avances tecnológicos han sido incorporados a las plataformas y su munición, que otorgaron la capacidad de batir blancos a más distancia, con mayor precisión y efectos de balística terminal cada vez más eficientes. De los sistemas remolcados a los autopropulsados, con mecanismos de carga automática de la munición, así como sistemas hidráulicos para optimizar determinadas operaciones de la puesta en posición y carga, todos estos adelantos hicieron de estas armas herramientas extremadamente eficientes.

La aparición en los campos de batalla de las Unidades Orgánicas de Artillería de Cohetes (MLRS) desde la Segunda Guerra Mundial dio un nuevo impulso a las armas de apoyo de fuego. Tres aspectos otorgaban nuevas y relevantes ventajas: los mayores alcances que se podían obtener, la gran movilidad de las plataformas y, fundamentalmente, el abrumador poder de fuego instantáneo que otorgan los sistemas MLRS, y la precisión era algo que llegaba a no considerarse ciertamente relevante, como es el caso de los sistemas empleados por la ex Unión Soviética.

En los sistemas de generaciones más avanzadas actualmente en servicio, el proceso de ejecución de los fuegos ha sido notablemente mejorado mediante la incorporación de Sistemas integrados de Control de los Fuegos (FCS)⁵, que incluyen computadores balísticos, sistemas GPS para el posicionamiento preciso de las plataformas, etc. Todo soportado con sistemas digitales integrados para facilitar las acciones del Centro Director de los Fuegos (FDC) y, a su vez, integrado en un complejo sistema a cargo de un escalón superior, de Gestión de la Batalla (*BMS- Battle Management System*)⁶.

La llegada de la Munición guiada de artillería (PGM),⁷ cuyo referente tal vez fue el revolucionario proyectil Excalibur⁸, guiado por GPS, comenzó a ser utilizado en operaciones por Estados Unidos en Irak en 2007, con más de 1400 proyectiles disparados en combate⁹ y cambió el paradigma del empleo táctico de la artillería de campaña, con armas de tubo de gran calibre (Calibres > 152 milímetros)¹⁰.

Porque además de las tradicionales misiones de los fuegos de apoyo a los elementos de combate, se introdujo la posibilidad de realizar disparos de gran precisión¹¹, sobre blancos puntuales, a requerimiento de comandantes de nivel táctico, por similitud de las bombas guiadas de uso aéreo JDAM, empleadas varios años antes en diferentes conflictos, pero limitadas a su empleo desde plataformas aéreas de combate.

5 FCS: Fire Control System

6 Ove S. Dullum et al "INDIRECT FIRES: A technical analysis of the employment, accuracy and effect of artillery weapons". (2017) ARES.

7 PGM (Precision Guided Munition)

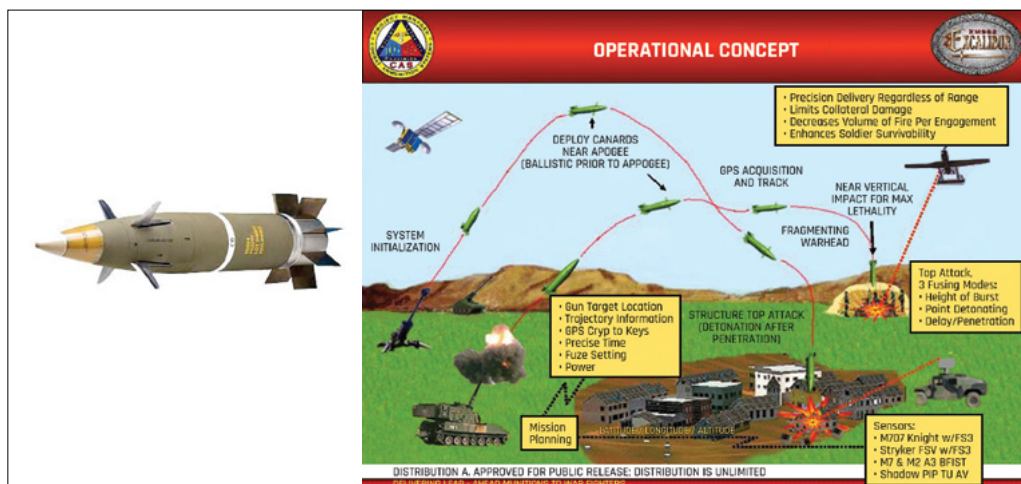
8 La última versión de este proyectil fue el M982 A1/E1, en producción desde 2013. Su fabricante RAYTHEON asegura una precisión menor a 4 metros, para los mayores alcances, (40 kilómetros en armas L39 y 50 kilómetros en armas L50). Fuente: <https://www.raytheonmissilesanddefense.com/capabilities/products/excalibur-projectile>.

9 Está en servicio en Estados Unidos, Canadá, Suecia, Reino Unido, Alemania y otros. Fuente: <https://www.raytheonmissilesanddefense.com/capabilities/products/excalibur-projectile>.

10 Los grandes calibres de artillería de campaña con armas de tubo, actualmente en uso son 152 milímetros, 155 milímetros y 203 milímetros.

11 Se ha verificado que se pueden obtener disparos con un CEP (Error Circular Probable) de hasta 2 metros, para un alcance de 50 kilómetros.

FIGURA 1: PROYECTIL EXCALIBUR CALIBRE 155MM. (RAYTHEON). CONCEPTO OPERACIONAL



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, y con la llegada de las “*Loitering Munitions*” en el último conflicto de Nagorno Karabaj, observamos que cada vez adquiere más vigencia un nuevo concepto denominado “*Reconnaissance Strike*” (RS).

El concepto de RS concibe a los sistemas, e integra 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 sensibles, altamente móviles, todo ello en tiempo real¹².

Esta verdadera “**Revolución de la precisión**”, complementó a la artillería de tubo, con la modernización de los sistemas lanzadores de cohetes MLRS, que incorporaron vectores guiados por GPS y por Sistemas de Navegación Inercial (*INS*), que también hicieron su aparición en el campo de batalla y mostraron su gran eficacia en escenarios de guerra como Irak y Afganistán.

De esa manera, la disponibilidad de sistemas de armas de apoyo de extrema precisión, para los comandantes de nivel táctico, otorgó así nuevas posibilidades de empleo de los diferentes sistemas combinados de maniobra y apoyo de fuego.

Como una muestra de la vigencia de los Fuegos de Apoyo de Artillería, en las “*Six Modernization Priorities*”¹³ establecidas por el US Army en 2017, la prioridad número 1 son los denominados *Long Range Precision Fires*. Los mismos incluyen modernas plataformas para armas de tubo así como MLRS para misiles de corto y mediano alcance, misiles hipersónicos, cañones electromagnéticos (*Railgun*).

Finalmente, no obstante lo expresado y pese a que las municiones guiadas (PGM) ofrecen significativas ventajas y nuevas capacidades para los elementos de artillería, solo están disponibles para algunos países. Entendemos entonces que, por algunas décadas más, las municiones “no guiadas” seguirán estando presentes en los conflictos.

¹² Quinodaz Fernando. “Munición guiada para armas de apoyo de fuego de artillería y morteros”. TEC1000 2016. CEPTM “Mosconi”. FIE- UNDEF.

¹³ “Modernization Priorities of the US Army”. (03Oct17). Ref: <https://admin.govexec.com/media/untitled.pdf>.

Porque, además, de los altos costos que tienen aún los proyectiles “Inteligentes”¹⁴, mientras en la artillería sigan siendo parte de la doctrina de empleo, la ejecución de ráfagas y salvas de cohetes y proyectiles para saturar áreas con fuego letal, los sistemas convencionales seguirán siendo extremadamente eficaces para apoyar la maniobra de los elementos de combate.

A continuación desarrollamos en forma sintética algunos antecedentes acerca de los conflictos observados.

Antecedentes del Conflicto Rusia - Ucrania

En abril de 2014 grupos separatistas “pro Rusia” ocupan en el Este de Ucrania las zonas de Donetsk y Luhansk (una región denominada Donbas) con la exigencia de volver a formar parte de Rusia. Ucrania envía fuerzas militares a recuperar su territorio, lo que dio lugar a una serie de enfrentamientos militares.

En agosto de 2014 luego de la batalla de Ilovask, las fuerzas de Ucrania sufren un severo revés y deben replegarse de la zona ocupada, con lo cual las hostilidades se estancan. Los separatistas autoproclaman la “*República Popular de Donetsk y Lubansk*” e incluso Rusia otorga pasaporte de ese país a más de medio millón de ucranianos¹⁵. Desde el 2014 los conflictos se suceden, ya han muerto más de 13.000 personas, incluidos 3300 civiles, y hubo más de 30.000 heridos.¹⁶ Los esfuerzos por llegar a acuerdos de paz no han sido satisfactorios.

Más allá de los aspectos de orden estratégico y político-militar del conflicto, se suele considerar que en este escenario, fue donde por primera vez los sistemas autónomos aéreos del tipo UAS, fueron empleados de manera masiva, en forma orgánica, en las zonas de combate de primera línea y en funciones tácticas directas de apoyo a los Fuegos de artillería.¹⁷

En el trabajo de Philip Karber “*Lessons Learned on Russo-Ukrainian war*”¹⁸, se menciona que Rusia empleó no menos de 14 modelos de UAS, 13 de ellos de ala fija y un cuadricóptero¹⁹ sobre la zona del conflicto. Estos operaban a diferentes alturas y distancias, y asistían con la información obtenida por sus múltiples sensores a las organizaciones de combate en tierra y aire, pero especialmente a los elementos de dirección de los fuegos de artillería.

El uso generalizado de MLRS para ejecutar fuegos de saturación de zonas incrementó su efectividad gracias al empleo de Munición convencional mejorada de doble uso (*DPICM – Dual Purpose Improved conventional munitions*), *Cluster Munitions*, sistemas dispersadores de minas, proyectiles del tipo “*Top Attack*”, así como cabezas de guerra termobáricas. Todo ello ocasionó que, especialmente, las fuerzas blindadas y los vehículos, resultaran extremadamente vulnerables.²⁰

Algunos analistas sugieren que se puede considerar a esta Guerra como similar a “la Primera Guerra Mundial pero con más tecnología”.²¹

El aspecto más destacable del empleo de UAS en la región del DONBAS, no es tanto la variedad de aeronaves empleadas o sus características particulares, sino la habilidad de las fuerzas Rusas

14 El costo de adquisición de proyectiles Excalibur, por FMS a países de OTAN o aliados, ha sido aproximadamente US\$ 84.000 por unidad. (Ref Año 2015).

15 <https://www.bbc.com/news/world-europe-56746144>

16 <https://www.bbc.com/news/world-europe-49426724>

17 Robert G. Angevine; et al.IDA (Institute for defense analysis). “Learning lessons from Ukraine conflict”(2019)

18 Phillip Karber. “Lessons learned from the Russo-Ukrainian war”. Potomac Foundation (2015).

19 Del tipo VTOL (Vertical Take Off & Landing)

20 Robert G. Angevine; et al.IDA (Institute for defense analysis). “Learning lessons from Ukraine conflict”(2019).

21 Col. Liam Collins, “A New Eastern Front: What the U.S. Army Must Learn from the War in Ukraine,” Association of the United States Army, (16 Apr 2018), www.auusa.org.

para integrar una serie de plataformas con sensores específicos, como un sistema de adquisición y seguimiento de los blancos en “Tiempo real”.²²

Rusia basó su esquema operativo en tres sistemas componentes vitales para el éxito de las operaciones:²³

- > Las Plataformas Aéreas con Sensores, distribuidas a diferentes alturas sobre la zona de blancos e incluso sobre los mismos blancos, lo que complementa la información e imágenes de estos, útil para la planificación de las misiones de fuego respectivas.
- > Un sistema de comando y control que gestiona toda esa información obtenida y debidamente explotada. Y que en función de ello, establece las misiones de fuego.
- > Sistemas de armas de apoyo de fuego terrestres, ya sea artillería de campaña de tubo o MLRS con cohetes o misiles, que reciben las misiones de fuego y están en condiciones de ejecutarlas en escasos minutos.

Esa exploración y reconocimiento aéreo, operando sin limitaciones por la escasa capacidad de defensa aérea de las Fuerzas de Ucrania, le permitía identificar con gran precisión las posiciones ucranianas, y combinar la información obtenida de los múltiples sensores y ejecutar así, casi instantáneamente, fuegos indirectos extremadamente letales mediante artillería y cohetes.

Es interesante destacar que, en general, se trataba sólo de fuegos masivos de artillería, no habiéndose registrado el empleo de municiones guiadas disparadas por cañones. Sin embargo, los resultados fueron devastadores.

Solo a modo de ejemplo, en el trabajo citado de *Philip Karber*²⁴ se menciona el caso de una acción en la localidad de Zelenopylia. Por el efecto coordinado de sistemas de adquisición de blancos, con información proporcionada por UAS, FFEE y Snipers, en pocos minutos, dos Unidades mecanizadas de Ucrania fueron completamente destruidas por fuegos masivos de MLRS y cañones Rusos; se empleaba munición termobárica y proyectiles con cabeza de guerra del tipo “*Top Attack*” (DPICM).

Podemos decir que la combinación de fuegos de gran alcance e información precisa de la zona de blancos permitió que pese a la intensidad de las operaciones, Rusia tuviera comparativamente pocas bajas. Un aspecto de interés a destacar es que informes posteriores al conflicto, confirmaron que el 80 por ciento de las bajas de Ucrania fueron producto de los fuegos de Artillería rusos²⁵. Esto no es ninguna sorpresa, ya que Rusia tiene una larga tradición en el empleo masivo de los fuegos de artillería desde la Segunda Guerra Mundial.

Por su parte Ucrania, para tratar de contrarrestar los efectos del fuego de artillería ruso, empleó con éxito Radares (C-RAM)²⁶ provistos por Estados Unidos, para detectar proyectiles enemigos, establecer con precisión su trayectoria y por ende, la ubicación de las piezas que realizaban los fuegos y, de esa manera, poder efectuar fuegos de contrabatería²⁷.

Otro aspecto que es conveniente destacar, es que desde los tiempos de la guerra fría, Rusia desarrolló muy buenas capacidades de guerra electrónica (GE) que aplicó con gran eficiencia en

22 Robert G. Angevine; et al.IDA (Institute for defense analysis). “Learning lessons from Ukraine conflict” (2019).

23 Ídem anterior

24 Philip A. Karber. “Lessons learned from Ruso-Ukrainian war”. Potomac Foundation. ((2015). Pag 18

25 Ídem anterior.

26 C-RAM (Counter Rocket, artillery and Mortar).

27 <https://breakingdefense.com/2015/07/what-ukrainians-can-teach-us-about-fighting-russia/>

este conflicto, en el que empleó cantidad de unidades móviles terrestres y aéreas para realizar “Jamming” y denegar el empleo de comunicaciones radioeléctricas y empleo de radares²⁸.

En síntesis, resultó vital la forma en que Rusia realizó un empleo táctico de sus medios, en acciones de gran intensidad, con información precisa para alimentar los órganos de mando de control de los fuegos, y combinó así fuegos masivos de artillería, con acciones de guerra electrónica (*Jamming* y otros) y, posteriormente, un adecuado empleo de sus blindados, para ganar espacio en el terreno ya suficientemente “ablandado”.

El avance arrollador de las fuerzas blindadas rusas motivó incluso que el congreso de Estados Unidos analice la posibilidad de asistir a las Fuerzas de Ucrania con **misiles antitanques Javelin**, de forma tal de otorgarles mayor capacidad letal para balancear las operaciones terrestres²⁹.

En oportunidad de desarrollar este trabajo (en mayo de 2021), el despliegue de grandes formaciones militares rusas en la frontera con Ucrania preocupa por la posibilidad de reinicio de las hostilidades. Han pasado siete años desde los sucesos comentados en los puntos anteriores y resulta importante estar atentos a su evolución, ya que seguramente habrá nuevas “lecciones” que aprender. Particularmente, porque los sistemas aéreos autónomos, han incorporado capacidades letales como armas de ataque, y demostraron su relevancia en escenarios como Siria, Libia o el reciente conflicto de Nagorno- Karabakh.

Antecedentes del conflicto de Nagorno-Karabakh (septiembre de 2020)

En la última guerra de *Nagorno-Karabakh* (NK) hacia finales del 2020, se enfrentaron dos naciones del Cáucaso Sur: Armenia y Azerbaiyán. Un conflicto que lleva décadas por la disputa de una región de gran diversidad étnica, con mayoría armenia. Para la mayoría de nosotros, que no estamos familiarizados con los diferentes conflictos que hace décadas suceden en la zona del Cáucaso, *Nagorno-Karabakh* es una región montañosa en disputa, entre Armenia y Azerbaiyán, dos países que hasta la caída del muro de Berlín, pertenecían a la ex Unión Soviética desde 1920.

En esa oportunidad, las autoridades de la Unión Soviética otorgaron a Azerbaiyán el control sobre la región de NK. Pese a haber sido declarada y reconocida internacionalmente como parte del territorio de Azerbaiyán, en 1990 y luego de la disolución de la ex Unión Soviética, un grupo de separatistas armenios ocupó la región de NK. Ello dio lugar a un conflicto armado que duró hasta 1994, y dejó un luctuoso saldo de más de 30.000 muertos, con hechos de crueldad extrema y atrocidades de ambos bandos.

Como resultado de esa etapa, en 1994 los separatistas armenios declararon la independencia de la República de Nagorno-Karabakh, hasta que en el año 2017 pasó a denominarse “*República de Artsakh*”³⁰.

Desde esa fecha y pese a los esfuerzos internacionales para evitar el conflicto, la situación no presentó mejoras y continuó habiendo enfrentamientos de menor escala. Existe un organismo encargado de las negociaciones, el *OSCE Minsk Group*,³¹ con escasos resultados concretos y severamente cuestionado por Azerbaiyán.

No se trata simplemente de un conflicto regional localizado. Dadas las importantes reservas de petróleo del Mar Caspio, el suministro de ese recurso vital tiene dos caminos posibles hacia

28 <https://breakingdefense.com/2015/07/what-ukrainians-can-teach-us-about-fighting-russia/>

29 Ídem anterior.

30 Después de la Guerra de 1994, en que Armenia luego de su victoria proclama la República Independiente de Nagorno- Karabakh. En 2017 pasa a llamarse “República de Artsakh”.

31 OSCE: Organización para la Cooperación y Seguridad Europea (Minsk Group), presidido por Estados Unidos, Rusia y Francia.

Europa. Uno es a través del territorio de Rusia y por razones estratégicas, los países occidentales trabajan hace años para independizarse en la medida de lo posible de ese canal.

El otro camino es a través de las tuberías que corren a lo largo de la zona de NK hoy en disputa por Armenia y Azerbaiyán. La eventualidad de una interrupción de esa línea de abastecimiento de petróleo, como consecuencia de un enfrentamiento bélico, provocaría serios inconvenientes a Europa y, por esa razón, el conflicto es seguido con atención y preocupación por los países occidentales³².

Internacionalmente, esa región sigue considerándose parte del territorio de Azerbaiyán. Hubo una escalada breve pero intensa en las fronteras en 2016, que suele mencionarse como el antecedente de lo que en algún momento y, a mayor escala, iba a ocurrir.

Durante ese lapso y hasta el inicio de las hostilidades de septiembre de 2020, a grandes rasgos, la estrategia adoptada por ambos contendientes fue:

- > ARMENIA: Basada en posiciones defensivas, preparadas minuciosamente desde hace años en la frontera Este de la región de NK, para canalizar el potencial ataque de Azerbaiyán, a través de las escasas vías de aproximación en esa zona muy montañosa para someter así al enemigo a un desgaste progresivo.

Una fuerza terrestre preparada para defenderse en el terreno, en posiciones relativamente estáticas, que aprovecha las facilidades que normalmente la zona montañosa otorga al defensor con fuegos de artillería, emboscadas, acción de FFEE y empleo de armas antitanques.

La zona del conflicto, con muy escaso trazado vial, avenidas de aproximación del atacante perfectamente identificadas, hacía estimar que Azerbaiyán tendría escasas posibilidades de avanzar en amplio frente con fuerzas blindadas. Pero lo cierto es que el planteo de la batalla fue otro.

- > AZERBAIYÁN: Operaciones ofensivas de *“recuperación de parte de su territorio”*, tratando de ocupar localidades mayormente con población azerí, consideradas clave para la reivindicación de sus derechos soberanos sobre la región en disputa, y llevó adelante la ofensiva militar con las siguientes fases:³³

- > Destruir los sistemas de defensa aérea de Armenia
- > Atacar las fuerzas blindadas y sus sistemas de artillería terrestre con el empleo de UAS y UCAS en apoyo directo a la artillería propia
- > Atacar las rutas de abastecimiento y de refuerzos de tropas de Armenia
- > Atacar las tropas de Infantería, ya aisladas en sus posiciones defensivas

Todo ello acompañado con una gran campaña mediática, el empleo masivo de las redes sociales para la difusión de imágenes y videos, y mostrar así lo devastador de sus ataques negando obviamente los propios reveses.

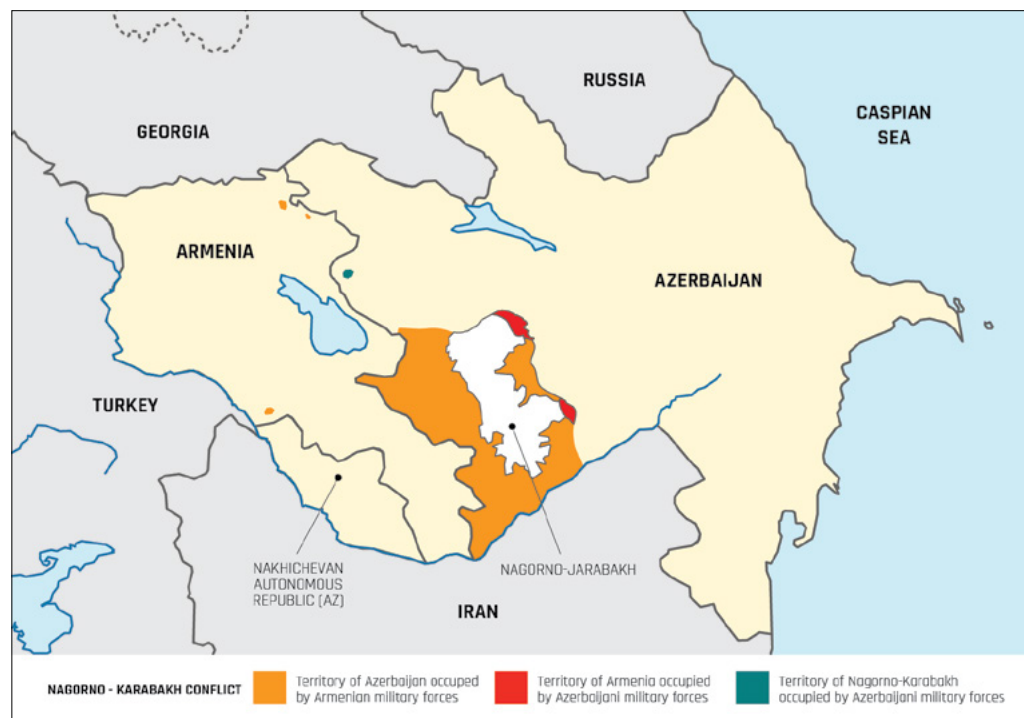
Ambos países, tanto el atacante (Azerbaiyán) como el defensor (Armenia) se prepararon para una guerra extremadamente intensa, pero breve en el tiempo, debido a los escasos recursos militares, limitada estructura industrial y logística propia, como para sostener una guerra de larga duración.

³² <https://www.world-today-news.com/nagorno-karabakh-the-future-of-war/>

³³ Fuente: <https://www.csis.org/analysis/air-and-missile-war-nagorno-karabakh-lessons-future-strike-and-defense>

A primera hora de la mañana del 27 de septiembre de 2020, Azerbaiyán pasó a la ofensiva con artillería, cohetes y UAS, que continuó con un ataque terrestre y desatando una batalla breve pero muy intensa, con grandes pérdidas de vidas y materiales en ambos bandos, desde las primeras jornadas.

FIGURA 2: REGIÓN DEL CONFLICTO DE NAGORNO-KARABAKH



De esa manera Azerbaiyán cumplió rápidamente las dos primeras fases de su ofensiva, neutralizando las defensas aéreas de Armenia y atacando las unidades blindadas en sus lugares de reunión y durante los desplazamientos.³⁴

La etapa que siguió, más allá de la continuación de los combates en las fronteras de la zona en conflicto, se caracterizó por la ejecución de fuegos de artillería con cohetes y misiles, por parte de ambos contendientes, sobre pueblos e incluso ciudades de la región. Fueron atacadas Stepanakert, capital de Nagorno-Karabakh, pero también ciudades de Azerbaiyán como Ganja, lo que provocó numerosas víctimas entre la población civil, y sembró el terror forzando a los dirigentes políticos a buscar una solución y el cese de las hostilidades.

El 9 de noviembre de 2020 el conflicto se detuvo formalmente, por la intervención de Rusia con Fuerzas de Paz (unos 2.000 efectivos), para garantizar el “alto el fuego” y el inicio de una nueva ronda de negociaciones sobre el futuro de la región. Este acuerdo establece el cese de hostilidades y permanencia de las Fuerzas de Paz rusas por un lapso de cinco años y sujeto a renovación.

34 Fuente: <https://www.csis.org/analysis/air-and-missile-war-nagorno-karabakh-lessons-future-strike-and-defense>

Se estableció además, que Azerbaiyán permanecería en los lugares alcanzados y Armenia devolvería algunos distritos dentro de NK para el 1 de diciembre de 2020³⁵. Esto fue una solución transitoria que no ha dejado conformes a los beligerantes, en especial a quien se considera derrotado e invadido (Armenia), todo lo que hace suponer que el conflicto seguirá latente por un tiempo.

Un aspecto de particular interés que veremos en detalle más adelante y que caracterizó además a este conflicto, es la asistencia tecnológica a los contendientes, de potencias regionales como Turquía, Israel y Rusia.

Particularmente la amenaza del empleo de misiles balísticos de corto alcance, constituyó un tema de extrema preocupación, ya que generaba una posible escalada futura de mayor magnitud y consecuencias, en caso de generalizarse el conflicto en la región.

La asistencia de Turquía e Israel a Azerbaiyán, con sistemas de armas verdaderamente disruptivas como UCAS³⁶ y Loitering Munitions, es otro aspecto que destacamos y desarrollaremos en este trabajo.

Sistemas de armas de apoyo de fuego de artillería: tendencias observadas

“La Artillería es un arma igualmente formidable tanto en la ofensiva como en la defensa”

Antoine-Henri Jomini³⁷

“Cuanto más corta sea una guerra, mayor será la importancia de las armas y de los sistemas de armas”.

Martin Van Cleveland³⁸

En esta parte del trabajo nos referiremos particularmente a aquellos sistemas, equipos, plataformas o munición, que consideramos han tenido una relevancia especial en este conflicto, ya sea:

- > Por tratarse de tecnologías innovadoras
- > O bien por observarse un empleo innovador de tecnologías ya existentes

Para quien desee ampliar el detalle de los sistemas de armas disponibles en cada uno de los contendientes, especialmente en lo referido a “Misiles, drones y Artillería de cohetes”, se recomienda leer el trabajo del Center for Strategic and International Studies (CSIS) con el título “*The Air and Missile War in Nagorno-Karabakh: Lessons for the Future of Strike and Defense*”³⁹, ya que en el mismo se exponen dos cuadros muy detallados, tomando como fuente la información de SIPRI (*Stockholm International Peace Research Institute*).

En términos generales, por las características de los países enfrentados y tratarse de un conflicto de carácter local, motivado por cuestiones territoriales fronterizas, históricas y étnico-religiosas, desde el inicio de las hostilidades, han existido intentos de países de esa región y organiza-

³⁵ <https://nation.com.pk/07-Dec-2020/the-use-of-drones-by-azerbaijan>

³⁶ UCAS: Unmanned Combat Aerial Systems.

³⁷ General suizo, al servicio de Rusia y de Francia. Famoso pensador militar del Siglo XVIII

³⁸ Fuente: Martin Van Cleveland. “Technology and war: From 2000 B.C to the present”. (1991). The Free Press Ed

³⁹ Fuente: <https://www.csis.org/analysis/air-and-missile-war-nagorno-karabakh-lessons-future-strike-and-defense>.

ciones globales, de inducir a ambos contendientes para que la situación no escalara en magnitud y consecuencias. Es probable que por ello no se observara gran intervención de los elementos del poder aéreo convencional (como las grandes plataformas aéreas de combate), ni empleo masivo de misiles balísticos de corto alcance (SRBM) que ambos contendientes disponían.

Por el contrario, lo que podemos observar ha sido el empleo de sistemas de armas y plataformas de combate terrestres, muchas de ellas con varias décadas en servicio e incluso algunas de ellas en proceso de ser discontinuadas, combatiendo contra nuevas tecnologías principalmente aplicadas en plataformas autónomas, que hacen su aparición en las batallas, para ser testeadas en combates de escala menor entre fuerzas regulares.

Podemos citar el caso de los Tanques T-72 de Armenia, atacados por UCAS, "*Loitering Munitions*" (LM) o misiles Atan de última generación Spike-ER, sin disponer de adecuados sistemas de supervivencia para hacer frente a este tipo de amenazas.

O piezas de artillería de campaña de tubo, en posiciones estáticas, siendo identificadas y adquiridas como blanco, por sistemas ISR, para luego ser abatidas con UCAS, LM y otros.

O los sistemas de defensa aérea adquiridos por Armenia a Rusia, preparados para hacer frente a amenazas aéreas que no estuvieron presentes en este conflicto como los aviones de combate o helicópteros. Esos sistemas de defensa aérea se mostraron obsoletos e ineficientes, para neutralizar a las "nuevas amenazas aéreas",⁴⁰ que hicieron su aparición en forma masiva en este conflicto, aunque solo empleadas por Azerbaiyán.

Relacionado con las inversiones en defensa de los países enfrentados y el equipamiento incorporado

Armenia: Como resultado de los conflictos anteriores al 2020, en los que, en términos generales, había resultado favorecido, este país mantuvo una postura más conservadora, en cuanto a sus inversiones en armamento en los últimos años.

Según un informe de SIPRI⁴¹, entre 2011 y 2019, Armenia habría realizado inversiones para la adquisición de sistemas de armas por US\$ 4.800 millones.⁴²

Su principal proveedor ha sido Rusia pero, contrariamente a Azerbaiyán, Armenia no habría invertido suficiente en UAS, priorizando los sistemas de armas de artillería convencionales⁴³, sistemas de defensa aérea⁴⁴, armas Atan e incluso misiles balísticos de corto alcance (SRBM) como el moderno Iskander-E (SS-26).

Centró su esfuerzo en implementar en la frontera Este de la región una importante infraestructura de posiciones defensivas bien organizadas y fortificadas, pero siempre en el marco de operaciones de desgaste progresivo de su eventual agresor, en caso de una invasión al sector en disputa.

Como veremos más adelante, en este conflicto, Armenia presentó serias debilidades para sostener algún grado de dominio del espacio aéreo, por disponer sólo de UAS comerciales y algunos de producción local, con escasas capacidades operacionales.

En resumen, Armenia había hecho algunas inversiones en material de artillería (especialmente MLRS), principalmente de origen ruso (y ex Unión Soviética), con distinto grado de an-

40 UCAS y Loitering Munitions

41 SIPRI (Stockholm Peace Research Institute)

42 <https://www.latimes.com/world-nation/story/2020-10-15/drones-complicates-war-armenia-azerbaijan-nagorno-karabakh>

43 En especial sistemas lanzadores de cohetes y misiles (MLRS)

44 En muchos casos no aptos o modernizados para hacer frente a la amenaza de nuevos sistemas como los UAS/UCAS

tigüedad.⁴⁵ Sus plataformas blindadas eran principalmente tanques T-72⁴⁶ y VCI con varias décadas en servicio. Sus sistemas de defensa aérea eran sólo aptos para neutralizar los aviones y helicópteros de combate, que no estuvieron presentes en esta batalla.

Azerbaiyán, luego de su derrota en la última guerra de 1994, estableció una política a largo plazo, de progresivo pero constante incremento de su presupuesto de Defensa. Conscientes de la histórica superioridad de su rival y aprovechando importantes ingresos producto de su riqueza petrolera, invirtieron fuertemente en equipamiento militar. Y entre ese equipamiento, las autoridades decidieron priorizar la incorporación de equipamiento de alta tecnología.

Y para ello eligieron como sus socios y proveedores, a países con un excepcional nivel de desarrollo en “nichos tecnológicos” específicos, tales como en el área de drones, “*Loitering Munitions*” y misiles balísticos de corto alcance (SRBM). Esos países fueron Israel y Turquía.

El plan incluyó la adquisición de sofisticados sistemas de armas autónomas, principalmente UAS para ISR, pero también tipo UCAS. Como mencionamos, Turquía e Israel fueron los principales proveedores, destacándose el UCAS TB-2 Bayraktar (Turquía) y las “*Loitering Munitions*” HAROP y HARPY (Israel). Este último país también proveyó los modernos misiles balísticos de corto alcance LORA y los misiles Atan SPIKE-ER.

Según el informe de SIPRI que mantiene una detallada base de datos de los gastos en defensa de los países, entre 2011 y 2019 Azerbaiyán invirtió unos US\$ 19.000 millones en armamento.⁴⁷ Esto incluye una orden en 2016 por US\$ 5.000 millones al estado de Israel, por “*Loitering Munitions*”: 100 Orbiter 1K y 50 HAROP, cuyos detalles veremos más adelante. También adquirió algunos sistemas MLRS de origen israelí y Turquía.

En resumen, Azerbaiyán apostó a la incorporación de sistemas de alta tecnología, adquiridos a países líderes en esas áreas, que proporcionaron además asistencia técnica y operativa en estas tecnologías emergentes, que obraron como un verdadero multiplicador del poder de combate de sus fuerzas terrestres.

La batalla se desarrolló, desde los primeros días del conflicto, en un espacio aéreo dominado por los sistemas autónomos de Azerbaiyán, tanto en misiones ISR en apoyo a los fuegos de artillería como acciones letales de UCAS y LM.

Por su parte, Armenia hizo un planteo de la batalla tradicional, estático, dejando a su oponente el dominio del aire en el nivel táctico, sin tener en cuenta las nuevas condiciones que las modernas tecnologías disponibles imponían. Los fuegos de artillería, previos a la maniobra de los elementos de combate azeríes, provocaron en pocos días un revés importante para Armenia, del que no pudo recuperarse.

Sistemas de armas de artillería de campaña (de tubo)

Dada la cercanía temporal del conflicto que analizamos (septiembre/ noviembre de 2020) y ante la falta de información objetiva acerca del poder de combate relativo de ambos contendientes, resulta difícil conocer qué materiales fueron efectivamente empleados. Sin embargo, la información existente indica que hubo una gran presencia de artillería de campaña de tubo, remolcada y autopropulsada en los distintos frentes de batalla.

⁴⁵ Fuente: <https://www.csis.org/analysis/air-and-missile-war-nagorno-karabakh-lessons-future-strike-and-defense>.

⁴⁶ Cinco versiones de la Familia de Tanques T-72 disponía Armenia, algunas de ellas modernizadas con sistemas de blindaje reactivo (ERA) y con dispositivos “Dazzlers” para neutralizar los sistemas optoelectrónicos de misiles Atan.

⁴⁷ <https://www.latimes.com/world-nation/story/2020-10-15/drones-complicates-war-armenia-azerbaijan-nagorno-karabakh>

Pero podemos afirmar, además, que en el área de material de artillería de campaña (de tubo) no se han observado novedades tecnológicas para destacar. Por el contrario, podemos decir que se trata de material con muchos años en servicio y suficientemente probado en combate. Tal vez el sistema más moderno observado es el VCA DANA M1⁴⁸, un VCA a ruedas de origen de la República Checa en servicio en Azerbaiyán. De todas maneras, se trata de sistemas con más de 30 años de servicio en su país de origen.

Se han investigado por distintos medios de acceso abierto antecedentes para determinar si se ha empleado munición guiada de artillería para cañones y obuses, como podría ser el **proyectil 2K25 "Krasnopol"**, guiado por láser y de fabricación rusa, u otros proyectiles guiados producidos por otros países, lo que hubiera sido la novedad más importante de este segmento.

La presencia de material ruso en ambos contendientes, como los VCA 2S3 Akatsiva (Armenia/Azerbaiyán) y VCA 2S19 Msta-S (Azerbaiyán) son aptos para disparar el proyectil 2K25 "Krasnopol", lo que hacía suponer que el proyectil estaría presente. Sin embargo, no hay registros de su empleo en material de artillería de tubo.

En la búsqueda de otras fuentes con antecedentes al respecto, el sitio *ORYX.com* realizó un interesante trabajo destinado a presentar los antecedentes, por ellos relevados, acerca de las pérdidas materiales de ambos contendientes.⁴⁹ Conocer los materiales que efectivamente se perdieron, nos permite determinar su presencia en los distintos escenarios⁵⁰. El trabajo citado expone una detallada lista del material destruido y capturado de ambas partes, presentando así los sistemas que habrían participado efectivamente en las acciones.

Para ello, no toma solo como referencia lo declarado por las partes involucradas, condicionado por las acciones de desinformación, propias de cualquier conflicto. Por el contrario, ese listado está basado en los registros fotográficos y videos, así como información e imágenes de libre disponibilidad en todos los medios, tanto en la prensa como en redes sociales, contrastada con información de otras fuentes. El listado incluye solo plataformas terrestres, sistemas de armamento, comando y control, de los cuales existan imágenes o videos que puedan considerarse como evidencia.

Lamentablemente, la debilidad de estos antecedentes es que gran parte de esa información, es la obtenida de los registros de imágenes y videos proporcionados por los UAS, UCAS y Loitering Munitions, que en su mayoría estuvieron disponibles en sólo una de las partes involucradas: **Azerbaiyán**.

Pero también es cierto que, tal como se puede observar en las imágenes presentadas, son principalmente los sistemas de armas de artillería de Armenia los que sufrieron las pérdidas más devastadoras, que además quedaron registradas en las imágenes citadas anteriormente.⁵¹

Complementando esto, en el desfile del "Día de la Victoria" (10 de diciembre de 2020) las tropas de Azerbaiyán, pasaron desfilando junto a gran cantidad de material capturado de su oponente.⁵²

48 <https://www.army-technology.com/projects/dana-m1-cz-self-propelled-gun-howitzer/>

49 <https://www.oryxspioenkop.com/2020/09/the-fight-for-nagorno-karabakh.html>

50 <https://www.forbes.com/sites/sebastienrablin/2020/10/23/what-open-source-evidence-tells-us-about-the-nagorno-karabakh-war/?sh=7b3618266f4b>

51 Además, Azerbaijan se ocupó de difundir por todos los medios, imágenes no solo de los materiales destruidos, sino que además realizó un desfile exhibiendo el material capturado

52 <https://www.oryxspioenkop.com/2021/01/aftermath-lessons-of-nagorno-karabakh.html>

ARMENIA (material de artillería de campaña)

El material de artillería de tubo de ARMENIA es de origen Ex Unión Soviética/ Rusia, algunos de ellos con hasta 50 años en servicio, como el caso del Obús D-20 de 152 milímetros.

Empleó cañones y obuses entre 85 milímetros y 152 milímetros. Es una cantidad registrada como equipamiento destruido o capturado: 228 Piezas (remolcado) y 25 Piezas VCA (autopropulsado).⁵³ Muchas de esas pérdidas fueron provocadas por UCAS Bayraktar TB-2, Loitering Munitions y algunos con misiles Atan SPIKE-ER.

Esos sistemas incluyen, entre otros:⁵⁴

Obús D-30 2A18. Calibre 122 milímetros (Rusia): 98 unidades (entre destruidos y capturados).

Obús D1 M-1943. Calibre 152 milímetros (Rusia): 18 unidades (entre destruidos y capturados).

Obús D20 M-1955. Calibre 152 milímetros (Rusia): 74 unidades (entre destruidos y capturados).

Obús 2A36 Giatsint-B. Calibre 152 milímetros (Rusia): 12 unidades (entre destruidos y capturados).

VCA 2S1 Gvozdika. Calibre 122 milímetros (Rusia): 20 unidades (entre destruidos y capturados).

VCA 2S3 Akatsiya. Calibre 122 milímetros (Rusia): 5 unidades (destruidos- 4 de ellos por efecto de *Loitering Munitions*).

AZERBAIYÁN (material de artillería de campaña)

Los mencionados son algunos de los sistemas más relevantes en servicio en este país pero, a diferencia de Armenia, se desconoce con precisión en qué cantidades participaron del conflicto ya que, como mencionamos anteriormente, no hay registro confiable de pérdidas de sistemas de artillería de tubo.

Por ello debimos buscar información de otras fuentes, complementadas por imágenes observadas en distintos medios.⁵⁵ Este país habría empleado cañones de calibres entre 122 milímetros y 203 milímetros, siendo los mismos de varios orígenes, principalmente Ex Unión Soviética/ Rusia, pero también de Turquía e Israel.⁵⁶

Obús D-30 Grau. Calibre 122 milímetros (Rusia): 195 unidades

Obús D-20 M-1955. Calibre 152 milímetros. (Rusia): 30 unidades

Obús 2A36 Giatsint. Calibre 152 milímetros (Rusia): 32 unidades

VCA 2S1 Gvozdika. Calibre 122 milímetros. (Rusia): s/d

VCA 2S3 Akatsiya. Calibre 152 milímetros. (Rusia): s/d

VCA 2S19 Msta-S. Calibre 152mm. (Rusia): 18 unidades

VCA T-155 Firtina. Calibre 155 milímetros. (Turquía / Corea del Sur): 36 unidades

VCA ATMOS 2000. Calibre 155 milímetros (Israel): 5 unidades

VCA 2S7M Pion. Calibre 203 milímetros (Rusia): 12 unidades

VCA DANA M1.⁵⁷ (A ruedas) Calibre 152 milímetros (República Checa): 36 unidades⁵⁸

53 <https://www.oryxspioenkop.com/2020/09/the-fight-for-nagorno-karabakh.html>

54 <https://www.oryxspioenkop.com/2020/09/the-fight-for-nagorno-karabakh.html>

55 <https://www.oryxspioenkop.com/2021/01/aftermath-lessons-of-nagorno-karabakh.html>

56 El número de unidades indicadas en todos los casos, representa el total de existencias de ese país en ese ítem. Se desconoce qué cantidad de ellas participaron en el conflicto.

57 Aunque su presencia no fue nunca oficialmente reconocida por Azerbaiyán, existen testimonios fotográficos de ellos en la zona de los combates.

58 Fuente: <https://armenpress.am/eng/news/1032345.html>

Más allá de los detalles de los materiales empleados en cada caso, lo que podemos mencionar como relevante en las acciones de los fuegos de apoyo de artillería en este conflicto, ha sido la capacidad de Azerbaiyán de lograr que operen de manera coordinada y eficiente, las misiones ISR tanto de UAS/ UCAS, que proporcionan información detallada de los blancos a los elementos de comando y control de los fuegos, para asignar las misiones a las armas de artillería.

Este aspecto lo veremos con más detalle en otras partes del trabajo.

Nos interesa, además, conocer algo de la munición empleada y el efecto de balística terminal sobre los blancos. Haremos una breve mención de algunos de los tipos de proyectiles de artillería empleados, que por sus particulares características merecen citarse.

Proyectiles de artillería empleados

La munición convencional de artillería y morteros, en los diferentes calibres de armas en servicio en los ejércitos enfrentados, con su carga explosiva - fragmentación (EF), Fumígena e Iluminante, fueron empleadas intensamente por ambas partes en el conflicto. No es el objetivo de este trabajo hacer una recopilación de estas, ya que no agregan aspectos tecnológicamente novedosos y además se utilizaron de la manera tradicional que la doctrina de empleo establece para ese tipo de armas. Como mencionamos antes, no hay antecedentes del empleo de municiones guiadas para armas de artillería de tubo.

Lo que particularmente nos pareció de interés mencionar, es el empleo de dos tipos de munición, que si bien no resultan novedades tecnológicas, generaron especial atención en este conflicto. Ellas son: Las "*Cluster Munitions*" y la munición del tipo "*Termobárica*".

Su uso, en muchos casos sin relación con acciones propias de operaciones militares, motivó quejas y reclamos por parte de organismos internacionales de control (Cruz Roja Internacional, Human Rights Watch) debido a su empleo sobre poblaciones civiles, con el objetivo de provocar pánico y abandono de la zona por parte de los residentes.

Cluster munitions

Tal vez uno de los aspectos que dio lugar a más cuestionamientos en este conflicto haya sido el uso por parte de ambos contendientes de municiones de Cargas Múltiples del tipo "Cluster Munitions" (CM).

Definición de Cluster Munitions (cm): De acuerdo con la "Convention on Cluster Munitions": "es una munición convencional diseñada para dispersar submuniciones explosivas (bomblets), cada una de las cuales debe pesar menos de 20 kilogramos".⁵⁹

FIGURA 3: VCA (A RUEDAS) DANA M1 CALIBRE 152 MILÍMETROS (AZERBAIYÁN). ORIGEN: REPÚBLICA CHECA.



⁵⁹ En el 2016 había 119 países: 100 signatarios y 19 adherentes

La norma promulgada por la “*Convention on Cluster Munitions*” (CCM) que establece regulaciones sobre este tipo de armas a nivel global, fue adoptada en diciembre de 2008 y ratificada en agosto de 2010 por más de 100 países⁶⁰.

Constituye el resultado de una serie de tratativas en el marco del denominado “Proceso de OSLO”, que tuvo por objetivo lograr la prohibición total de desarrollo, fabricación, almacenamiento, transferencia, comercialización y empleo de estas armas.

Las partes firmantes se comprometieron a destruir todo el stock de esos materiales en su poder, en un plazo de 10 años.

El argumento de las partes es que, si bien la mayoría de los sistemas de armas letales producen destrucción, muertes, heridas y daños, en el caso de las CM, basándose en la abundante información y experiencia de su empleo en numerosos conflictos en todo el mundo, la Convención concluye que estas armas producen un “daño inaceptable”. Más adelante ampliaremos los fundamentos de este término.

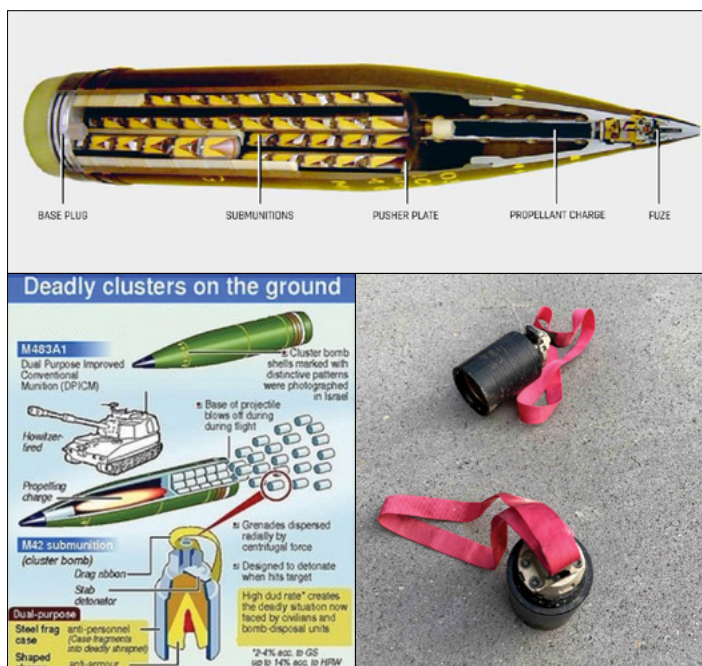
Básicamente las CM consisten en un contenedor (*dispenser*) que es parte del cuerpo del proyectil/ cohete/ bomba que sirve de alojamiento a una cantidad de submuniciones. Pueden ser unas pocas unidades y hasta decenas de ellas, las que son dispersadas en el aire a una escasa altura del suelo, con efectos letales sobre blancos en una gran superficie del terreno.

La cabeza de guerra normalmente dispone de algún sistema de espoleta relacionado con el dispositivo de apertura y dispersión de la carga de submuniciones. Normalmente están diseñadas para atacar blancos de personal o material, en especial vehículos blindados⁶¹.

Existen 4 tipos básicos de CM: a. Disparada como proyectil de armas de tubo terrestre o naval (cañón / mortero). b. Lanzada desde una aeronave como una bomba de gravedad/guida. c. Que el aeronave disponga de un dispersador fijado a su estructura y que del mismo se suelten las submuniciones sobre la zona objetivo. d. Lanzadas como parte componente de un cohete o misil.⁶²

A su vez las submuniciones suelen ser de dos tipos: Explosivo de fragmentación

FIGURA 4: PROYECTIL DE ARTILLERÍA TIPO “CLUSTER”



60 CCM entró en rigor en 2010

61 <https://colombiasinminas.org/wp-content/uploads/2015/12/Cluster-Munition-Monitor-2016.pdf>

62 A Guide to Cluster Munitions, Third Edition, Geneva, May 2016

(EF) o anti-blindados. Las EF son más pequeñas y pueden ir grandes cantidades por contenedor, para saturar la zona del blanco. Por su parte, las anti-blindados, por lo general contienen una pequeña carga hueca (CH) o dispositivo del tipo EFP⁶³, que en su descenso por gravedad, impactan aleatoriamente en la parte superior de los blindados, normalmente su zona más vulnerable.

Las CM que cumplen ambas funciones son denominadas “doble propósito” y se las conoce bajo la sigla DPICM (*Dual Purpose Improved Conventional Munition*).

Por lo descripto antes, las “Cluster Munitions” son más eficientes y con efectos más letales, que la munición de artillería convencional, en especial cuando son empleadas contra personal o unidades motorizadas.

Sin embargo, existen dos aspectos que son los más problemáticos y cuestionables de su empleo, que ha motivado que la CCM las califique como “daño inaceptable”:

- a. Que por condiciones propias de su diseño, muchas de las submuniciones no detonan al momento del impacto.
- b. Que al dispersarse la carga en una gran área (que depende del calibre de la munición y de la altura en que el contenedor se abre), si la sub munición no detona por la razón que fuere, esta queda en condición “activa”. Y lo cierto es que la tasa de falla de este tipo de municiones es alta (se estima que la tasa de falla es entre el 5-20 por ciento de las submuniciones).⁶⁴

La suma de los aspectos indicados en a. y b. provoca que grandes zonas del terreno, queden “sembradas” con cientos y hasta miles de pequeños dispositivos explosivos en estado activo, como si fueran verdaderas minas terrestres.

Está comprobado y registrado debidamente, que esto trae desastrosas consecuencias posteriores al conflicto, principalmente por su efecto en civiles, aún muchos años después que las acciones bélicas cesaron. Además, las submuniciones son de pequeño tamaño y suelen confundirse con objetos metálicos comunes.

Ello no ocurre, al menos en esas proporciones, con las municiones explosivas de Fragmentación (EF) convencionales, las que además son fácilmente identificables y de mayor tamaño. Por eso la calificación a las CM de provocar un “daño inaceptable”.

Por los argumentos citados, más de 100 países acordaron firmar la “*Convention on Cluster Munitions*” (CCM) y se manifestaron en contra de este tipo de armas.

Sin embargo, muchos países, entre los que se incluyen las principales potencias como Estados Unidos, China, Rusia, Reino Unido de Gran Bretaña, India e Israel entre otros, se han abstenido de firmar esta convención. Azerbaiyán y Armenia tampoco la han firmado.⁶⁵

FIGURA 5: EFECTO DE CLUSTER MUNITIONS ANTIBLINDADOS



⁶³ Explosive Formed Projectile. (Proyectil conformado por explosión)

⁶⁴ <https://www.amnesty.org/en/latest/news/2020/10/armenia-azerbaijan-first-confirmed-use-of-cluster-munitions-by-armenia-cruel-and-reckless/>

⁶⁵ <https://www.forbes.com/sites/sebastienroblin/2020/10/07/rockets-cluster-munitions-and-missiles-rain-down-on-armenian-and-azerbaijani-civilians/?sh=587f8e4042c2>

Particularmente en NK, se ha documentado el empleo de la munición Israelí M095 DPICM⁶⁶ (*Dual Purpose Improved Conventional Munition*). Human Rights Watch (HRW) ha registrado profusamente el empleo de este tipo de munición prohibida.⁶⁷

Sin embargo, como ni Armenia y Azerbaiyán son firmantes de la CCM, ni tampoco los países que las han provisto, pese a los reclamos de las citadas organizaciones, para que se suspenda el empleo de CM, ambas partes han expresado que no suspenderán su empleo hasta que el conflicto por Nagorno Karabakh haya cesado.⁶⁸

De acuerdo a lo informado por el *Stockholm International Peace Research Institute* (SIPRI), Israel ha provisto dos tercios del total de las importaciones de armas de Azerbaiyán hasta el 2020, lo que ha tenido una significativa influencia en la forma en que la guerra del Nagorno-Karabakh ha sido peleada. El citado instituto afirma que Israel ha provisto los proyectiles M095, que están declarados ilegales por la CCM de 2008.⁶⁹

Según lo informado por HRW, se habrían utilizado dos tipos de MLRS⁷⁰ para el lanzamiento de estos proyectiles.

Ellos fueron: el **MLRS BM-30 “Smerch”** (de origen ruso y en servicio en Azerbaiyán y Armenia) y el **MLRS LAR-160** (de origen Israelí y en servicio en Azerbaiyán)⁷¹.

Un video que registra el bombardeo de Azerbaiyán, sobre la ciudad de Stephanakert⁷² muestra los típicos flases y el sonido de este tipo de sub-municiones al detonar.⁷³ Otro video muestra además las municiones sin detonar en las calles de la ciudad.⁷⁴

Por su parte, ya después de enfrentamientos ocurridos en el año 2016, *Amnesty International* y *Human Rights Watch* (HRW) habían identificado municiones M095 DPICM en un área residencial de la ciudad de Stephanakert.⁷⁵

Los organismos citados, informaron que se recuperaron y destruyeron unas 200 submuniciones. Estas habrían sido disparadas desde *MLRS LAR-160mm* de origen israelí en servicio en Azerbaiyán.⁷⁶

Reiteramos que las CM son un tipo de munición que por las características mencionadas provocan secuelas posteriores durante muchos años, aún en el caso de un conflicto de pocas semanas como es el caso de NK.

Y lo más grave es que las zonas en las cuales se han empleado, quedan seriamente afectadas por muchos años para su uso posterior, como puede ser la urbanización, la agricultura, esparcimiento, etc.

Sin embargo, la tendencia que se observa es que muchos de los países “no son firmantes”, o bien porque se encuentran en zonas de conflicto, o porque poseen poderosas industrias de defensa y necesitan comercializar sus excedentes productivos. El incentivo es grande para los

⁶⁶ Un tipo de Cluster Munition normalmente usada tanto contra personal como contra blancos materiales, en especial Blindados.

⁶⁷ <https://www.rferl.org/a/rights-groups-document-use-of-cluster-bombs-in-nagorno-karabakh-conflict/30926266.html>

⁶⁸ <https://www.hrw.org/news/2020/10/23/azerbaijan-cluster-munitions-used-nagorno-karabakh>

⁶⁹ <https://asiatimes.com/2020/10/israel-to-maintain-azeri-edge-in-karabakh-war/>

⁷⁰ MLRS: Multiple Launch Rocket System.

⁷¹ <http://www.the-monitor.org/en-gb/reports/2020/azerbaijan/cluster-munition-ban-policy.aspx>

⁷² Capital de la Republica Independiente de ARKSAKH (Nagorno Karabakh)

⁷³ <https://youtu.be/Sjnt25VnBCM>

⁷⁴ <https://youtu.be/cZ2vsJnv86E>

⁷⁵ <https://www.hrw.org/news/2020/10/23/azerbaijan-cluster-munitions-used-nagorno-karabakh>

⁷⁶ <https://www.forbes.com/sites/sebastienroblin/2020/10/07/rockets-cluster-munitions-and-missiles-rain-down-on-armenian-and-azerbaijani-civilians/?sh=587f8e4042c2>

países que las desarrollan, producen y comercializan, por lo que se estima que estas seguirán presentes en los conflictos del futuro.

Frente a la presión de los Organismos como CCM y HRW, algunos países llevan adelante desarrollos para minimizar los daños colaterales tendientes a anular las dos mayores deficiencias que hoy tienen las CM (gran dispersión – munición no detonada).

Se trata de proyectiles que si bien disponen de submuniciones, una vez separadas del contenedor, en su descenso (ralentizado por empleo de paracaídas u otro mecanismo) disponen de un sofisticado sistema de localización y adquisición de un blanco específico.

Una vez adquirido ese blanco y ya a muy baja altura, la sub munición dispara un explosivo EFP para destruirlo. Esas submuniciones se suelen denominar SFW (*Sensor Fuze Warhead*). Por su sistema de seguridad, si en su descenso no puede adquirir un blanco, se acciona un sistema de autodestrucción. Los fabricantes garantizan que este sistema de seguridad funciona en el 99 por ciento de los casos⁷⁷.

Con ese concepto, que estaría hoy habilitado por la Convención (CCM), las empresas Rheinmetall y GIWs Mbh de Alemania, desarrollaron el proyectil **SMArT 155**. El mismo dispone de dos sub municiones anti blindado, con descenso con paracaídas en su fase final y sensores IR y MWR⁷⁸ para adquirir los blancos⁷⁹. Por su parte Francia y Suiza desarrollaron el Proyectil **BONUS** con 2 submuniciones y similares características funcionales y efectos que la anterior. Ambos sistemas no se encuentran alcanzados por las restricciones de la CCM.

Pero obviamente, por la complejidad de su diseño y componentes, resultan mucho más costosos que las CM y se desconoce si efectivamente han sido ya probadas en combate.

Munición Termobárica⁸⁰

Durante décadas, las municiones de artillería tuvieron como efecto deseado sobre el blanco principalmente el daño provocado por onda expansiva y los efectos de fragmentación, o en el caso de municiones contra blindados, la perforación de estos.

Pero desde hace algunas décadas se llevan adelante desarrollos para incrementar la performance de los efectos de la onda explosiva en sí misma. Y con ese objetivo se desarrollaron las municiones con “Efecto Volumétrico”, inicialmente empleadas para su lanzamiento desde aeronaves.

La munición Termobárica (TBX⁸¹), entra dentro de la categoría de las denominadas “Armas volumétricas”, que incluye además a las de tipo FAE (*Fuel Air Explosive*) normalmente de uso aéreo.⁸² En los países occidentales, no se las suele considerar armas incendiarias, ya que se ar-

FIGURA 6: PROYECTIL ANTI BLINDADOS SMART CALIBRE 155 MILÍMETROS



⁷⁷ <https://www.army-technology.com/features/featurecan-the-cluster-bomb-be-rehabilitated/>

⁷⁸ IR – MWR: Infrared y Milimetric Wave Radar

⁷⁹ SMar 155: Cada una de sus municiones dispone de 3 sensores para adquirir el blanco: IR pasivo- MWR pasivo y activo de 94 Ghz

⁸⁰ Kristian Vuorio. "The Use of Thermobaric weapons". 2015. Defense University. Finland. https://www.researchgate.net/publication/322553927_Use_of_Thermobaric_Weapons

⁸¹ TBX: Thermobaric Explosive

⁸² <https://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/thermobaric.htm>

gumenta que el efecto de combustión es posterior al de la detonación de la carga explosiva, por lo que las bombas FAE son normalmente utilizadas por la mayoría de las fuerzas aéreas.

El término “Termobárica” es una palabra compuesta derivada de los términos griegos “therme” (Calor) y “baros” (Presión), relacionados con los efectos de la temperatura y presión, que se producen de manera simultánea sobre el blanco. La principal característica de este tipo de armas

es la formación de una enorme “bola de fuego”, producida por la combustión del aire ambiente de la zona de impacto, acompañada de un adecuado efecto rompedor, por las ondas de presión generadas.

Este efecto supera al que podría generar cualquier explosivo convencional, para simular cantidad de carga⁸³.

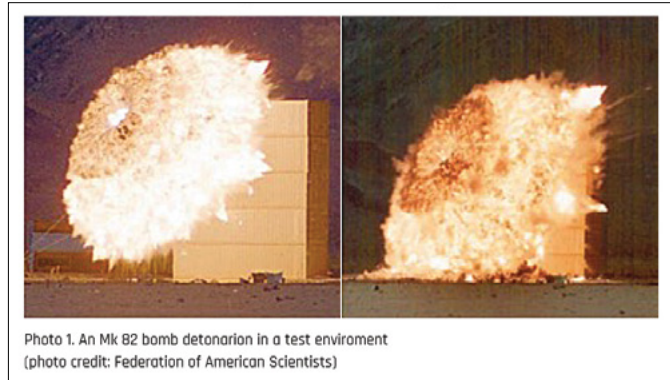
Tanto las armas termobáricas (TBX) como las de tipo FAE comparten los mismos principios técnicos básicos de funcionamiento. Un explosivo TBX consiste en una carga central, que contiene alguna clase de alto explosivo. Alrededor de este hay una carga secundaria, constituida con una formulación de componentes combustibles altamente energéticos.

Al producirse la detonación de la carga primaria, esta ocurre sin la intervención del oxígeno ambiente (anaeróbica). Pero al dispersarse la carga secundaria, los elementos combustibles proyectados en forma de nube, entran en combustión violentamente con el oxígeno del aire, lo que provoca la generación de explosiones secundarias y grandes efectos de llamas. Esto prolonga la duración de la explosión y potencia sus efectos rompedores. Por sus características, resultan especialmente aptas para atacar objetivos resguardados dentro de estructuras o en espacios confinados como túneles o refugios.⁸⁴ Si bien son varios los países que las desarrollan y producen, en general se especializan en bombas aéreas, para el empleo de este tipo de cargas en determinadas acciones de bombardeo.

Rusia y algunos países de la ex Unión Soviética se han caracterizado por emplear desde hace años este tipo de municiones en sus sistemas de armas. Y las han empleado muchas veces en el combate contra elementos irregulares o insurgentes, con gran éxito. Rusia tiene en su amplia cartera de productos el desarrollo de toda una verdadera familia de TBX, desde munición de artillería y blindados hasta simples cabezas de guerra TBX para sus lanzacohetes portátiles, tal como podemos ver en el video de la referencia⁸⁵.

Las municiones termobáricas fueron usadas profusamente también en el conflicto Ucrania-Rusia (2014), ya que ambos contendientes disponían en sus arsenales de este tipo de armas. Y conocían sus devastadores efectos ante determinados blancos.

FIGURA 7: EJEMPLO DE ARMA TERMOBÁRICA. (BOMBA MK82 DE USO AÉREO).

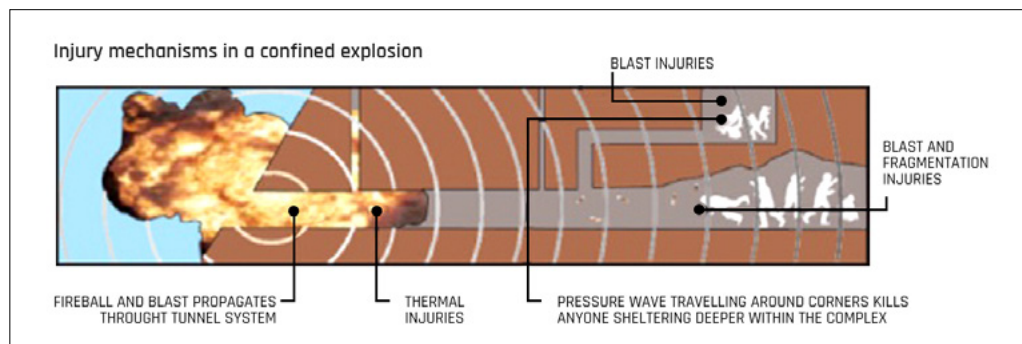


83 Ídem anterior

84 <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2214914716300927?token=D28492E6ECEB202F5F9E9A7B5F612E0A0802812B555461F9821FB797964E2DAEE1E154E6D826F65D062347EC13862C5A&originRegion=us-east-1&originCreation=20210511185136>

85 <https://youtu.be/KxbPiVXsFi8>

FIGURA 8: EJEMPLO DE EMPLEO DE ARMA TERMOBÁRICA CONTRA PERSONAL EN UNA CUEVA



En el conflicto de NK, ambos países han empleado equipamiento de origen ruso, muchos de ellos heredados de la ex Unión Soviética, por lo que, al igual que las “Cluster Munitions”, las municiones TBX seguramente han estado presentes en los fuegos de artillería de tubo y cohetes. Por otra parte, es muy probable que la enorme cantidad de equipamiento pesado como vehículos blindados destruidos y los más de 6.000 muertos⁸⁶ registrados en los escasos 44 días de enfrentamientos, sea el resultado del empleo masivo de este tipo de tecnologías, de altísimo poder destructivo.

Como veremos más adelante, principalmente para el caso de los MLRS como el BM-30 “Smerch”, LAR-160 o los misiles balísticos de corto alcance (SRBM) Tcchka-U e Iskander entre otros, tienen entre sus opciones de empleo las cabezas de guerra termobáricas, que además están disponibles en los inventarios de ambos países.

Solo a modo de ejemplo, uno de los sistemas de armas empleados en este conflicto, por parte de Azerbaiyán, que emplea cabezas de guerra de este tipo, es el sistema MLRS TOS-1 “*Burati-no*”.⁸⁷ Se trata de un MLRS de empleo táctico que dispara cohetes de 220 milímetros de muy corto alcance (solo 6 kilómetros), con su lanzador montado en plataforma blindada a orugas, lo que lo hace especialmente apto para dar apoyo de fuego cercano y combate acompañando a los elementos de primera línea. La gran movilidad y potencia de fuego disponible para los comandantes de elementos tácticos de menor nivel hacen de este sistema una herramienta con efecto devastador, en especial frente a tropas al descubierto.⁸⁸

Ambos tipos de proyectiles y tecnologías no resultan novedosas. Sin embargo, las mencionamos, por considerar que los escenarios que vienen ocurriendo en las últimas décadas, nos permiten intuir que las mismas continuarán empleándose en distintos conflictos.

Al momento de desarrollar este trabajo, se producen enfrentamientos entre fuerzas regulares del Estado de Israel y elementos irregulares en la Franja de Gaza. Por lo que se observa en la cantidad de información difundida por los distintos medios, es muy probable que se estén empleando armas termobáricas (FAE o TBX) para la destrucción de edificios o infraestructura de túneles, para lo cual estas armas son especialmente aptas.

⁸⁶ Según datos proporcionados por los países al 28 de mayo de 2021. <https://www.crisisgroup.org/content/nagorno-karabakh-conflict-visual-explainer#1>

⁸⁷ <https://youtu.be/q91yFP9E9Yg>

⁸⁸ <https://youtu.be/LLnmQjt368>

Sistema de lanzadores múltiples de cohetes de artillería (MLRS)⁸⁹

Los Lanzadores Múltiples de Cohetes de Artillería (*MLRS*) son diseñados para colocar sobre la zona de blancos un gran volumen de fuego en un período muy breve de tiempo. Son particularmente letales por su habilidad para saturar una zona de posiciones, antes que se pueda adoptar una adecuada cubierta o se intente salir de la zona batida.

Ambos países disponen de variedad de sistemas MLRS de distintos orígenes. En el caso de Armenia, se trata en su mayoría de materiales heredados de la ex Unión Soviética.

Para el caso de Azerbaiyán, lo que podemos destacar es que la inversiones de los últimos años en sistemas de armas, muestran que este país priorizó la incorporación de modernos sistemas de MLRS procedentes de Israel, Turquía y otros, lo que le permitió disponer de una cierta superioridad sobre Armenia en este campo. Pero también empleó sistemas de origen ex soviético con varias décadas en servicio.

Se describen brevemente los sistemas disponibles en ambos países y en algunos casos, se agrega información obtenida acerca de su empleo en determinadas acciones, según lo expresado por las fuentes que en cada caso se indican.

EXTRA. Azerbaiyán): EXTended Range Artillery es un moderno sistema de vectores guiados de alcance extendido y gran precisión, para batir blancos puntuales. Origen: Israel. Calibre 306 milímetros. Alcance: 150 kilómetros. Cabeza de guerra: 120 kilogramos. Guiado por GPS e INS, con una precisión de 10 metros CEP. Inventario estimado: 6 lanzadores y 50 misiles⁹⁰.

La plataforma lanzadora denominada LYNX es un sistema modular sobre vehículo a ruedas desarrollado por IMI (*Israel Military Industries*). Es empleado para el lanzamiento de otros cohetes y misiles producidos por la citada empresa. Existe una versión naval del misil Extra denominada TRIGON y la versión para lanzamiento desde aeronaves de combate, en servicio desde 2019, se denomina RAMPAGE.

El Extra fue originalmente desarrollado para las Fuerzas de Defensa de Israel (IDF), para su empleo en escenarios de conflicto en las fronteras de ese país, en especial la amenaza terrorista de Hezbollah y Hamas (Líbano, Gaza, etc). El requerimiento era disponer de un sistema de cohetes guiados de corto alcance, para batir blancos con gran precisión entre los 20 y 150 kilómetros, y reducir al máximo los daños colaterales que normalmente este tipo de sistemas provocan, cuando se emplean en zonas densamente pobladas.⁹¹

FIGURA 9: MLRS EXTRA CALIBRE 306 MILÍMETROS.



⁸⁹ Fuente: <https://www.csis.org/analysis/air-and-missile-war-nagorno-karabakh-lessons-future-strike-and-defense>.

⁹⁰ <http://www.imisystems.com/wp-content/uploads/2017/01/EXTRA-1.pdf>

⁹¹ Que es el caso de los enfrentamientos que Israel mantiene en las fronteras del Líbano y la Franja de Gaza.

Además de las IDF, fue adquirido por Vietnam y Azerbaiyán⁹². Se estima que este país lo empleó en el conflicto de Nagorno-Karabakh, aunque no hemos encontrado registro de ello.

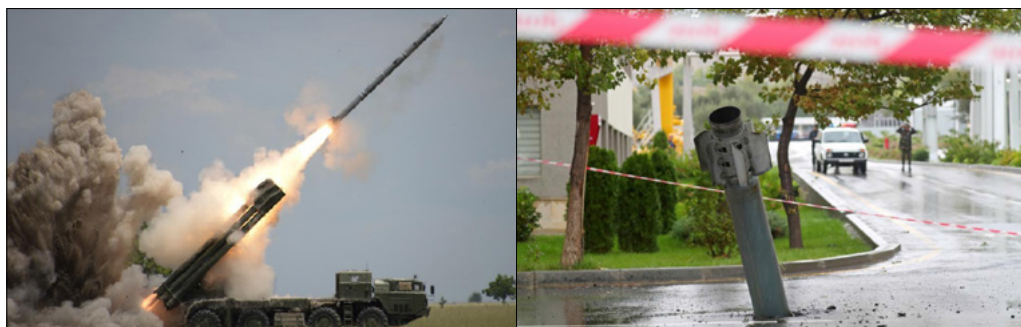
BM – 30 SMERCH. (Armenia - Azerbaiyán): Sistema MLRS con cohetes de 300 milímetros. Cada lanzador posee 12 tubos para sus cohetes. Adquiridos de Rusia. Alcance: 90 kilómetros. Inventario estimado: Armenia: 6 lanzadores. Azerbaiyán: s/d.

MLRS de gran calibre y movilidad dada por su plataforma TEL instalada en un Vehículo a ruedas 8x8. Es el más importante de los MLRS de origen ruso y que se destaca de los demás por su enorme poder de fuego, alcance y aceptable precisión. Se trata de un sistema muy difundido entre los países que pertenecieron a la ex Unión Soviética y como vemos en este conflicto, ambos contendientes lo poseían. En Latinoamérica, las Fuerzas Armadas de Venezuela poseen BM-30 "Smerch" en sus dotaciones.

Por su alcance, muy superior a la artillería de tubo convencional, su gran calibre, la variedad de cabezas de guerra que puede emplear y lo devastador del efecto de sus fuegos masivos, se convierte en un arma temible en cualquier conflicto.

Particularmente en esta guerra, transcurridos los días iniciales, ambos contendientes realizaron fuegos de artillería sobre ciudades. En esos ataques está confirmado el empleo de sistemas MLRS BM-30 "Smerch", en servicio en ambos países⁹³. En un informe presentado por el Ministro de Defensa de Azerbaiyán, se informa que Armenia habría disparado cohetes de MLRS Smerch y Misiles Tochka-U sobre asentamientos de población del país denunciante⁹⁴. También en videos publicados en redes sociales, se muestra el empleo de Smerch y la destrucción de un MLRS de Armenia por parte de Azerbaiyán.⁹⁵

FIGURA 10: MLRS BM-30 "SMERCH" CALIBRE 300 MILÍMETROS.⁹⁶



El BM-30 "Smerch" emplea diferentes tipos de cabezas de guerra para sus cohetes de 300 milímetros de calibre y 7,5 metros de longitud. El cohete 9M528 usa una carga unitaria de alto explosivo de 240 kilogramos y tiene un alcance de 90 kilómetros. También dispone del cohete 9M55K

⁹² <https://www.jewishpress.com/news/breaking-news/israeli-air-force-acquires-long-range-imi-extra-rocket/2016/06/28>

⁹³ <https://www.forbes.com/sites/sebastienroblin/2020/10/07/rockets-cluster-munitions-and-missiles-rain-down-on-armenian-and-azerbaijani-civilians/?sh=587f8e4042c2>

⁹⁴ <https://missiledefenseadvocacy.org/other-news/armenia-uses-tochka-u-tactical-missiles-against-azerbaijans-troops/>

⁹⁵ <https://youtu.be/cDMkftDFLb0>

⁹⁶ La primera imagen corresponde a un BM-30 SMERCH en servicio en el ejército de Venezuela, que es usuario de estos poderosos sistemas MLRS. La segunda imagen es un cohete disparado sobre la ciudad de Stepanakert, capital de la república de Artsakh (Armenia)

de “Cluster munition” que lleva 72 bomblets de 1,7 kilogramos cada una, con un alcance de 70 kilómetros⁹⁷.

Como mencionamos anteriormente, ambas partes emplearon este sistema durante el conflicto. Hay evidencias de que Armenia perdió varios por la acción de los UCAS⁹⁸ y Loitering Munitions empleadas por Azerbaiyán. *(En el video cuyo link se agrega como referencia, se puede observar el ataque, probablemente mediante UCAS por parte de Azerbaijan, a un MLRS BM-30 “Smerch” de Armenia, que acaba de realizar su misión de fuego)*⁹⁹.

El empleo por los dos países de poderosos sistemas MLRS de gran calibre como el Smerch (con Cluster Munitions) o el TOS-1A “Flamethrowers” (con cabezas de guerra Termobáricas), generó preocupación por el enorme poder destructivo que tienen y especialmente, el daño colateral sobre la población civil en la zona del conflicto.

TRG-300 “Kasirga-Tiger” (Azerbaiyán):¹⁰⁰ MLRS con cohetes de 300 milímetros. Cuatro tubos por lanzador. Alcance: 90 kilómetros. Cabeza de guerra: 150 kilogramos (HE – Steel balls) Guiado por GPS/ Glonass – INS. CEP: 10 metros. Su plataforma es un vehículo a ruedas 6x6 (MAM- Alemania). En servicio desde 2010. Adquirido de Turquía (Roketsan). Inventario disponible: s/d.

Un dato de interés es que, siendo Turquía miembro de la OTAN, desarrollador y fabricante de este sistema, puede considerarse al TRG-300 como uno de los sistemas MLRS de gran calibre (300 milímetros) en servicio en Europa y en el bloque occidental, equivalente a los MLRS M270 de Estados Unidos o a los BM-30 Smerch de Rusia.

POLONEZ. (Azerbaiyán):¹⁰¹ MLRS con cohetes de 300 milímetros. Ocho tubos por lanzador. Alcance de 200 kilómetros. CEP: 30 metros. Adquirido de Bielorrusia en 2018. Inventario disponible: s/d.

Se trata de un MLRS, desarrollado por Bielorrusia en 2016 y provisto a las Fuerzas Armadas de ese país, como reemplazo de los MLRS BM-30 Smerch y Uragan, con varios años de antigüedad. Dispone de cuatro tipos de cabezas de guerra para sus misiles: HE (High Explosive) – HEF (HE Fragmentation) – FAPC (Fragmentation Armour Piercing Cluster). Los misiles son guiados por GPS/INS y pueden ser dirigidos a un mismo blanco, o a blancos individuales cada uno de los ocho, en la misma salva.

El sistema Completo incluye: Vehículo de C&C – Lanzador – Veh Recarga – Veh Mant – UAS para evaluación de los fuegos. Se pue-

FIGURA 11: MLRS TRG 300 “KASIRGA”

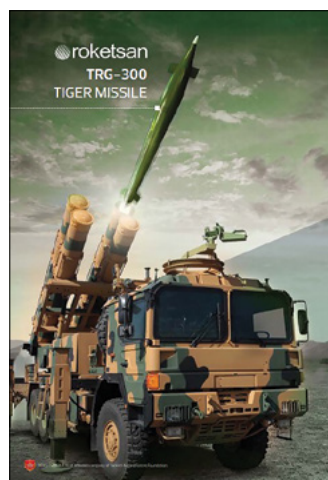


FIGURA 12: MLRS POLONEZ CALIBRE 300 MILÍMETROS



97 <https://www.forbes.com/sites/sebastienroblin/2020/10/07/rockets-cluster-munitions-and-missiles-rain-down-on-armenian-and-azerbaijani-civilians/?sh=587f8e4042c2>

98 UCAS: Unmanned Combat Aerial System

99 <https://youtu.be/SRDejHvMavi>

100 <https://www.roketstan.com.tr/wp-content/uploads/2019/10/ARTILLERY-ROCKETS-ENG.pdf>

101 <https://www.army-technology.com/projects/polonez-multiple-launch-rocket-system-mlrs-belarus/>

den observar algunos detalles más del sistema en el video de la referencia, de un desfile militar de diciembre de 2020¹⁰².

WM-80. (Armenia):¹⁰³ Sistema MLRS con cohetes de 273 milímetros. Dos módulos de cuatro cohetes cada uno. Alcance: 80 kilómetros. Cabeza guerra: 150 kilogramos. Adquiridos de China (Norinco) en 1999. Inventario estimado: 4-8 lanzadores.

Se trata de la evolución del reconocido MLRS Type-83 desarrollado en China en 1984. Las mejoras incluyeron mayor movilidad, alcance y precisión del sistema, así como mayor variedad de los tipos de municiones empleadas. Sin embargo, su precisión es de 800 metros (CEP) para el máximo alcance (uno por ciento del alcance) lo que no resulta adecuado para los estándares actuales de armas en su tipo.

Por esa razón Norinco desarrolló el **WM-120**, una variante guiada del sistema WM-80, con 120 kilómetros de alcance y guiado GPS, con lo cual mejora sensiblemente la precisión¹⁰⁴, que alcanza a 50 metros (CEP) según indica el fabricante. Utiliza diferentes tipos de municiones, HE, Cluster (*Doble propósito AP y Atan*). Fue exportado además a Bangladesh y Sudán.

Se estima que ha sido empleado durante el conflicto de NK, particularmente los ataques con MLRS de gran calibre, a ciudades azeríes como Ganja, y otras, lo que causó gran cantidad de víctimas civiles.¹⁰⁵ En estos eventos, se estima que han intervenido, entre otros, los MLRS de gran calibre y poder destructivo como Smerch y WM-80.¹⁰⁶

TOS -1A "Buratino". (Armenia/ Azerbaiyán): Sistema MLRS con 24 tubos para cohetes de 220 milímetros. Coloquialmente llamado "*Flamethrower*". Alcance: seis kilómetros. Adquirido de Rusia (Rostec / Rosoborone export). Inventario: s/d.

El TOS-1A se caracteriza por disparar salvas de hasta 24 cohetes de empleo táctico y corto alcance. Su uso no está basado en la precisión de sus vectores, sino en el poder destructivo de su carga termobárica, en las cabezas de guerra. Al impactar sobre la zona del blanco, dispersan una nube de líquido inflamable que entra en combustión junto con la detonación de la carga explosiva. El propio efecto de la explosión es potenciado por la combustión instantánea y violenta del aire ambiente, lo cual tiene un efecto devastador, en especial frente a tropas al descubierto¹⁰⁷. Pueden cubrir un área importante de hasta 40.000 metros cuadrados con toda una salva, realizada en menos de seis segundos¹⁰⁸.

Montado sobre el chasis de un blindado a oruga de la familia BM-1 o incluso del tanque T-72, provee movilidad táctica y protección a la tripulación, acompañando a las unidades de combate blindadas, lo que proporciona una capacidad única de apoyo de fuego directo en distancias cortas, entre uno y seis kilómetros.

Es útil tanto para la defensa o el ataque, por tratarse de un sistema de bombardeo masivo, que puede realizar misiones de fuego de oportunidad delante de las propias tropas para despejar un

102 <https://twitter.com/RALee85/status/1337042462242705410>

103 <https://web.archive.org/web/20080213042913/http://www.sinodefence.com/army/mrl/wm80.asp>

104 https://issuu.com/vishmeh/docs/armada_artillery_compendium_-_april/53

105 <https://twitter.com/i/status/1313520938319835137>

106 <https://www.forbes.com/sites/sebastienroblin/2020/10/07/rockets-cluster-munitions-and-missiles-rain-down-on-armenian-and-azerbaijani-civilians/?sh=587f8e4042c2>

107 <https://www.youtube.com/watch?v=2WrWOXGHR84>

108 <https://www.globalsecurity.org/military/world/russia/tos-1a.htm>

FIGURA 13: MLRS TOS-1 "BURATINO" CALIBRE 220 MILÍMETROS



área determinada en el avance propio o también para neutralizar el avance del enemigo frente a las propias¹⁰⁹.

LAR 160. (Azerbaiyán): Sistemas MLRS con cohetes de 160 milímetros. Origen Israel. Cantidad de cohetes por lanzador: 18 / 26 cohetes (según configuraciones y plataformas). Alcance: 45. Inventario: Aproximadamente 30 lanzadores¹¹⁰.

Se trata de un antiguo pero muy exitoso sistema MLRS desarrollado por Israel, en servicio en ese país desde 1983 y en muchos otros países. Una plataforma muy versátil, que puede

ser instalada en multiplicidad de plataformas terrestres a rueda y blindadas a oruga, como los AMX-13 en Venezuela e incluso el sistema TAM de Argentina. Ha sido adquirido por países como Azerbaiyán, Chile, Georgia, Kazajistán, Rumania y Venezuela.

Existen reportes del empleo de este antiguo pero aún vigente sistema, que utiliza "Cluster munitions" por parte de Azerbaiyán. Pese a que originalmente se había responsabilizado solo a los MLRS BM-30 Smerch del empleo en cohetes con Cluster Munitions, en investigaciones realizadas por Amnesty International, se identificaron también cabezas de guerra israelíes M095 DPICM (Dual-Purpose Improved Cluster Munition). El informe indica que en el bombardeo por parte de Azerbaiyán a la ciudad de Stepanakert, se habían recuperado 200 cluster bomblets M095 disparadas desde MLRS LAR-160¹¹¹.

Misiles balísticos de corto alcance¹¹²

Los misiles balísticos y los misiles de crucero han sido empleados desde la Segunda Guerra Mundial¹¹³ hasta la fecha. Los extraordinarios avances en el desarrollo de nuevos materiales, sistemas de posicionamiento y navegación, microelectrónica, herramientas de modelización y simulación, han ido incrementando notablemente su alcance, precisión y efectos de balística terminal.

Los de corto alcance (SRBM) y mediano alcance (MRBM) han sido empleados en la guerra Irán-Irak (1980-88), Guerras del Golfo (1991 – 2003), en el conflicto entre Ucrania y Rusia (2014) y hasta por las milicias Houthis en Yemen (desde 2015). Más recientemente, en el ataque a una base de Estados Unidos en Iraq (enero de 2020) y en el conflicto de Nagorno – Karabakh (en septiembre de 2020)¹¹⁴, entre otros tantos conflictos.

En toda su gama de alcances y capacidades constituyen una formidable y atractiva herramienta para cualquier nación, por su capacidad disuasiva y sus efectos letales, tanto en operaciones ofensivas como en defensa del propio territorio.

¹⁰⁹ http://roe.ru/press-centr/press-relizi/rostezh-prodemonstriroval-vozmozhnosti-tos-1a-inostrannym-zakazchikam/?from_main

¹¹⁰ <https://www.forbes.com/sites/sebastienroblin/2020/10/07/rockets-cluster-munitions-and-missiles-rain-down-on-armenian-and-azerbaijani-civilians/?sh=587f8e4042c2>

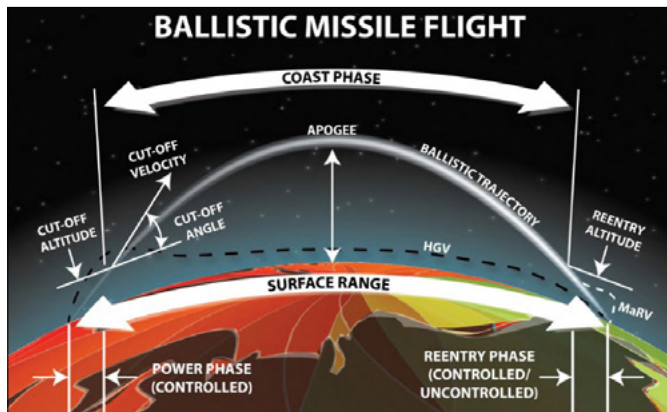
¹¹¹ <https://www.forbes.com/sites/sebastienroblin/2020/10/07/rockets-cluster-munitions-and-missiles-rain-down-on-armenian-and-azerbaijani-civilians/?sh=4c8c73b842c2>

¹¹² Fuente: <https://www.csis.org/analysis/air-and-missile-war-nagorno-karabakh-lessons-future-strike-and-defense>.

¹¹³ V1 era un rudimentario misil de crucero. El V2 se reconoce como el primer misil balístico empleado en operaciones de guerra. Lanzados sobre Inglaterra, pese a su escasa precisión, provocaron terror en la población civil atacada.

¹¹⁴ "Ballistic and Cruise Missile Threat- 2020". Defense Intelligence Ballistic Missile Analysis Committee.

FIGURA 14: ETAPAS DE LA TRAYECTORIA DE MISIL BALÍSTICO



Por esa razón, no solo las grandes potencias los poseen actualmente. Suele ser considerado por muchos países como un objetivo a alcanzar como “nación soberana”, relacionado con la capacidad disuasiva y efectiva de su instrumento militar.

Su bajo costo de obtención relativo, frente a la opción de realizar ataques de bombardeo con aeronaves, los convierte en herramientas de guerra muy eficientes, por su capacidad de vulnerar los sistemas de defensa aérea que tienen hoy naciones

no tan avanzadas tecnológicamente. Tienen, además, bajo costo de mantenimiento y sus requerimientos logísticos y de capacitación son inferiores a los de mantener plataformas aéreas de combate.

Obviamente, los sistemas de misiles, de ninguna manera, reemplazan a las aeronaves, pero los países de escasos recursos, han encontrado en estos sistemas de lanzamiento de vectores de uso militar, particularmente los de corto y mediano alcance, una alternativa adecuada a sus recursos económicos y posibilidades presupuestarias.

Adicionalmente, los misiles balísticos y de crucero constituyen una herramienta de disuasión y eventualmente de coerción. Incluso el empleo limitado de estos sistemas puede tener devastadoras consecuencias, especialmente si se emplean con cabezas de guerra con capacidad QBN¹¹⁵.

Su empleo en los últimos conflictos muestra que los avances tecnológicos en el área continuarán y esa tendencia facilita la proliferación de misiles en los diferentes países y regiones. Mencionamos algunos de los países que llevan adelante programas relacionados con misiles, que incluyen sistemas de Corto Alcance (SRBM) y misiles de crucero: ESTADOS UNIDOS – RUSIA – CHINA – FRANCIA – INDIA – PAKISTÁN – ISRAEL – IRÁN – COREA DEL NORTE, entre otros¹¹⁶.

A continuación mencionaremos los sistemas de misiles que encontramos presentes en el conflicto de Nagorno- Karabakh. Ampliamos la información sólo de aquellos que por sus características o empleo en el conflicto nos pareció de interés destacar:

TOCHKA-U (SS-21. Scarab B) (Armenia – Azerbaiyán): Misil balístico heredado por ambos países de la ex Unión Soviética. Calibre: 650 milímetros. Cabeza guerra: 480 kilos. Alcance: 120 kilómetros. Inventario estimado: Armenia: 4 Lanzadores. Azerbaijan: 3 / 4 lanzadores.

La familia de los misiles SS-21 “Scarab” es un desarrollo soviético de principios de los años 70. Un misil de corto alcance de empleo táctico en servicio desde 1975 y presente en las Fuerzas Armadas de Rusia, Armenia, Azerbaiyán, Bielorusia, Kazajstán, Corea del Norte, Siria, Ucrania, Yemen, entre otras¹¹⁷.

¹¹⁵ Ídem anterior.

¹¹⁶ “Ballistic and Cruise Missile Threat- 2020”. Defense Intelligence Ballistic Missile Analysis Committee.

¹¹⁷ <https://missilethreat.csis.org/missile/ss-21/>

¹¹⁸ La imagen de la cabeza de guerra corresponde a una del tipo “Cluster Munitions” o cargas múltiples eyectables.

FIGURA 15: SRBM SS-21 TOCHKA-U (SCARAB).¹¹⁸

Ha sido empleado en numerosos conflictos a lo largo del mundo en las últimas décadas, entre los que puede mencionarse: Chechenia¹¹⁹ (donde se estima que en 1999 se lanzaron entre 60/100 misiles), Siria, Yemen¹²⁰, el conflicto Ucrania/Rusia (2014) y recientemente en el conflicto de Nagorno-Karabakh.

En medios especializados se menciona como su desarrollador y fabricante a la empresa “Petrovavlovsk Machine Plant” situada en Ucrania¹²¹, lo cual permite comprender la presencia de este sistema en ambos bandos, también en la guerra Ucrania – Rusia (2014). En ese conflicto, se reportó el lanzamiento de al menos 43 misiles Tochka disparados por ambos bandos, con cabezas de guerra EF y “Cluster Munitions” (CM)¹²².

El Scarab-B (Tochka-U) es la versión más moderna de la familia Scarab, con un alcance de 120 kilómetros y en servicio desde 1989.

Algunas características destacables: Su vehículo transportador (TEL) tiene capacidad anfibia. Dispone de un sistema de guiado que combina GPS con guiado inercial (INS) y sistema de corrección terminal por Radar/TV con una precisión de 95 metros CEP.

Sus opciones de cabezas de guerra, con una capacidad de carga de 480 kilos, incluyen: Explosivo Fragmentación – Termobárica – Cargas múltiples eyectables (Cluster Munitions) – Nuclear – Químico /Biológico.

Fuentes no confirmadas mencionan la existencia de la nueva versión, el Scarab-C con un alcance de 185 kilómetros y la capacidad de su plataforma TEL, de llevar 2 misiles en condición de disparo¹²³. Dado el éxito y la difusión de este sistema en países con presupuestos de defensa modestos, es probable que se trate de una versión para exportar, ya que Rusia tiene entre sus planes reemplazar el Scarab B (Tochka-U) por el misil Iskander-M, como veremos más adelante.

Empleo del Tochka-U en este conflicto: Si bien el sistema tiene menor precisión que otros sistemas más modernos (100 metros CEP), su empleo para batir zonas específicas y el poder

¹¹⁹ Donde se estima que se lanzaron entre 60 / 100 misiles. Fuente: <https://missilethreat.csis.org/missile/ss-21/>

¹²⁰ Los ataques con estos misiles por parte de las milicias Houthis a objetivos en Emiratos Árabes fueron neutralizados con baterías Patriot. Fuente: Ídem anterior.

¹²¹ <https://missiledefenseadvocacy.org/missile-threat-and-proliferation/todays-missile-threat/russia/ss-21-mod-2/>

¹²² Karlov, Andrey (2018-01-21). “То́чки” над Ё”. *lostarmour.info*. Retrieved 2020-10-04.

¹²³ <https://missilethreat.csis.org/missile/ss-21/>

explosivo de su cabeza de guerra de 480 kilos pueden tener efectos muy destructivos en caso de ser lanzados en zonas pobladas.

Algunas imágenes y videos fueron publicadas en las redes sociales. En estas se puede observar un TEL disparando su misil y Azerbaiyán ha acusado a Armenia de emplear Misiles Tochka-U durante el conflicto en la zona en disputa. Como suele ocurrir en los conflictos, donde la desinformación es parte de la estrategia de la guerra, Armenia negó los hechos¹²⁴.

LORA. (LOng Range Artillery). (Azerbaiyán):¹²⁵ Desarrollado por IAI (*Israel Aerospace Industries*). Misil balístico adquirido a Israel en 2018. Cabeza Guerra: 200 kilogramos. Alcance: 90 - 400 kilómetros. Precisión: 10 metros CEP¹²⁶. Inventario estimado: cuatro lanzadores y 50 misiles. Fue incorporado por Azerbaiyán en 2018.

Israel dispone de uno de los más avanzados programas de investigación y desarrollo en el área de misiles y sistemas de defensa aérea. Con la asistencia tecnológica y recursos financieros de otros países, en las últimas décadas ha logrado desarrollar y fabricar en su propio territorio, una interesante gama de misiles balísticos y de crucero.

Se ha especializado en misiles de corto alcance y empleo principalmente táctico, sosteniendo, además, su esfuerzo de investigación y desarrollo y productivo, con una agresiva política de exportación, de su remanente productivo a otras naciones amigas.

No obstante lo expresado, ha desarrollado también misiles balísticos de largo alcance¹²⁷, incluso con capacidad nuclear, aunque esto no ha sido nunca oficialmente reconocido.¹²⁸

El misil LORA es fabricado por "*IAI's Missiles & Space Group MALAM division*"¹²⁹ y tiene la capacidad de batir blancos a distancias entre 90 y 400 kilómetros, portando cabezas de guerra de hasta 200 kilogramos de carga letal.

Se produce en una versión para lanzamiento terrestre desde vehículos tipo TEL que pueden llevar módulos lanzadores de hasta cuatro misiles por plataforma. También se produce una versión para lanzamiento desde *plataformas navales*, de dos misiles por lanzador.

Dispone de una sistema de guiado "*Resistente al Jamming*" basado en GPS y en INS (*Inertial Navigation System*), con un alto grado de precisión del orden de 10 metros CEP.

Una batería LORA está compuesta por un vehículo módulo de comando y control para la dirección de los fuegos, cuatro plataformas lanzadoras, cada una de ellas con cuatro misiles en condición de disparo, cuatro vehículos de abastecimiento de misiles.

FIGURA 16: SRBM LORA (LONG RANGE ARTILLERY)



¹²⁴ <https://missiledefenseadvocacy.org/other-news/armenia-uses-tochka-u-tactical-missiles-against-azerbajians-troops/>

¹²⁵ <https://www.iai.co.il/p/lora>

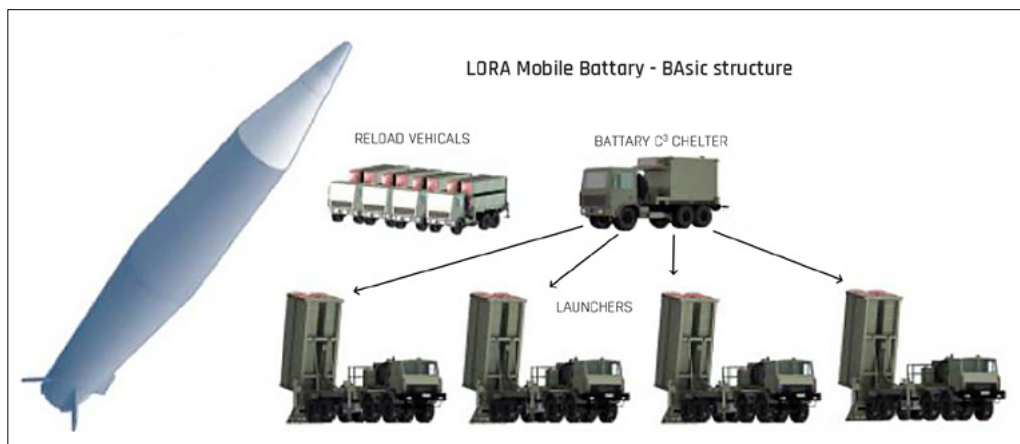
¹²⁶ CEP: Circular Error Probability. Aplicado en el campo de la balística, es una medida de la precisión de un sistema de armas. Su valor indica que, en un círculo de ese radio, impactarán el 50 por ciento de los disparos realizados.

¹²⁷ Misiles de la familia JERICO con una alcance estimado de hasta 4800 kilómetros (JERICO 3). Fuente: CSIS. Missile Defense Project

¹²⁸ <https://missilethreat.csis.org/country/israel/>

¹²⁹ IAI: Israel Aerospace Industries

FIGURA 17: ESQUEMA DE UNA BATERÍA DE SRBM LORA



Azerbaiyán es uno de los clientes que adquirió el Sistema LORA en su versión terrestre y las plataformas han sido vistas en la región en disputa con Armenia, desde 2018. En el conflicto de septiembre de 2020, un misil LORA fue disparado para destruir un puente sobre la ruta Stepanakert / Goris, que resultaba vital para asegurar el flujo de abastecimientos y refuerzos de las tropas de Armenia. Informes posteriores indicaron que el misil no había impactado y solo dañó parcialmente el blanco¹³⁰.

Chile sería la primera nación sudamericana en adquirir en 2017 la versión naval del sistema LORA.¹³¹

ISKANDER-E (9K720. SS-26 Stone). (Armenia). Misil Balístico de corto alcance (SRBM). Es fabricado por la empresa estatal rusa DBMB (*Design Bureau Machine Building*). Cabeza de guerra: 480 kilogramos. Alcance: 280 kilómetros. Precisión: 30 -70m CEP. Dispone de una plataforma lanzadora a ruedas en vehículo 8x8 (TEL).¹³² Cada plataforma puede llevar dos misiles en condiciones de lanzamiento. Se encuentra en servicio en Armenia desde 2016. Inventario estimado: ocho lanzadores y 25 misiles.¹³³

Adquirido de Rusia en 2016, es la variante para exportación del Misil Iskander- M, en servicio en Rusia desde 2006. La versión M se diferencia por su mayor alcance y sistema de guiado con mejores prestaciones y está sólo provista en su país de origen. El Iskander-E fue probado en combate por primera vez en el conflicto entre Rusia – Georgia (2008). Con su sistema de guiado inercial dispone de una precisión de 30 / 70 metros CEP.

El programa futuro para Armenia es que los sistemas Iskander-E reemplacen a los misiles Scud B y Tochka-U, heredados de la ex Unión Soviética.

¹³⁰ <https://www.israeldefense.co.il/en/node/45677>

¹³¹ <https://www.israeldefense.co.il/en/node/30857>

¹³² TEL: Transporter Erector Launcher.

¹³³ <https://www.csis.org/analysis/air-and-missile-war-nagorno-karabakh-lessons-future-strike-and-defense>.

De gran movilidad y reducidas dimensiones, constituye el sistema de misiles de empleo táctico más difundido en las fuerzas rusas actualmente. En la versión M, su alcance entre 400 / 500 kilómetros y cabeza de guerra de 700 kilogramos, incluso con capacidad nuclear, lo presenta como un sistema apto para su despliegue en un potencial conflicto en el frente europeo.

Esta opción nuclear permite llevar, además, cabeza de guerra del tipo MaRV¹³⁴ y señuelos para burlar las contramedidas de GE de los sistemas de defensa aérea. Entre sus opciones de empleo, una de las principales capacidades es su aptitud para la neutralización de los sistemas de Defensa Aérea del oponente¹³⁵.

La versión M del misil dispone de un sistema de guiado inercial y óptico, con una precisión de 10/ 30 metros CEP. El SISTEMA ELECTRO - OPTICO, que se

encuentra en la cabeza de guerra, puede recibir información de satélites o sistemas ISR¹³⁶ como los UAS, procesar esas imágenes y corregir su trayectoria al blanco¹³⁷.

Admite diversidad de cabezas de guerra: explosivas, termobáricas, cargas múltiples eyectables (*Cluster Munitions*), de pulso electromagnético (EMP) entre otras.¹³⁸

Este misil dispone de una versión más moderna, el Iskander-K. Se trata de un misil de crucero con perfil de vuelo de muy baja altura y que puede ser lanzado desde las plataformas TEL de esta familia de misiles, con un alcance superior a los 500 kilómetros¹³⁹.

Como tema de actualidad, al desarrollar este trabajo (*abril de 2021*), el sitio especializado en Defensa JANE's, ha citado evidencias del despliegue de unidades de misiles Iskander-M, a la frontera entre Rusia - Ucrania en la zona del DONBAS (conflicto militar del 2014).¹⁴⁰

FIGURA 18: SRBM ISKANDER-E (SS-26)



¹³⁴ MaRV: Maneuvrable Re- entry Vehicle

¹³⁵ <https://missiledefenseadvocacy.org/missile-threat-and-proliferation/todays-missile-threat/russia/iskander-m-ss-26/>

¹³⁶ ISR: Intelligence, Surveillance and reconnaissance.

¹³⁷ <https://www.army-technology.com/projects/iskander-system/>

¹³⁸ Ídem anterior.

¹³⁹ Ídem anterior.

¹⁴⁰ <https://www.janes.com/defence-news/news-detail/russian-ground-troop-units-and-iskander-ballistic-missiles-identified-at-ukrainian-border-by-janes>

SCUD-B (SS-1C) (Armenia). Misil balístico de corto alcance heredado de la ex Unión Soviética. Alcance: 300 kilómetros. Inventario estimado: cuatro lanzadores y 24 misiles¹⁴¹.

No existen evidencias de su empleo en este conflicto. Pero la familia de los renombrados misiles SCUD, son considerados obsoletos por algunos especialistas, por haber participado en diferentes conflictos desde la guerra de Yom Kippur entre Israel y Egipto en 1973, pero lo cierto es que siempre están disponibles. Llamados coloquialmente “*Armas del Terror*”, continúan siendo una amenaza latente, a pesar de su poca precisión, que para su máximo alcance es de más de 1000 metros CEP.

Su disponibilidad en algunos países y también en fuerzas irregulares, como puede ser el caso de las milicias Houthis de Yemen, continúa siendo motivo de preocupación. En opinión de los especialistas en este tipo de sistemas, el nivel de precisión alcanzado en esos ataques, indicaría que se está trabajando e invirtiendo en optimizar las capacidades de estos antiguos misiles, que aún siguen participando en conflictos de menor escala.

En el caso de Nagorno-Karabakh, sólo Armenia disponía de una pequeña cantidad, que se estima fueron reservados para su empleo por si el conflicto escalaba. Y aunque su precisión no esté a la altura de los más modernos misiles en su tipo, su alcance y el poder de su carga explosiva siguen haciendo de ellos sistemas a tener en cuenta.

En el presente conflicto, se informaron muy pocos casos de empleo de SRBM. En uno de ellos, fue denunciado el lanzamiento de misiles Scud B y Tochka-U por parte de Armenia, en un ataque Ganja, la segunda ciudad más poblada de Azerbaiyán¹⁴².

Por otra parte, se informó el empleo de un misil LORA por parte de Azerbaiyán para destruir un puente que conecta Armenia con Nagorno Karabakh, con el objetivo de cortar el canal de abastecimiento de efectos y refuerzos.

Pero lo cierto es que ambas partes, considerando el ajustado stock de estos costosos sistemas de difícil reposición, prefirieron reservarlos para operaciones futuras, por si el conflicto se extendía en el tiempo. Hicieron uso entonces de sistemas más convencionales y con adecuado stock, como los MLRS ya mencionados.

Como mencionamos anteriormente, los sistemas de misiles de corto y mediano alcance (SRBM / MRBM) resultan armas formidables y con enorme proyección en los escenarios futuros.

La mayoría de los países desea tenerlos. Su bajo costo relativo, la multiplicidad de misiones, alta movilidad, precisión y la dificultad de neutralizarlos, los posiciona como excelentes herramientas, preventivamente de disuasión, que incluso permiten forzar negociaciones en momentos difíciles de cualquier conflicto.

La amenaza de los SRBM ISKANDER-E de Armenia cumplieron ese papel y por ello su uso se reservó para una instancia posterior, si el conflicto se extendía. Estando en vigencia el “alto el fuego” establecido, el 9 de noviembre de 2020, Azerbaiyán denunció el disparo por parte de Armenia, de un misil Iskander-E hacia Baku, capital de aquel país. Según reportes, el misil fue neutralizado por las defensas aéreas de Azerbaiyán.¹⁴³

Finalmente, existe una situación de proliferación de SRBM, los que han estado presentes en casi todos los escenarios de conflicto de menor escala, ocurridos en los últimos años. Si bien existe el “*Missile Technology Control Regime*” (MTCR)¹⁴⁴, solo hay 35 países firmantes. Y ni Armenia ni

141 <https://www.csis.org/analysis/air-and-missile-war-nagorno-karabakh-lessons-future-strike-and-defense>

142 Ídem anterior.

143 <https://acenewsservices.com/2021/03/02/armenia-featured-launched-at-least-one-russian-made-short-range-iskander-ballistic-missile-at-baku-in-november-during-the-nagorno-karabakh-war-but-it-was-shot-down-by-azerbaijan-a-senior-official/>

144 MTCR: The Missile Technology Control Regime (MTCR) is an informal political understanding among states that seek to limit the proliferation of missiles and missile technology. <https://mtcr.info/frequently-asked-questions-faqs/>

Azerbaiyán lo son, por lo que los SRBM también han estado en el conflicto de Nagorno-Karabakh y se sabe cuáles son los países que proveyeron los misiles en cada caso.

El de los SRBM/ MRBM es un “*nicho de mercado*” creciente, en el que operan los países que desarrollan y fabrican estos sistemas. Porque resultan herramientas extremadamente eficaces para disuadir, presionar o actuar letalmente, incluso con la opción de cargas nucleares, en el rango de distancias menores a los 500 kilómetros. Por esto, si este conflicto, por alguna razón se reinicia, seguramente los veremos nuevamente en acción.

UNMANNED AERIAL SYSTEMS - UAS (para misiones ISR)

En las últimas décadas los sistemas UAS han sido empleados en misiones ISR, principalmente por las grandes potencias o aquellos países que han tenido acceso a estas tecnologías. Desde la guerra del Yom Kippur (1973) y Vietnam, en la cual rudimentarias aeronaves autónomas cumplieron con regular eficiencia funciones de vigilancia, reconocimiento y hasta de señuelos, las inversiones en investigación y desarrollo en estas tecnologías han ido evolucionando de manera exponencial.

Ocurre, desde hace varias décadas, que ante la ausencia de conflictos a gran escala entre naciones, como fue la guerra Irán -Iraq en los años 80, las regiones del Medio Oriente y el norte de África, se han convertido en “campo de ensayos” de las nuevas tecnologías y la posibilidad de emplearlos en escenarios de guerra.

El conflicto de Nagorno Karabakh ha sido el más reciente ejemplo de otro “campo de pruebas”, particularmente en lo relacionado con UAS, UCAS y Loitering munitions.

No es nuevo que los UAS constituyen herramientas indispensables para tareas de Inteligencia, Vigilancia, Reconocimiento (ISR). La mayoría de los países han tratado de incorporar estas tecnologías y, en los últimos años, se ha incrementado el empleo de los UAS como sistemas de observación aérea y adquisición de blancos, asistiendo a los órganos de control de fuego de las armas de artillería.

Tomamos como referencia la clasificación de UAS establecida por la OTAN que agrupa los vehículos aéreos de la siguiente manera¹⁴⁵:

- > Entre 15 y 150 kilogramos son considerados Clase I y descriptos como pequeños.
- > Entre 150 y 600 kilogramos son considerados Clase II y descriptos como medianos.
- > Entre 600 kilogramos y superiores son considerados Clase III y descriptos como grandes.

Como mencionamos anteriormente, la “*Guerra Ucrania – Rusia*” (2014) puso en evidencia la forma en que el empleo de UAS en misiones ISR, incipiente aún en ese evento de hace siete años, se ha transformado hoy en una realidad que no podemos desconocer.

Tomamos como información de especial interés, un análisis realizado por Philip Karber de denominado “*Lessons Learned from the Russo-Ukrainian war*”¹⁴⁶. Entre los aspectos allí desarrollados, se hace hincapié en el empleo de UAS por parte de Rusia en ese conflicto.

El citado trabajo expone que ese país empleó no menos de 14 modelos de UAS, 13 de ellos de ala fija y un cuadricóptero¹⁴⁷, sobre la zona del conflicto. Los mismos operaban a diferentes alturas y distancias, y asistían con la información obtenida por sus múltiples sensores a las organizaciones de combate en tierra y en el aire.

Algunos UAS operaban en todo el espacio aéreo, algunos sobre la zona en disputa ocupada por los separatistas y otros sobre el propio territorio de Rusia, agrupados de acuerdo a lo siguiente:

¹⁴⁵ “Open-Source Analysis on Iran’s Missile and UAV Capabilities and Proliferation”. International Institute for Strategic Studies (IISS 2021)

¹⁴⁶ Phillip Karber. “Lessons learned from Russo-Ukrainian war”. Potomac Foundation (2015).

¹⁴⁷ Del tipo VTOL (Vertical Take Off & Landing)

- Estratégicos de vigilancia de muy largo alcance y gran altura: Operando a lo largo de la frontera y la costa Sur. (Mar de Azov – Mar Negro).
- De largo alcance y gran altura, de ala fija: Operando sobre las posiciones defensivas de Ucrania y vigilando las actividades de retaguardia del nivel brigada del enemigo.
- De mediano alcance, de ala fija: Empleados para la adquisición de blancos en tiempo real y para asistir a los fuegos de apoyo de artillería de rápida respuesta, con capacidad de ejecutar sus misiones en tiempos menores a los 15 minutos. Asociados a los sistemas MLRS BM-30 Smerch y BM-27 Uragan¹⁴⁸.
- De corto alcance, ala fija: Asociados al apoyo con información de los blancos para los fuegos de sistemas MLRS BM - 21 (Grad) de 122 milímetros.
- De muy corto alcance (cuadricópteros de empleo táctico): Para sobrevolar y vigilar las posiciones defensivas del enemigo. Además, fueron vitales para proveer información necesaria para la evaluación del efecto de los propios fuegos de artillería. (Post Strike BDA¹⁴⁹)

El último punto muestra, además, cómo a partir de ese conflicto armado, se pudo observar el empleo de UAS para la “*evaluación del efecto de los fuegos*”, lo que antes era normalmente realizado por los Observadores adelantados de artillería o las FFEE.

En muchos conflictos posteriores a “*Ucrania-Rusia*”, observamos también el cada vez más perfeccionado empleo del equipo UAS y los elementos de artillería, que pueden ejecutar sus misiones de fuego a los pocos minutos de identificados los blancos, con disparos cada vez más precisos o saturando la zona con los clásicos y temibles MLRS. Eso también pudo observarse en los conflictos en *Siria* y *Libia*, donde las fuerzas Turcas adquirieron gran experiencia en el empleo UAS / UCAS / Artillería.

Volviendo al conflicto de *Nagorno-Karabakh* y relacionado con la tarea de BDA comentada en el punto anterior, la información obtenida por los múltiples sistemas sensores, fue explotada mediante la difusión en la web y en redes sociales de las imágenes. A modo de ejemplo, en el video que se agrega al pie, podemos ver la destrucción por parte de Azerbaiyán, de un sistema MLRS BM-30 “Smerch” de Armenia, que emplea probablemente un misil lanzado por un UCAS, o tal vez una “Loitering Munition”, mientras toda la escena es debidamente registrada por un UAS que está en misión ISR a mayor altura¹⁵⁰.

Este aspecto representó una enorme ventaja para Azerbaiyán, por su mayor disponibilidad de UAS frente a Armenia, que además sufrió la pérdida de los escasos UAS disponibles, muchos de los cuales fueron rápidamente neutralizados, con el empleo de sistemas de defensa aérea de baja cota y guerra electrónica, en las etapas iniciales del conflicto.

En las etapas iniciales, y tal vez para no develar sus capacidades reales, Azerbaiyán empleó como medios ISR, algunos antiguos aviones biplanos Antonov An-2T, heredados de la ex Unión Soviética y convertidos en UAS. Estas precarias aeronaves fueron enviadas como “señuelos” dentro de la zona defendida por Armenia, para forzar que los sistemas de defensa aérea de ese país se activen, delatando así su presencia y posiciones, lo que efectivamente ocurrió.¹⁵¹ Con esa información confirmada, comenzó la acción posterior de UCAS, Loitering Munición y fuegos masivos de la artillería convencional.

148 BM-27 Uragan: Sistema MLRS de origen ruso. Sobre plataforma a ruedas 8x8, calibre 220 milímetros, 16 tubos por lanzador y 35 kilómetros de alcance

149 BDA Battle Damage Assessment

150 <https://youtu.be/7sxun2eGcOY>

151 Según registro de imágenes, 11 de esos An-2T fueron derribados.

Una táctica similar había sido ya empleada por Israel en la Guerra del Líbano (1982), para detectar y destruir las defensas aéreas de Siria.¹⁵² Seguramente, la venta de equipamiento de alta tecnología en UAS por parte de Israel a Azerbaiyán, debe haber incluido la asistencia y capacitación de las tropas, en las técnicas y modalidades de empleo de estos sistemas.

Sistemas UAS (Para misiones ISR) utilizados en el conflicto Principales sistemas UAS operados por Armenia¹⁵³

Armenia empleó principalmente sistemas de desarrollo y fabricación propia. Ya en 2011 autoridades de ese país comunicaron que avanzaban con el objetivo de disponer de sistemas UAS nacionales y tratar de alcanzar la autonomía tecnológica en el área de plataformas aéreas autónomas.¹⁵⁴ El citado comunicado menciona, que “se tenía conocimiento de los planes de Azerbaiyán para incorporar UAS en sus Fuerzas Armadas, pero que las noticias al respecto eran exageradas y se estimaba que estas incorporaciones de nuevas tecnologías no tendrían relevancia en futuras guerras entre ambas naciones”¹⁵⁵. Esto fue un evidente error de apreciación a la luz de los resultados del conflicto de septiembre de 2020.

- > X-55/Kh-55:¹⁵⁶ UAS para misiones de reconocimiento. De desarrollo y producción nacional. Peso: 50 kilogramos. Techo de servicio: 4.000 metros. Motor de combustión interna. Puede operar hasta una distancia de 320 kilómetros. En servicio desde 2014.
- > Krunk-1:¹⁵⁷ UAS (Para ISR). De desarrollo y producción nacional. Peso: 60 kilogramos. Capacidad de carga 20 kilogramos. Techo de servicio: 4.000 metros. Autonomía: 4 horas. Puede recibir señal hasta una distancia de 150 kilómetros. En servicio desde 2011 y empleado también en el conflicto de NK del 2016.

FIGURA 19: PRINCIPALES UAS OPERADOS POR ARMENIA (X-55 / KRUNK-1 / ORLAN-10)



- > Orlan-10:¹⁵⁸ Origen Rusia. UAS (Para ISR) perteneciente a la clase 1. Peso: 15 kilogramos. Carga útil: 5 kilogramos. Autonomía de vuelo: 16 horas. Techo de servicio: 5000 metros. Máximo rango de acción 140 kilómetros (operado desde el módulo de control terrestre). El motor es de combustión interna y su lanzamiento es desde rampa.

¹⁵² <https://asifbinali.wordpress.com/2020/12/03/nagorno-karabakh-war-how-drones-can-shift-a-long-standing-conflict/>

¹⁵³ <https://www.csis.org/analysis/air-and-missile-war-nagorno-karabakh-lessons-future-strike-and-defense>

¹⁵⁴ <https://www.rferl.org/a/24241481.html>

¹⁵⁵ <https://www.rferl.org/a/24241481.html>

¹⁵⁶ <https://avia-pro.net/blog/x-55-tehnicheskie-harakteristiki-foto>

¹⁵⁷ <https://www.panarmenianet/eng/details/209995/>

¹⁵⁸ https://www.defenseworld.net/news/28818/First_Export_of_Russian_Orlan_E_Drones_to_Myanmar#:YKZrWbdKjIV

Por lo general el sistema ORLAN opera en grupos de tres. El primero de ellos se emplea para reconocimiento, a una altura de 1500 metros; el segundo con misiones de GE y el tercero para colaborar en la transmisión de la información a la unidad de control. Más de 1000 unidades de Orlan-10 se han producido y comercializado. Fueron probados en combate en Ucrania, Siria y Libia. Si bien no hay registros de su adquisición, se estima que fue incorporado por Armenia a las acciones hacia el final del conflicto.

Principales sistemas UAS operados por Azerbaiyán¹⁵⁹

- > **HERMES 900:**¹⁶⁰ Origen Israel (*Elbitt Systems*) UAS perteneciente a la Clase 3 de la clasificación y entre los de la categoría MALE¹⁶¹, para la ejecución de misiones ISR. Propulsado por un motor de combustión interna de 100 Hp “Rotax” de origen austriaco, el mismo que equipa al UAV “Predator” de Estados Unidos. Puede realizar vuelos de hasta 36 horas. En servicio en Azerbaiyán desde 2017/18. Inventario: dos unidades.

Con sus 15 metros de envergadura alar y 970 kilogramos de peso máximo al despegue, tiene la capacidad de llevar 300 kilogramos de carga útil. Techo de servicio: 30.000 pies.

Dispone de la capacidad IATOL (Internal Auto Takeoff and Landing) que le permite incluso aterrizar sin asistencia de instrumentos. El sistema es operado desde la Unidad UGCS (*Universal Ground Control Station*) que puede controlar simultáneamente dos aeronaves¹⁶².

De gran flexibilidad operacional y modularidad, puede cumplir numerosas misiones ISTAR (Intelligence, Surveillance, Target acquisition and Reconnaissance), empleando sistemas electroópticos, IR, Laser Range Finder y Laser Designation, así como variedad de aplicaciones para su empleo como plataforma de guerra electrónica.

En servicio en Azerbaiyán. Se estima que ha sido empleado en el conflicto, en misiones ISR de carácter estratégico. No se han reportado derribos de estos.

FIGURA 20: UAS CLASE III HERMES 900.



- > **HERMES 450:**¹⁶³ Origen Israel (*Elbitt Systems*). UAS perteneciente a la clase 2 de la clasificación de OTAN y entre los de la categoría MALE, para la ejecución de misiones ISR. Propulsado por un motor de combustión interna de 50 hp. Especialmente apto para misiones tácticas de larga duración, con una autonomía de vuelo de 20 horas. En servicio en Azerbaiyán desde 2008. Inventario: 10 unidades.

FIGURA 21: UAS CLASE II HERMES 450.



¹⁵⁹ <https://www.csis.org/analysis/air-and-missile-war-nagorno-karabakh-lessons-future-strike-and-defense>

¹⁶⁰ http://www.israeli-weapons.com/weapons/aircraft/uav/hermes_900/Hermes_900.html

¹⁶¹ MALE: Medium Altitude Long Endurance

¹⁶² <https://youtu.be/Gek30-orpbs?list=PLCybO9ZWD41D7eTJzrAFITqLzM9TBfapi>

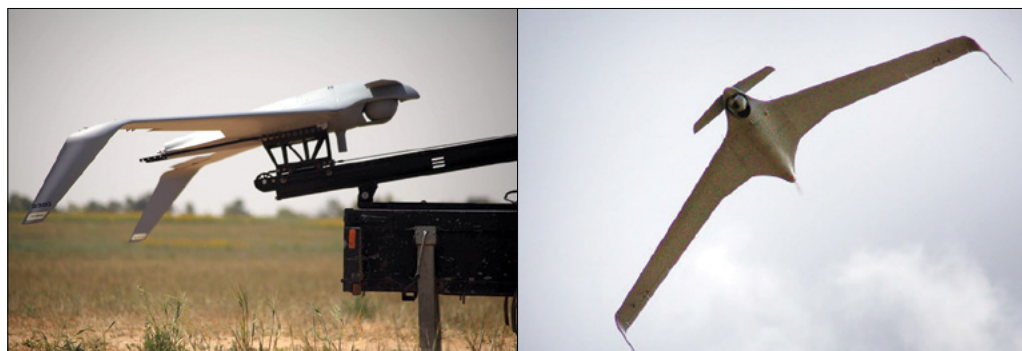
¹⁶³ http://www.israeli-weapons.com/weapons/aircraft/uav/hermes_450/Hermes_450.html

Con sus 10 metros de envergadura alar y 450 kilogramos de peso máximo al despegue, tiene la capacidad de llevar 150 kilogramos de carga útil. Techo de servicio: 18.000 pies Tiene la capacidad de despegar desde una rampa instalada en un tráiler, lo cual le da gran versatilidad de empleo a nivel táctico. La unidad de control está instalada en un camión, lo que permite comandar dos aeronaves en forma simultánea.

Se estima que ha sido intensamente empleado en el conflicto, en misiones ISR de carácter táctico. No se han reportado derribos de los mismos.

- > ORBITER 3:¹⁶⁴ Origen Israel. (*Aeronautics Group*). Es un UAS táctico de pequeño tamaño (STUAS), desarrollado para operar con pequeñas fracciones y FFEE, en misiones ISR de inteligencia, vigilancia, adquisición y marcación de blancos con señalador Láser. Propulsión eléctrica y una autonomía de hasta 7 horas. Es lanzado desde una rampa. Puede llevar una carga de hasta 5 kilogramos. La última versión de este producto permite operar en un radio de 150 kilómetros.

FIGURA 22: SMALL TACTICAL UAS (SUAS) ORBITER 3.



- > An2T: Aviones multipropósito Antonov soviéticos que prestaron un invaluable servicio. Este modesto biplano de baja velocidad y modificado para su vuelo autónomo fue empleado para sobrevolar las posiciones defensivas de Armenia y como señuelo “consumible”, con la misión de inducir a las posiciones de defensa aérea y de artillería de Armenia, a que abrieran el fuego, delatando así su posición¹⁶⁵.

Todos los sistemas mencionados prestaron un valioso servicio y fueron vitales para el desarrollo de las operaciones por parte de Azerbaiyán. De esa manera se obtuvo información muy precisa de la ubicación de los sistemas de defensa aérea de Armenia. Esta fue luego sistemáticamente destruida o al menos neutralizada, y se reportó la eliminación de una importante cantidad de sistemas 9k33-OSA (SA-3 Gecko), Strella-10 (SA-13 Gopher), Tor-M2KM y S-300, todos ellos de origen ruso.¹⁶⁶

¹⁶⁴ <https://aeronautics-sys.com/home-page/page-systems/page-systems-orbiter-3-stuas/>

¹⁶⁵ <https://nation.com.pk/07-Dec-2020/the-use-of-drones-by-azerbaijan>

¹⁶⁶ <https://www.thedrive.com/the-war-zone/36777/everything-we-know-about-the-fighting-that-has-erupted-between-armenia-and-azerbaijan>

Esto ocurrió, a pesar de una interesante estrategia implementada por Armenia de similares posiciones de defensa aérea, mediante señuelos de SA-3 Gecko y Tor M2KM.¹⁶⁷

Unmanned Combat Aerial Systems (UCAS)

En la publicación *American Purpose*, el reconocido pensador Francis Fukuyama expresó “en los recientes conflictos, los drones se han convertido en armas centrales en el campo de batalla”¹⁶⁸, citando como ejemplo el empleo de UAS por parte de Azerbaiyán en el conflicto de Nagorno-Karabakh.

Como mencionamos anteriormente, el empleo de UAS en misiones ISR no es algo novedoso. Esa función que inicialmente se les asignó, de apoyo a las operaciones, fue rápidamente madurando en los últimos años, con una transición hacia su posible empleo en acciones de ataque.

Pero son pocos los países que dominan las tecnologías necesarias para el desarrollo y principalmente la producción de UAS con capacidad letal, denominados UCAS (Unmanned Combat Aerial Vehicle). Se trata de plataformas autónomas capaces de efectuar el lanzamiento de pequeños misiles y bombas guiadas pero que, además, mantienen la capacidad esencial de realizar ISR como los UAS de su categoría.

Los países que disponen de la capacidad de producir y comercializar UCAS, con sistemas probados y validados en operaciones militares, son: Estados Unidos, Rusia, China, Turquía, Israel, Irán, Pakistán, entre otros¹⁶⁹.

En los inicios de la era de los UCAS, las acciones letales de carácter táctico o estratégico, eran dirigidas desde el más alto nivel de conducción y llevadas adelante por los grandes sistemas UCAS como el Predator (USA) y sus misiles Hellfire en todas las versiones. Se trataba de acciones selectivas, llevadas a cabo para neutralizar, por ejemplo, líderes de organizaciones terroristas. Normalmente ejecutadas en un país remoto y todo ello controlado por un operador a miles de kilómetros del lugar de la acción, que ejecutaba una misión ordenada por las más altas jerarquías de la organización.

Hasta hace poco tiempo eran tecnologías reservadas solo para las grandes potencias y destinadas a su empleo en conflictos asimétricos y contra elementos insurgentes que no disponen de medios para neutralizar esas nuevas amenazas aéreas.

Eso llevó a pensar que este tipo de armas no tendría un rol relevante en pequeños conflictos regionales, entre fuerzas militares regulares. Sin embargo, algunos países como Israel, Turquía, Irán y otros, entendieron no sólo la relevancia que tendrían en el futuro, sino que, además, se abría un extraordinario mercado global y demanda de estos sistemas letales.

Israel es uno de los países que ha apostado decididamente a investigación y desarrollo en este área, y dispone actualmente de una completa gama de productos, desde UAS, UCAS y también últimamente “Loitering munitions” (LM).

Cabe destacar también el caso de Turquía, que por similitud a Israel, desarrolló una poderosa infraestructura de investigación y desarrollo y producción para disponer de sus propias flotas de UAS y UCAS e implementar una agresiva política comercial para la venta de saldos productivos de equipamiento bélico.

Podemos decir, además, que en ambos casos, se vieron favorecidos por la posibilidad de acceso a recursos y tecnología de países occidentales. Y, en el caso de Israel, por su alianza estratégica global con Estados Unidos. En el caso de Turquía, por las ventajas que le otorgó su

¹⁶⁷ <https://www.oryxspioenkop.com/2021/04/strike-me-please-armenias-sam-decoys.html>

¹⁶⁸ <https://dronewars2021.com/2021/04/13/francis-fukuyama-drones-become-central-battlefield-weapons/>

¹⁶⁹ <https://nation.com.pk/07-Dec-2020/the-use-of-drones-by-azerbaijan>

condición de miembro de la OTAN desde 1954. Estas facilidades les permitieron alcanzar más rápido y de manera más sustentable, la capacidad de producción de los sistemas que mencionamos en este trabajo.

En los últimos años Turquía demostró en combate las capacidades de sus productos, empleándolos en Siria contra los blindados del régimen de Bashar Al-Assad. Y también en Libia contra las fuerzas del General Kalifa Haftar¹⁷⁰.

Se ha mostrado, además, la capacidad de Turquía en este creciente “nicho de mercado” en el ámbito de Defensa, particularmente los UCAS. Su producto estrella, el TB-2 “Bayraktar” confirmó en NK sus antecedentes y prestigio, ganados en escenarios como Siria y Libia anteriormente mencionados. Algo similar ocurrió con Israel y el magnífico desempeño de sus “*Loitering Munitions*”(LM), con sistemas como el HAROP que fue una de las novedades tecnológicas más destacadas en este conflicto.

Nos pareció interesante transcribir una opinión del diario Washington Post relacionado con el empleo de UCAS en el conflicto de NK: “Nagorno-Karabakh se ha convertido en el más poderoso ejemplo de la manera en que, pequeños y relativamente económicos drones de ataque, pueden ser capaces de cambiar la dimensión de los conflictos, anteriormente dominados por las batallas terrestres y el poder aéreo tradicional”¹⁷¹.

Complementando lo anterior en relación con este conflicto, Rob Lee, experto en defensa del Departamento de Estudios de Guerra del King's College of London, expresó: “Los drones han desbalanceado la relación de poder relativo entre ambos contendientes, especialmente para el lado de Azerbaiyán, que ha invertido en los últimos años cuantiosos recursos económicos resultado de su riqueza petrolera, para destinarlos a mejorar drásticamente su arsenal”.¹⁷²

Principal Sistema UCAS operado por Azerbaiyán

Nos enfocamos en analizar *Bayraktar TB-2*, el sistema UCAS que es considerado como el más destacado en este conflicto y que presentó además a Turquía, como un competidor fuerte en ese exclusivo mercado liderado por Estados Unidos, China, Rusia e Israel.

Complementando lo expresado, Turquía lleva adelante una agresiva política de investigación y desarrollo y producción, de plataformas aéreas autónomas de apoyo a las operaciones militares, que financia y sostiene con los recursos obtenidos de la comercialización de sus productos en los más variados mercados.

BAYRAKTAR TB-2 (Origen: Turquía)

El BAYRAKTAR *Tactic Block 2* (TB-2) es un desarrollo de BAYKAR *Makina Defence*, la mayor compañía turca líder en el desarrollo y fabricación de UAS y UCAS, con más de 20 años en el rubro.

Tuvo su vuelo inicial en 2014, y fue capaz de realizar una travesía de 24 horas cuando alcanzó un techo de servicio de 27.000 pies y una altura de empleo operacional de 18.000 pies. Al año siguiente el TB-2 fue equipado con sistemas de armas y realizó miles de horas de vuelos de ensayo, para validar su desempeño.

Las Fuerzas Armadas turcas adquirieron en 2015 a la compañía los primeros 104 TB-2 equipados con armamento y en la categoría de UCAS¹⁷³. A partir de ese momento, los TB-2 fueron

¹⁷⁰ <https://www.world-today-news.com/nagorno-karabakh-the-future-of-war/>

¹⁷¹ <https://nation.com.pk/07-Dec-2020/the-use-of-drones-by-azerbaijan>

¹⁷² <https://www.latimes.com/world-nation/story/2020-10-15/drones-complicates-war-armenia-azerbaijan-nagorno-karabakh>

¹⁷³ <https://dayan.org/content/turkeys-giant-leap-unmanned-aerial-vehicles>

empleados en diferentes conflictos y adquiridos por varios países como Ucrania, Qatar y Azerbaián. Actualmente las Fuerzas Armadas turcas tienen 160 TB-2 en servicio¹⁷⁴.

Expertos en la materia coinciden en afirmar, que durante el conflicto en NK, tal vez el más relevante de los sistemas aéreos de combate (UCAS) empleados, particularmente los operados por Azerbaián, fue el TB-2.

Sus principales características son:¹⁷⁵

El TB-2 es capaz de permanecer en vuelo hasta 27 horas, con un techo de servicio de 12.000 metros. Su capacidad de carga útil es de 150 kilogramos, y puede llevar sistemas de armas “*Made in Turquia*”. Ellos son los micro misiles guiados por láser Semiactivo MAM-C¹⁷⁶ de 70 milímetros de diámetro, peso de 6,5 kilos con carga explosiva, y el MAM-L¹⁷⁷ de 160 milímetros de diámetro, peso de 22 kilogramos, con opción de carga hueca en tándem o termobárica. Puede llevar cuatro misiles combinando ambas versiones, con un alcance de hasta 8 y 14 kilómetros respectivamente.

Los misiles son desarrollados y fabricados por la compañía turca *Roketsan*, que dispone de una muy variada y moderna cartera de productos.¹⁷⁸ Relacionado con estos misiles para ser operados desde plataformas UCAS, *Roketsan* produce, además, el MAM-T, 94 kilogramos de carga explosiva, 230 milímetros de diámetro y un alcance de 30 kilómetros. Se estima que este modelo de misil no fue empleado en el conflicto de NK.

FIGURA 23: UCAS BAYRAKTAR TB-2



FIGURA 24: MISILES GUIADOS POR LÁSER SEMIACTIVO MAM-C Y MAM-L



El TB-2 dispone, además, de equipamiento para misiones ISR: Intercambiable Electro-optic / Infrared / Laser Designation (EO/IR/LD) o Multi Mode AESA Radar.

La integración en la misma plataforma de la capacidad ISR, con la munición fabricada por la empresa turca *Roketsan*, convierten al sistema en un arma aérea indispensable para ope-

raciones en el marco táctico. El TB-2 puede adquirir el blanco, marcarlo con su designador láser y realizar el ataque preciso con sus cuatro misiles, todo ejecutado desde la misma plataforma y supervisado por un operador desde la Ground Control Station.¹⁷⁹

¹⁷⁴ <https://baykardefence.com/uav-15.html>

¹⁷⁵ <https://baykardefence.com/uav-15.html>

¹⁷⁶ <https://www.roketsan.com.tr/en/product/mam-c-smart-micro-munition/>

¹⁷⁷ https://www.roketsan.com.tr/en/?current_ajax_id=28¤t_ajax_page_type=product

¹⁷⁸ https://www.roketsan.com.tr/en/?current_ajax_id=undefined¤t_ajax_page_type=product

¹⁷⁹ <https://baykardefence.com/uav-15.html>

Despega y aterriza en pista. Carga máxima de despegue: 650 kilogramos. Velocidad crucero: 130 kilómetros por hora. Envergadura alar: 12 metros. Está propulsado por un motor de combustión interna Rotax, de origen austriaco, con una potencia de 100 hp. Lleva hasta 300 litros de combustible.¹⁸⁰

Se opera desde una unidad BAYRAKTAR TB-2 GROUND CONTROL STATION, que dispone de todo el equipamiento y servicios necesarios para operar sistemas aéreos remotos. Un vehículo transporta el módulo contenedor que cumple los requisitos NATO ACE III shelter standard. Emplea un sistema de triple banda para "Line-on-sight" (LOS) Control y transmisión de video¹⁸¹.

Así como el TB-2 fue probado con gran éxito en Siria¹⁸² y Libia en 2020, también demostró su letalidad en NK, donde realizó cantidad de misiones de ataque a una altura de vuelo relativamente segura. Como misiones complementarias, también realizó adquisición y señalamiento de blancos, en apoyo de los fuegos de saturación de MLRS y artillería de tubo propias.

Ya en las primeras fases de la ofensiva azerí una vez neutralizados los sistemas de defensa aérea de Armenia, las misiones de UCAS fueron destinadas a atacar los elementos blindados, tanto en sus desplazamientos como en lugares de reunión. Simultáneamente, y en equipo con UAS y LM, también fueron atacados los MLRS y artillería de campaña de tubo de Armenia. Agregamos un video difundido por Azerbaiyán, donde se puede observar su empleo en combates en NK¹⁸³.

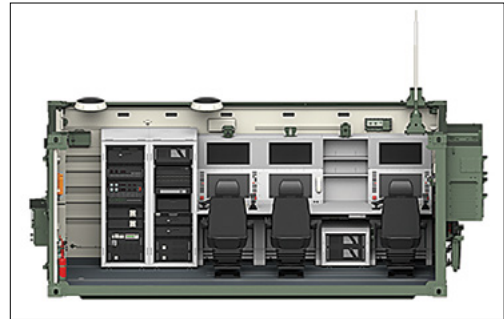
Como expresó el experto en defensa misilística Dr Uzi Rubin en su trabajo "UAV's in the mediterranean": "El Bayraktar TB-2, de dimensiones modestas, capacidades modestas pero también un precio modesto, resultó ser un óptimo entre capacidades y costos, para un sistema de su categoría".¹⁸⁴

Más allá de todas las virtudes y proyección futura que presentan los productos desarrollados por BAYKAR Defense, tal vez la mayor debilidad que aún tiene el programa turco de drones es la cadena logística que abastece a su estructura de producción.

"Nosotros todavía no producimos motores, y obviamente no tenemos fábricas de chips, por lo que las pequeñas partes componentes y hasta el software de los drones los importamos de los países occidentales o de China", expresó Atilia Yesilada, un analista de Global Source Partners¹⁸⁵.

Esta falencia se puso en evidencia cuando, una vez iniciado el conflicto y ante el empleo de los UCAS TB-2 por Azerbaiyán y los resultados obtenidos, diferentes organismos y países ejercieron presión internacional, para que Canadá suspendiera la provisión de componentes esenciales para el sistema, relacionados con sensores, optoelectrónica y marcadores láser para el señalamiento de blancos. También hubo desabastecimiento en los sistemas de propulsión (motores) que requiere la familia Bayraktar y cuya producción no tiene aún Turquía.¹⁸⁶

FIGURA 25: BAYRAKTAR TB-2 GROUND CONTROL STATION



180 Idem anterior

181 Idem anterior

182 <https://youtu.be/97kDWNnIGN4>

183 <https://youtu.be/-qxFTD6zXk>

184 <https://jiss.org.il/en/rubin-uavs-in-the-skies-of-the-mediterranean/>

185 <https://www.world-today-news.com/nagorno-karabakh-the-future-of-war/>

186 <https://www.defensenews.com/global/the-americas/2020/10/06/turkey-canada-in-spat-over-suspension-of-arms-exports/>

Relacionado con el empleo de UAS/UCAS, volvemos a los antecedentes del Conflicto Ucrania-Rusia (2014), y recordamos las abrumadoras pérdidas sufridas por Ucrania al carecer de UAS en sus arsenales.

Ucrania tomó debida nota de esa debilidad y como parte del programa de modernización de sus Fuerzas Armadas, en 2019 adquirió de Turquía 12 aeronaves Bayraktar TB-2 y una cantidad similar para el año 2020.

Además, en el marco de este acuerdo, ambas partes convinieron en establecer una “*Joint Venture*” entre empresas de ambos países, para producir 48 TB-2 adicionales en instalaciones de montaje en territorio de Ucrania¹⁸⁷.

Para demostrar que los TB-2 estaban ya operativos en las Fuerzas de Ucrania, en abril de 2021 y con motivo del recrudecimiento de las tensiones entre Rusia- Ucrania en la región del Donbas, un TB-2 ucraniano sobrevoló la zona de conflicto.

Fue la presentación “en operaciones” del sistema, en esa región en disputa.¹⁸⁸ Y también la muestra de que Ucrania había “aprendido la lección” del conflicto del 2014 y adoptado las acciones pertinentes.

Loitering munitions

Las denominadas “*Loitering Munition*” (LM), también conocidas como “municiones merodeadoras” y “drones kamikaze”, constituyen otro recurso tecnológico que queremos destacar por su aparición y empleo en el conflicto de Nagorno-Karabakh.

Las LM son un tipo de armas en las que la munición, luego de lanzada y realizando su vuelo con propulsión propia, permanece sobrevolando por cierto tiempo determinada zona considerada “objetivo”, realizando vigilancia y la búsqueda de blancos para destruirlos.

Lo que realmente las define es esa capacidad de sobrevolar el área objetivo por un tiempo determinado, lo que otorga al usuario tiempo para decidir “qué” y “cuándo” atacar.

Puede considerarse que son una categoría intermedia entre los costosos y sofisticados misiles de crucero (CM) y los UAS con capacidad letal (UCAS). Pero a diferen-

cia de los CM, las LM pueden sobrevolar durante un tiempo la zona objetivo e incluso regresar sin haber realizado ataques. Y se diferencian de los UCAS, en que estos últimos son plataformas aéreas que cargan y disparan misiles o bombas guiadas, mientras que las LM, son ellas mismas el misil, ya que su cuerpo es el que contiene la carga explosiva.

Tienen, además, la ventaja de operarse desde vehículos livianos, los que le otorgan al sistema gran movilidad, flexibilidad, capacidad de ocultamiento y muy breves tiempos de reacción, en especial para accionar sobre blancos que estaban ocultos y aparecen repentinamente.

FIGURA 26: CONCEPTO DE EMPLEO DE LOITERING MUNITION



¹⁸⁷ https://en.m.wikipedia.org/wiki/Bayraktar_TB2

¹⁸⁸ <https://www.unian.info/society/kyiv-moscow-tensions-ukraine-flies-first-turkish-made-strike-drone-over-donbas-11389531.html>

Estos blancos pueden estar predeterminados en la etapa de preparación de la misión y, al ser localizados y adquiridos, atacarlos lanzándose directamente sobre ellos a la manera de un misil o proyectil dirigido.

Sin embargo, también puede ocurrir que, al no hallarse los blancos previstos, el sistema regrese a su base para su acondicionamiento y nueva misión. Estas acciones, tanto las de ataque como las de retorno al origen, pueden ser autónomas o controladas por un operador humano.

Las *Loitering Munitions* (LM) que están en servicio en diferentes ejércitos, son desarrollos mucho más sofisticados que los “*drones kamikaze*” empleados por elementos terroristas, que incorporan cargas explosivas a drones comerciales de bajo costo. Aunque finalmente el concepto básico del “*medio y finalidad*”, sea el mismo: “*Dirigir una plataforma guiada, que lleva una cierta carga explosiva, hacia un blanco determinado*”.

Las LM, de pequeño tamaño frente a un CM o UCAS, con escasa “firma radar”, baja señal térmica y poco visibles, silenciosos y en algunos casos con motor eléctrico, son muy difíciles de detectar, adquirir y destruir. Su bajo costo relativo, frente a un misil táctico o una aeronave de combate, los hace de gran interés en la guerra moderna¹⁸⁹.

El concepto de las LM habría nacido en Israel, en los 80, como una solución “anti-radar” y las Fuerzas de Defensa de Israel (FDI) vieron las potencialidades de los UAS en ese rol, durante la guerra del Líbano en 1982¹⁹⁰.

Israel ya empleaba los UAS “*Delilah*” como herramienta de reconocimiento y también como señuelo para detectar los sistemas de Defensa Aérea (SAM) de su oponente en el Líbano. En la Operación “Drugstore” lanzaron cientos de señuelos “*Delilah*” simulando un ataque masivo de aviones israelíes. Cuando los radares de los SAM se activaron, las FDI lanzaron misiles antirradar desde plataformas terrestres o aéreas que los eliminaron¹⁹¹.

Fue entonces que surgió la idea de unificar en un solo sistema aéreo la capacidad de adquirir el blanco y atacarlo. *Israel Aerospace Industries* (IAI) desarrolló el sistema HARPY, que le otorgaba a un UAS la capacidad de llevar un misil antirradar. Este suele ser considerado como el primer ejemplo de una *Loitering Munition*.

Las LM están siendo empleadas para operaciones puntuales en diversos conflictos desde 2010 y es a partir de ese momento, que realmente se convierten en un “nicho” de interés para la industria de defensa. Su desarrollo recibe un fuerte impulso cuando la tecnología de sensores evoluciona y los UAS se hacen cada vez más pequeños. Han realizado decenas de misiones de ataque sobre objetivos puntuales en el marco de conflictos en Yemen y Arabia Saudita, entre otros. Incluso expertos en la materia expresan que los países de escasos recursos han encontrado en las LM unos modestos y pequeños “misiles de crucero de bajo costo”.

Podemos considerar que fue en el conflicto de Nagorno-Karabakh (NK), en el que por primera vez fueron empleados masivamente en operaciones militares. Demostraron ser una herramienta letal para quien las dispone y que puede desbalancear la relación de poder entre las fuerzas enfrentadas. Y en este caso, si bien se ha mencionado en algunos medios que Armenia disponía de LM de fabricación propia, no existe registro de su empleo en los combates ni del resultado obtenido.

Por el contrario, fue Azerbaiyán el que, completando la “trilogía” de medios aéreos autónomos (UAS / UCAS / LM), hizo uso de varios sistemas de diferentes capacidades y rendimiento.

¹⁸⁹ <https://nationalinterest.org/blog/reboot/loitering-munitions-terrifying-military-threat-future-182246>

¹⁹⁰ Ídem anterior.

¹⁹¹ Ídem anterior.

Loitering Munitions operados por AZERBAIYÁN

Describamos brevemente la familia de Loitering Munitions (LM) producidas por Israel Aerospace Industries (IAI) y otras compañías israelíes como Aeronautics Group, algunas de las cuales fueron adquiridas por Azerbaiyán y empleadas en este conflicto:

Programa HARPY (IAI)

Si bien existen otros países que actualmente desarrollan LM, se puede afirmar que Israel ha sido el precursor en esta área verdaderamente disruptiva. Después del año 2000, IAI ya desarrollaba un UAS que se empleaba como señuelo, el “*Delilah*”. Como mencionamos antes, la función de este UAS era sobrevolar una zona objetivo para que los radares del enemigo se activaran y sean adquiridos como blancos.

Fue entonces que para reducir el tiempo entre que el señuelo detectaba el objetivo y su destrucción, la idea que surgió era cómo incorporar ambas capacidades “Detección – Acción Letal” en la misma plataforma. Así surgió el Programa HARPY.

HARPY¹⁹²

Se suele considerar que el *HARPY* es la primera LM efectivamente probada en combate. Como mencionamos anteriormente, esta pequeña plataforma aérea de ataque, surgió como necesidad para neutralizar los radares de los sistemas de defensa aérea. Se caracteriza por combinar las funciones de Drone ISR y misil antirradar. Entró en servicio en 1990 y algunos años después fue adquirido además por China, Turquía e India.

Con una longitud de 2,7 metros y 2,1 metros de envergadura de ala, tiene un cuerpo cilíndrico típico de un cohete, donde se aloja además la carga explosiva de 16 kilogramos. Su peso es de 125 kilogramos, propulsado por un motor de combustión interna de 37 hp, techo de servicio de 15.000 pies, una velocidad de hasta 185 kilómetros por hora y su rango de alcance es de 200 kilómetros¹⁹³.

Es lanzado desde un sistema de catapulta y guiado o en forma automática se dirige hasta determinada zona objetivo para desarrollar un patrón de búsqueda en el área y esperar que algún radar se active. Al detectar la señal radar, entonces HARPY lo adquiere como blanco y desarrolla su perfil de ataque, para destruirlo, empleando

la carga explosiva de fragmentación que lleva en su cuerpo. El *HARPY* es capaz de sobrevolar la zona objetivo hasta un máximo de nueve horas después de ser lanzado.¹⁹⁴ Una de las debilidades del HARPY original era que sus objetivos se limitaban a aquellos blancos que emitieran señales radar, lo cual le daba al mismo una capacidad acotada a determinado tipo de blancos.

FIGURA 27: HARPY LM (ISRAEL) EN SERVICIO EN AZERBAIYÁN



¹⁹² Fuente: <https://nationalinterest.org/blog/reboot/loitering-munitions-terrifying-military-threat-future-182246>

¹⁹³ <https://www.iai.co.il/p/harpy>

¹⁹⁴ Fuente: <https://nationalinterest.org/blog/reboot/loitering-munitions-terrifying-military-threat-future-182246>

HAROP

La versión siguiente de la familia fue el *HARPY 2*, finalmente denominado *HAROP*. Desarrollo: *Israel Aerospace Industries* (IAI). Características muy similares al Harpy (del cual deriva). Carga explosiva de 16 kilogramos. Techo de servicio de 15.000 pies. Nueve horas de operación y su rango de alcance es de 200 kilómetros. Sistema Semiautónomo (*Man - on the - Loop*) con guiado óptico e infrarrojo que puede sobrevolar la zona y atacar a orden de su elemento de control.¹⁹⁵

Se suele mencionar que para determinadas misiones, el *HAROP* resulta un arma más versátil que un misil estándar, ya que puede permanecer sobrevolando la zona, hasta que un blanco es identificado como de interés y adquirido para atacar. Pero además, dispone de la ventaja de volver a su base y ser reusado en otra oportunidad más conveniente.

La otra ventaja es que puede llevar una carga explosiva de mayor tamaño que la que normalmente llevan los pequeños misiles lanzados desde UCAS. A diferencia de los misiles que lleva el Bayraktar, en el caso del *HAROP*, el contenedor de la carga explosiva es también el mismo cuerpo con mayor volumen disponible y similar tipo de explosivo. Esto le otorga mayor poder destructivo para su empleo contra plataformas blindadas de gran tamaño como los tanques de batalla, o instalaciones de radar y de defensa aérea de mayor porte¹⁹⁶.

En los últimos años Azerbaiyán ha adquirido a Israel "*Loitering Munitions*", del modelo *HAROP* entre otros, cuyo principal empleo en las primeras etapas del conflicto fue la eliminación de los sistemas de defensa aérea de Armenia, misión que cumplieron con gran eficiencia¹⁹⁷.

De acuerdo a lo expresado por SIPRI¹⁹⁸, Israel proveyó más del 60 por ciento de todas las importaciones de armas realizadas por Azerbaiyán en 2020, lo que tuvo una significativa influencia en la forma en que la guerra de NK fue peleada. Ese instituto afirma que Israel proveyó, entre otros muy modernos sistemas de armas, los *IAI HAROP*.

HARPY NG

Desarrollo: *Israel Aerospace Industries* (IAI). De las LM producidas por Israel, la que más evoluciones y actualizaciones ha tenido es el *HARPY*, con mejoras sucesivas en sus sensores electroópticos, más autonomía de vuelo y alcance e incluso la revisión integral de su estructura alar.

Una nueva versión denominada *HARPY NG* (*New Generation*) presenta las siguientes diferencias respecto de su antecesor: Ha sido utilizada la estructura del *HAROP*, lo que otorga mayor

FIGURA 28: HAROP LM (ISRAEL) EN SERVICIO EN AZERBAIYÁN



¹⁹⁵ <https://www.ainonline.com/aviation-news/defense/2016-02-16/new-loitering-munitions-feature-growing-iai-portfolio>

¹⁹⁶ <https://jewishinsider.com/2020/11/nagorno-karabakh-conflict-israel/>

¹⁹⁷ Fuente: <https://www.forbes.com/sites/pauliddon/2020/10/07/how-effective-is-azerbajians-growing-drone-arsenal/?sh=6008687f114c>

¹⁹⁸ SIPRI: Stockholm International Peace Research Institute.

techo de servicio y alcance. Dispone de nuevos sensores buscadores con un mayor rango de frecuencias, en especial en las más bajas, de forma tal de poder adquirir incluso los radares de los más modernos sistemas de defensa aérea¹⁹⁹. Sus principales características son: Peso: 160 kilogramos. Carga explosiva: 16 kilogramos. Autonomía: 9 horas. Fue adquirido hace algunos años por Azerbaiyán y se estima que ya había sido empleada en los últimos conflictos desde 2016 a 2020²⁰⁰.

GREEN DRAGON (GREEN DRAGON)

Desarrollo: *Israel Aerospace Industries (IAI)*. Un nuevo tipo de LM que opera como sistema de munición táctica de bajo costo. Se destina principalmente para su uso por pequeñas fracciones terrestres, particularmente las FFEE. Peso: 15 kilogramos. Propulsado por un motor eléctrico. Autonomía: 1,5 horas. Alcance: 40 kilómetros²⁰¹.

Es capaz de enviar imágenes vía datalink de baja potencia hacia un dispositivo tipo tablet, mediante el cual el operador le indica el blanco a atacar. Lleva una carga explosiva de 3 kilogramos y puede impactar con una precisión de un metro CEP. Es disparado desde un tubo contenedor, ubicado en una plataforma lanzadora de hasta 16 proyectiles, instalada en un vehículo táctico liviano.²⁰²

ORBITER 1K²⁰³

Desarrollo: *Aeronautics Defense Group (Israel)*. Es el primer LM fabricado por esta compañía. Se trata de un LM de pequeño tamaño, que puede llevar carga explosiva de hasta 2 kilogramos, principalmente para objetivos como personal o vehículos livianos. Propulsión eléctrica. Alcance: 15 kilómetros. Autonomía: 1,5 horas. Dispone de sensor electro óptico/ IR para adquisición del blanco. Puede alcanzar sus blancos mediante una programación previa de las coordenadas o bien operado desde una estación de control. Se

FIGURA 29: HARPY-NG (ISRAEL) EN SERVICIO EN AZERBAIYÁN

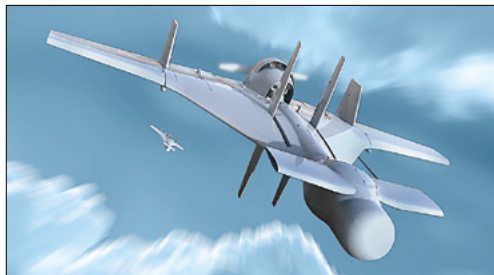


FIGURA 30: GREEN DRAGON (MINI HARPY) (ISRAEL)



FIGURA 31: ORBITER 1K. (ISRAEL) EN SERVICIO EN AZERBAIYÁN



199 <https://www.ainonline.com/aviation-news/defense/2016-02-16/new-loitering-munitions-feature-growing-iai-portfolio>

200 <https://nationalinterest.org/blog/reboot/loitering-munitions-terrifying-military-threat-future-182246>

201 <https://www.iai.co.il/p/green-dragon>

202 <https://youtu.be/9AhUscMQdg8>

203 <https://www.flightglobal.com/military-uavs/loitering-orbiter-1k-on-target-for-first-delivery/121398.article>

lanza desde una catapulta y en caso de abortar la operación, puede ser recuperado y aterrizar asistido por un paracaídas. Fue adquirido por Azerbaiyán entre 2016 y 2019. Inventario: 80 unidades.

SkyStriker²⁰⁴

Desarrollo: *Elbitt Systems (Israel)*. Es una LM de pequeño tamaño y puede portar una carga explosiva de 5/ 10 kilogramos. Es de propulsión eléctrica. Alcance: 20 kilómetros. Autonomía 2 horas. Fue adquirido por Azerbaiyán entre 2016 y 2019. Inventario estimado: 100 unidades²⁰⁵.

ROTEM²⁰⁶

Desarrollo: *Israel Aerospace Industries (IAI)*. El sistema ROTEM podría considerarse un cuadricóptero comercial, pero en realidad es la primera “*Loitering Munition*” dentro de la categoría de VTOL (*Vertical Take Off & Landing*²⁰⁷). Peso Total: 6 kilogramos. Carga explosiva: 1,2 kilogramos. Autonomía: 30 minutos.

ROTEM fue particularmente desarrollado para cumplir misiones específicas de inteligencia y ataque contra blancos puntuales. Basta un soldado para operarlo y se transporta en una mochila especial para todo el sistema. Dispone de una cámara con capacidad diurna/ nocturna. Incorpora un sistema de seguridad que permite retornar de manera segura a su origen, si la misión no ha podido ejecutarse.²⁰⁸

Otorga, además, a las pequeñas fracciones o FFEE, la capacidad de reconocimiento, observación y ataque, comunicándose a través de una interfaz de fácil operación, mediante un dispositivo tipo “Tablet” de uso militar.

Según IAI, ha sido probado efectivamente en combate y comercializado a varios países. Se desconoce si particularmente fue empleado en Nagorno-Karabakh. Pero recientes contratos comerciales concretados por IAI, además de la estrecha relación comercial de la empresa citada con Azerbaiyán hacen suponer que ROTEM podría estar presente en próximos conflictos en NK u otros escenarios²⁰⁹.

FIGURA 32: SKY STRIKER. (ISRAEL) EN SERVICIO EN AZERBAIYÁN



FIGURA 33: VTOL MINI LM ROTEM (ISRAEL)



204 <https://www.csis.org/analysis/air-and-missile-war-nagorno-karabakh-lessons-future-strike-and-defense>

205 Video de SkyStriker. <https://youtu.be/nFLOhjeSCsE>

206 https://defense-update.com/20210201_loitering-weapons-2.html

207 VTOL (Vertical Take Off & Landing): Plataformas aéreas de despegue y aterrizaje vertical.

208 <https://www.iai.co.il/p/rotem>

209 https://defense-update.com/20210201_loitering-weapons-2.html

Los sistemas que mencionamos anteriormente son algunos de las “Loitering Munitions” que participaron en este conflicto o de las que hay indicios de su presencia en él.

Pero la realidad es que son varios los países que avanzan en programas para su desarrollo, producción y comercialización, por lo que se estima que, con los resultados obtenidos en NK, el mercado de estos sistemas emergentes y potencialmente disruptivos crezca exponencialmente. Y debemos estar atentos a nuevos escenarios probables de conflicto en el futuro cercano, porque seguramente allí estarán presentes las LM.

Para quien desee ampliar sobre el tema, un resumen actualizado de la situación global de las Loitering Munitions se puede consultar en el sitio “*Drone Center.bard*”²¹⁰.

A modo de síntesis de la categoría de armas citada y dada la cercanía temporal del conflicto de NK, es difícil conocer con precisión cuáles son concretamente los sistemas LM presentes y efectivamente utilizados. Una de las razones es que las condiciones comerciales de compra de estos efectos son reservadas entre los países, por lo cual es complejo acceder a esa información.

La otra razón es que, si bien han sido registrados con video e imágenes casos de derribo o neutralización de UAS o UCAS, no sucede lo mismo con casos de derribo o neutralización de LM.

En el sitio mencionado anteriormente ORIX.org se cita el caso de derribo por parte de Armenia en abril de 2016, de un LM Harop operado por Azerbaiyán. Armenia acusa además a Azerbaiyán, del empleo de un LM HAROP en ese año, para atacar un vehículo que transportaba voluntarios, lo que causó siete muertes²¹¹.

En el conflicto de 2020, el propio Ministerio de Defensa de Azerbaiyán difundió cantidad de material filmico e imágenes con los diferentes sistemas autónomos en acción, en el marco de su “*estrategia de medios*”. En la referencia se puede observar en acción al sistema HAROP que ha tenido amplia difusión²¹².

Lo cierto es que estas tecnologías, aplicadas para doblegar y destruir la voluntad de lucha del enemigo han llegado para quedarse. Y quien las disponga, siempre tendrá enormes ventajas sobre su oponente.

Por esta nueva capacidad que otorgan hoy las LM, se escuchan variados argumentos y opiniones acerca de que podrían convertirse incluso, en “una alternativa más precisa que la artillería convencional” o los UCAS tradicionales. Una afirmación demasiado apresurada para una tecnología emergente en etapa de validación aún.

Se argumenta incluso que las LM hasta resultan más económicas que poner en riesgo una costosa plataforma como los UCAS y sus pequeños misiles con relativo efecto en tanques de batalla, frente a la mayor carga explosiva que pueden llevar las LM. Complementariamente, las LM se guían con los sensores y cámaras en la misma plataforma, por lo que incluso serían más precisas que los proyectiles de la artillería convencional que dependen además de variables propias de la balística exterior y otros aspectos.

En síntesis, posiblemente NK sea uno de los primeros escenarios de guerra en los cuales se han empleado masivamente las LM. Han mostrado su letalidad, para batir con eficiencia sistemas de armas vitales del oponente y neutralizar así importantes capacidades. Cada vez más naciones requerirán de ellas en sus arsenales, por lo que quien disponga de la capacidad de desarrollarlas y producirlas tiene ante sí un potencial nicho de mercado de gran interés.

210 <https://dronecenter.bard.edu/files/2017/02/CSD-Loitering-Munitions.pdf>

211 <https://ria.ru/20160404/1402441265.html>

212 <https://youtu.be/s1Z75jy5TGM>

Lecciones aprendidas

“Se cree que las personas inteligentes aprenden de los errores de los demás, para no repetirlos”.²¹³

Como mencionamos anteriormente, este tipo de conflictos, de carácter local y corta duración, como el de Ucrania-Rusia (2014) y Nagorno-Karabakh (2020), han generado mucha atención de analistas militares en todo el mundo. Principalmente por las implicancias de la aparición de nuevas Tecnologías Emergentes en el campo de batalla, su forma de empleo y los resultados observados. Todo ello motiva la necesidad de revisar cuestiones doctrinarias, de organización y equipamiento, para futuros escenarios de conflictos bélicos.

Las acciones militares en Nagorno-Karabakh, muestran diferencias respecto de otros enfrentamientos de años anteriores. En especial, el uso masivo y de manera muy eficiente por parte de Azerbaiyán, de UCAS y otras armas potencialmente disruptivas como las *Loitering Munitions*. En solo 44 días, se ensayó y testeó un modelo diferente de operaciones militares, que probablemente sean habituales en el futuro y que obligan a repensar muchos aspectos de las fuerzas terrestres.

FIGURA 34: EFECTOS DE UCAS Y LOITERING MUNITIONS



A continuación, mencionamos las que consideramos son algunas “Lecciones Aprendidas” de este conflicto, con foco en nuestra área de competencia, relacionado con **el impacto de las Nuevas Tecnologías en los conflictos armados**. Obviamente los resultados de las acciones militares en este conflicto, son la suma de una serie de aspectos mucho más complejos que sólo la cuestión tecnológica, en la que nos enfocamos en el presente trabajo.

Medios para obtener la superioridad aérea

Resultó vital para el desarrollo de las operaciones, la asistencia a Azerbaiyán por parte de Turquía e Israel, con tecnologías emergentes pensadas para las guerras del futuro, pero empleadas en un con-

²¹³ Actis Pabrik. “Foreword. War In Ukraine: lessons from Europe”. Center for East European Policy Studies; Riga; LVA; University of Latvia Press, 2016

²¹⁴ En la imagen de la izquierda vemos un Loitering Munitions que sobrevuela la zona atacada, mientras desde el aire probablemente un UAS le esté señalando el blanco a batir. En la imagen de la izquierda se observa un tanque T-62 armenio destruido por efecto probablemente del ataque de LM.

flicto de escala menor y carácter local, implementando el atacante una estrategia específica, que le permitiera obtener la victoria en un plazo muy corto, para luego pasar a la etapa de negociaciones.

No cabe duda que ambos países proveedores tienen gran experiencia en conflictos locales en los cuales se encuentran en guerra permanente.²¹⁵ Tanto Turquía como Israel desarrollaron poderosas industrias en el área de sistemas autónomos letales, ya que por el tipo de conflictos locales en los que se encuentran involucrados, necesitan “ojos en el cielo” para realizar misiones ISR y empleo de sistemas letales de gran precisión, lo que reduce la posibilidad de daños colaterales en enfrentamientos normalmente en zonas urbanas densamente pobladas.

Llamó la atención que prácticamente no participaron en las acciones las Fuerzas Aéreas de ambos países. Esta es una respuesta que excede el alcance del presente trabajo que analiza las acciones de los elementos de las fuerzas terrestres. Posiblemente, que las aeronaves de combate “quedaran en tierra” puede tener que ver con cuestiones de orden geopolítico, acuerdos entre proveedores y clientes respecto del empleo de ciertos “Grandes sistemas”, así como presiones para que el conflicto no escalara más allá del ámbito local.

Algo muy similar a lo ocurrido con los poderosos misiles balísticos de corto alcance (SRBM),²¹⁶ que ambos países disponían y que prácticamente no fueron empleados en el conflicto.

El empleo masivo de sistemas UAS en misiones de ISR y letales

La forma en la que Azerbaiyán ha empleado UAS contra las fuerzas de Armenia, en muchos casos ha obligado a analizar la vulnerabilidad de algunos sistemas y plataformas actuales como los Blindados, las piezas de artillería y las instalaciones de C³ que fueron un “blanco fácil” frente a los UCAS y la munición inteligente.

Las fuerzas de Azerbaiyán emplearon sus UAS/ UCAS en el marco táctico, destacándose en especial la forma en que se coordinó el empleo de estos sistemas, tanto los armados (UCAS) como los de apoyo ISR (UAV), con los elementos de apoyo de fuego (artillería de tubo y MLRS). Todo ello para debilitar a Armenia desde las primeras instancias de la operación, con la finalidad de otorgar más libertad de acción a las fuerzas de maniobra y FFEE.

Cabe destacar que Turquía ya había empleado sus Bayraktar TB-2 en Siria y Libia, y adquirieron gran experiencia, pero a costa de muchos derribos en esos escenarios.

Israel también emplea UAS desde hace años en los conflictos fronterizos con el Líbano, Alturas del Golán y la Franja de Gaza. Esa experiencia transmitida por ambos proveedores, resultó de gran utilidad para Azerbaiyán.

El empleo de los UAS / UCAS / LM en este conflicto nos permite pensar, además, que las potencias están testeando un nuevo modelo operacional, que podría obligar a cambiar muchos aspectos, a fin de optimizar las capacidades disponibles, en las operaciones militares del futuro.

Los UAS y UCAS resultan soluciones de bajo costo relativo, para países con muy escasos recursos, que pueden parcialmente suplir algunas capacidades, que solo dan las modernas plataformas aéreas de combate, tales como los fuegos de apoyo aéreo cercano y el ataque con armas guiadas de precisión.

El concepto del empleo de los UAS como plataforma de ataque y la generalización de ese empleo, es por ahora sólo un concepto, pero que se va afianzando cada vez más. El empleo en Siria, Libia y ahora en NK han mostrado que estos sistemas autónomos letales tienen un gran futuro por delante.

²¹⁵ Israel en las fronteras de su territorio (Gaza – Líbano - Siria) y Turquía en el norte de su país con los Kurdos y en zonas Kurdas de Iraq y Siria.

²¹⁶ Armenia: ISKANDER –E (Origen Rusia) y Azerbaiyán LORA (Origen Israel)

Pero es cierto que no son infalibles y que con adecuadas medidas C-UAS, ellos también pueden ser muy vulnerables. Lo prueba la cantidad de estos sistemas que han sido derribados²¹⁷, incluso hasta con fuego de armas livianas.²¹⁸

Empleo de LOITERING MUNITIONS (LM) como parte del sistema de armas de artillería

Las LM tuvieron un papel fundamental en este conflicto, ya que destruyeron plataformas blindadas, sistemas de defensa aérea, posiciones de piezas de artillería, MLRS e incluso simples posiciones fortificadas de infantería.

Principales ventajas que otorgan las Loitering Munitions: Bajo costo – Portátiles – Fácil de operar – Plataformas livianas y modulares – Precisión - Letalidad adecuada para sus dimensiones – Capacidad de abortar la misión y retornar a su base.

Agregamos además, que por las características de su sistema de lanzamiento, instalado sobre plataformas vehiculares de gran movilidad, las LM son vistas como una herramienta ideal, para complementar a los sistemas de armas de Artillería: cañones y obuses de campaña y los MLRS.

Es opinión de los expertos, que los UAS y las “Loitering munition” serán, por algún tiempo, más económicas de adquirir que los sistemas para defenderse de ellas. Los sistemas de defensa aérea de anteriores generaciones se mostraron poco aptos para neutralizarlas aún y, como vimos en NK, fueron los primeros blancos a destruir por Azerbaiyán, con similares misiones de empleo, para las cuales Israel había diseñado el LM HARPY allá por los años 90.²¹⁹

Y, por lo tanto, los analistas en temas de defensa concuerdan en que, por su bajo costo, flexibilidad de empleo, facilidades para su obtención y un promisorio mercado para estos sistemas, todo ello hace suponer que se producirá una situación de proliferación de las mismas en las zonas de conflicto, en especial, por países con escasos recursos. Resultan especialmente aptos para su incorporación no solo en ejércitos regulares, sino también en organizaciones terroristas / irregulares, como el caso de las milicias Houthis en Yemen o los separatistas pro-rusos en la región del Donbas.

La vigencia de los sistemas de armas de artillería de campaña

Los sistemas de artillería de campaña continúan siendo capaces de infligir la mayor proporción de bajas en los diferentes conflictos.²²⁰ Armas de tubo, MLRS y misiles de empleo táctico forman un conjunto de magníficas herramientas letales para la guerra, que han mostrado su vigencia también en el conflicto de Nagorno-Karabakh.

Lo más relevante para mencionar en las acciones de los fuegos de apoyo de artillería en este conflicto ha sido la capacidad de Azerbaiyán de lograr que operen de manera coordinada y eficientemente las misiones ISR tanto de UAS / UCAS, para proporcionar información detallada de los blancos a los elementos de comando y control de los fuegos para asignar las misiones a las armas de artillería. Este aspecto fue clave para el desarrollo de las operaciones y ese trabajo coordinado se vio favorecido, además, por la interacción con sistemas satelitales de navegación, que empleó asiduamente Azerbaiyán. Este país dispone de un centro de actividades espaciales y ha lanzado su primer satélite en 2013 con la asistencia tecnológica de Francia.²²¹

217 Según el sitio ORIX.com, Azerbaiyán perdió en el conflicto 26 UAS/ UCAS. Fuente: <https://www.oryxspioenkop.com/2020/09/the-fight-for-nagorno-karabakh.html>

218 <https://youtu.be/8VfbCKk2HqY>

219 <https://nationalinterest.org/blog/reboot/loitering-munitions-terrifying-military-threat-future-182246>

220 Se estima que en los conflictos actuales, entre 70 - 80 por ciento de las bajas son provocadas por los fuegos de artillería en sus distintas formas.

221 <https://www.wardianet.net/post/war-in-nagorno-karabakh-2020-military-analysis-article>

Cabe destacar que ambos países disponían de gran cantidad de sistemas de armas de tubo, MLRS y misiles de distinto origen y antigüedad. Y los emplearon muy activamente, lo que, por otra parte, quedó evidenciado por la enorme cantidad de bajas de personal y medios de ambos países en seis semanas de combates. Según el sitio ORIX.org²²², Armenia sufrió la pérdida de más de 200 piezas de artillería de campaña (principalmente en calibre 152 milímetros y 122 milímetros) y 27 piezas autopropulsadas (152 milímetros y 122 milímetros). Muchas de ellas fueron destruidas con UCAS Bayraktar TB-2, Loitering Munitions y con misiles Atan Spike-ER.

Se han observado también en NK las ventajas que ofrecen en este tipo de conflictos los sistemas de artillería autopropulsados frente a las piezas remolcadas. En escenarios con gran cantidad de sensores del enemigo sobrevolando y ante la eventualidad de que el oponente domine el espacio aéreo, las piezas remolcadas y en posiciones estáticas en el terreno resultaron muy fáciles de neutralizar.²²³ Principalmente Armenia, con su estrategia defensiva de posiciones fortificadas en el terreno sufrió grandes pérdidas en sus unidades de artillería.

Azerbaiyán, por su parte, disponía de un número mayor de sistemas autopropulsados, entre ellos una importante cantidad del moderno VCA DANA de 152 milímetros, de origen Checo a ruedas 8x8. Aprovechó así la alta movilidad y el mayor alcance de sus VCA, lo que, sumado a su dominio del espacio aéreo con UAS/ UCAS, resultó menos afectado por los fuegos de contra batería. No se dispone de registros de la cantidad de piezas de artillería perdidas por Azerbaiyán.

Por lo expresado, pese a que ambos países disponían de sistemas de artillería mayormente de origen ruso y de similares características, el problema no fueron los materiales, sino la manera en que estos fueron empleados, en una zona de operaciones con espacio aéreo absolutamente dominado por Azerbaiyán.

La vulnerabilidad de los blindados

Durante muchas décadas se escuchó a los expertos afirmar que “la mejor arma contra un tanque, era otro tanque”. Un blindado moderno tiene una enorme cantidad de amenazas en el campo de batalla y últimamente, como hemos visto en los recientes conflictos en Siria y Nagorno-Karabakh, los UCAS y las LM han aparecido para integrarse a esa “lista letal”.²²⁴

Obviamente, como ocurre con las armas de artillería, sin una adecuada cobertura aérea e incluso sistemas de defensa aérea cercana orgánicos, estas grandes plataformas terrestres resultan extremadamente vulnerables ante la posibilidad de ser adquiridos por la multiplicidad de sensores del oponente. También resultan muy vulnerables en sus desplazamientos a los fuegos de precisión o masivos realizados por la artillería de campaña de tubo y MLRS.

Pero, por otra parte, los blindados son las únicas plataformas terrestres que ofrecen cierto grado de protección para las tropas en avance, tanto por sus sistemas de supervivencia pasivos, reactivos y activos (APS)²²⁵, su gran movilidad y velocidad de avance, además de su enorme poder de fuego. Para el soldado en el ataque, indudablemente el blindado ofrece más protección que si se desplaza en vehículos livianos o a pie.

Además, el armamento que operaban los UCAS observados en este conflicto, como el caso del Bayraktar TB-2, no siempre tiene la capacidad letal necesaria para destruir modernos tanques de batalla por el efecto limitado de la carga explosiva de los pequeños misiles MAM que dispara.

222 <https://www.oryxspioenkop.com/2020/09/the-fight-for-nagorno-karabakh.html>

223 <https://youtu.be/z453obRNE8Y>

224 <https://uklandpower.com/2021/04/25/have-loitering-munitions-made-tanks-obsolete/>

225 APS: Active Protection System

Estos misiles de unos pocos kilogramos de explosivo, en la mayoría de los casos pueden dañar y hasta inutilizar transitoriamente el vehículo. Pero también es cierto que en muchos casos su tripulación sobrevive, excepto en el caso de ciertos impactos directos en zonas de la plataforma escasamente protegidas. Esto se ha visto durante el conflicto en NK.

Pero ciertamente la mayor "lección aprendida" en este conflicto es que se debe garantizar a los blindados cobertura aérea en el marco táctico, así como mejorar sus sistemas de protección reactiva y activa (APS).²²⁶

La disponibilidad y empleo de los Misiles Balísticos de Corto Alcance (SRBM)

Ambos contendientes disponían de sistemas de ese tipo, con alcances entre 250 y 400 kilómetros. Ambos estaban equipados con estas modernas y poderosas armas, herramientas decisivas para disuadir y eventualmente atacar con gran precisión para dirimir una disputa fronteriza y de soberanía nacional.

Armenia disponía del **ISKANDER** adquiridos a Rusia en 2018 y Azerbaiyán disponía del **LORA** adquiridos de Israel. Cabe destacar que prácticamente no fueron empleados, se estima que fue para evitar que su uso iniciara una escalada bélica de mayores proporciones.

Además, en el caso de Azerbaiyán, el empleo de UCAS o LM en lugar de los SRBM resultó una opción de menor costo. Los misiles balísticos son más fácilmente detectables, en especial su trayectoria es predecible e incluso se puede identificar con precisión el sitio de lanzamiento, que puede ser ubicado con la ayuda de satélites. Como expresa el doctor Uzi Rubin, experto en defensa misilística de Israel, "los misiles balísticos llevan la dirección del remitente"²²⁷ [SIC], lo que habilita una réplica inmediata por parte del agredido.

En cambio, empleando UCAS de menor tamaño, perfil de vuelo a baja altura y realizando un inteligente trazado de su ruta, buscando penetrar las vulnerabilidades del sistema radar del oponente, resulta muy difícil determinar su procedencia y, además, hasta se mantiene cierto anonimato respecto del verdadero agresor.²²⁸

¿Y por qué razón los países se esfuerzan por desarrollar o al menos disponer de los costosos SRBM? Muchos países consideran a los misiles de crucero y a los misiles balísticos, como extraordinarias armas que proporcionan un adecuado balance de "costo- efecto" pero, por sobre todo, resultan un símbolo de poder nacional, por su efecto disuasivo e incluso por su posibilidad de ser equipados con cabezas de guerra que porten armas de destrucción masiva. (WMD).²²⁹

La planificación a largo plazo: Azerbaiyán

Con previsión y el objetivo de realizar una acción militar para recuperar lo que consideraba su territorio en Nagorno-Karabakh, Azerbaiyán llevó adelante durante años un programa integral de modernización de sus Fuerzas Armadas. Ese esfuerzo llevó más de una década y para ello invirtió importantes recursos económicos que le permitieran incorporar las más modernas tecnologías del siglo XXI.

Buscó aliados, seleccionando y negociando con países como Israel y Turquía, con desarrollos de punta en las áreas de interés, que les permitieran obtener capacidades militares propias de las guerras actuales y futuras.

²²⁶ APS (Active Protection System)

²²⁷ <https://jiss.org.il/en/rubin-uavs-in-the-skies-of-the-mediterranean/>

²²⁸ Esto es lo que ocurrió recientemente en el conflicto entre Hamas/ Israel en Franja de Gaza, donde uno de los ataques con drones realizados el 19 de mayo de 2021 al territorio de Israel, se supone provinieron desde el Líbano o Jordania. Según Israel, se trata de UCAS de origen Iraní, pero al no ser esto verificable, es difícil para el agredido ejecutar réplicas frente a ese ataque.

²²⁹ <https://jiss.org.il/en/rubin-uavs-in-the-skies-of-the-mediterranean/>

Por el contrario Armenia, con el orgulloso recuerdo de su victoria en la “Primera Guerra de NK” (1988-94), se mantuvo en su estrategia defensiva estática, con plataformas terrestres de una generación anterior y una doctrina poco adecuada para enfrentar a su oponente, tratando de llevar adelante una batalla típica del siglo XX.

Incluso los sistemas más modernos que disponía, como los misiles balísticos de corto alcance ISKANDER-E, no los pudo emplear, posiblemente por las características de orden local del conflicto y otras razones de carácter geopolítico.

Las autoridades de algunos países observan con atención estas lecciones aprendidas que necesariamente pueden condicionar sus planes de modernización actuales, que se llevan adelante para las próximas décadas. Las grandes potencias como Estados Unidos, Rusia y China lo hacen. Y naciones con presupuestos y estructuras más modestas como Israel, Turquía, Irán y otros, también lo hacen.

Porque puede ocurrir que un costoso programa de modernización de grandes plataformas resulte ya obsoleto cuando el mismo finalice varias décadas después, frente a la constante evolución de esas nuevas tecnologías emergentes.

Los UCAS y las “Loitering Munitions” en NK, adecuadamente empleadas frente a un oponente no preparado para este nuevo tipo de guerra han sido y son un ejemplo de ello.

Conclusiones

*“Libia, Nagorno-Karabakh y también Siria nos acaban de mostrar, que si una fuerza desplegada no es capaz de proteger su espacio aéreo, entonces el uso a gran escala de UAV, puede hacer la vida extremadamente peligrosa”.*²³⁰

Justin Bronk. Air Force Research.
Royal United Services Institute (RUSI).

- > El conflicto en la región de Nagorno-Karabakh fue esencialmente una guerra de tipo convencional que enfrentó a dos ejércitos regulares, pero en el que se hicieron presentes una nueva generación de sistemas de armas de alta tecnología que mostraron su letalidad y enorme poder destructivo. Este conflicto es visto por muchos analistas en el área de defensa, como un adelanto en pequeña escala y en un escenario de carácter local, de la forma en que podrían presentarse las Guerras del Futuro. Sería un error pensar que solo se trata de un enfrentamiento menor entre dos países con escasos recursos.
- > Los escenarios de guerra futuros incluirán a las fuerzas militares desplegando múltiples capas de sistemas autónomos en misiones ISR, pero también, como hemos visto recientemente, los UCAS y Loitering Munitions con misiones letales. En cierta forma, se reafirmaron lecciones ya conocidas acerca de los devastadores efectos del poder aéreo sobre una fuerza terrestre desplegada sin adecuada defensa aérea.
- > El empleo masivo de sistemas autónomos aéreos y armas de gran precisión puso en evidencia cómo la disparidad de tecnología de armamentos empleada por los contendientes

²³⁰ Justin Bronk. Air Force Research. Royal United Services Institute (RUSI).

puede provocar que disputas en conflictos de carácter local tengan consecuencias mucho más letales que antes. Unos 100 países disponen actualmente de algún tipo de UAS con capacidad letal y se estima que ese número crecerá exponencialmente²³¹.

- > El dominio del aire por parte de Azerbaiyán le permitió tener una imagen clara de la zona de operaciones, en tiempo real. Los UAS tuvieron absoluto dominio del espacio aéreo e incluso la Fuerza Aérea de ese país prácticamente no fue empleada. Armenia, por su parte, cedió esa ventaja a su oponente y más allá de múltiples aspectos de orden operacional y táctico, descreyó o minimizó la relevancia que los UAS tendrían y, una vez iniciado el conflicto, fue incapaz de neutralizar la amenaza aérea de su oponente. Ese tal vez haya sido uno de sus errores más graves.
- > La relevancia que los UCAS han tenido en los últimos conflictos: Yemen, Siria, Libia y Nagorno-Karabakh los posicionan como herramientas formidables, para llevar adelante operaciones de ataque en etapas iniciales del conflicto. Permiten, además, sacar ventajas contra un oponente con escasos sistemas de defensa aérea.
- > La vulnerabilidad de las grandes plataformas terrestres: En una era de sistemas autónomos aéreos, que operan en una amplia gama de alturas, alcances y capacidades ISR/ ataque hasta las más modernas plataformas terrestres, como los sofisticados tanques de batalla de última generación o armas de artillería pueden resultar vulnerables. Pero ello sólo ocurrirá si se le permite al enemigo el dominio del espacio aéreo, operando equipamiento de alta tecnología, UCAS, Loitering Munition, multiplicidad de ISR y modernas capacidades de guerra electrónica.
- > Balance de capacidades: Es mucho mejor disponer de una fuerza terrestre más pequeña pero muy bien equipada y defendida de las amenazas aéreas que una gran fuerza blindada completamente expuesta a los sensores y el poder aéreo del enemigo.²³² Por ello, para operar con libertad de acción y un razonable nivel de supervivencia se requerirá indefectiblemente de un adecuado sistema de defensa aérea proporcionado por los diferentes niveles de comando en el marco táctico y operacional.
- > Los Sistemas de Armas de Artillería de Campaña han mostrado su vigencia y, como ya hemos expresado respecto del conflicto Ucrania-Rusia, continúan siendo capaces de infligir la mayor proporción de bajas en los conflictos. Las Armas de tubo, MLRS y misiles balísticos de corto alcance (SRBM), forman un conjunto de excelentes herramientas para el apoyo de fuego en las operaciones de guerra. Pero debe tenerse en cuenta la vulnerabilidad que presentan los sistemas remolcados, emplazados en posiciones de fuego estáticas. Se debe priorizar, además, la incorporación de sistemas con alta movilidad, autopropulsados a rueda y oruga, principalmente en calibre 155 milímetros y con mayores alcances.
- > Los misiles balísticos de corto alcance (SRBM) y de crucero (CM), con su relativamente bajo

231 <https://www.defensenews.com/opinion/commentary/2021/05/25/weapons-of-the-future-trends-in-drone-proliferation/>

232 <https://warontherocks.com/2020/10/THE-SECOND-NAGORNO-KARABAKH-WAR-TWO-WEEKS-IN/>

costo operativo, su alcance²³³ y precisión, capacidad de penetrar las defensas aéreas del enemigo y su valor intrínseco como un “símbolo del poder nacional”, continuarán siendo el arma de disuasión, coerción y disponible en reserva, para aplicar “fuerza letal” de gran alcance y precisión cuando resulte necesario.²³⁴ Por esa razón, estas amenazas no pueden ser ignoradas en el planeamiento de operaciones militares o eventuales conflictos²³⁵.

- > Planificación a Largo Plazo: En los años anteriores al conflicto analizado observamos cómo Armenia adoptó una actitud conservadora basada en éxitos pasados, manteniendo sus sistemas con tecnologías de una generación anterior. Por el contrario, Azerbaiján tuvo claro su objetivo a largo plazo e incorporó las tecnologías más modernas que estaban al alcance de sus presupuestos, preparándose para ejecutar una batalla breve pero decisiva.

Y empleó esas tecnologías emergentes, particularmente en el área de los sistemas de armas letales, priorizando Velocidad – Alcance – Precisión²³⁶.

- > Finalmente, la TECNOLOGÍA es sólo una de las partes del poder militar y no puede considerarse la más importante. Sin embargo, una tecnología emergente que se transforma en disruptiva, aplicada correctamente y en un marco operacional adecuado obliga al oponente a realizar un replanteo integral de su organización, equipamiento y doctrina, para hacer frente a esta nueva amenaza. Los sistemas aéreos autónomos y las *Loitering Munition*, son también ejemplos de ello.

Porque una vez que estas tecnologías han madurado, se transforman en sistemas operativos que son probados en combate.

Y si se obtienen los resultados esperados, la realidad es que **quien no las disponga**, o al menos, **no esté preparado para defenderse de ellas**, se encontrará en una situación de gran desventaja para cumplir las misiones asignadas al instrumento militar de defensa de ese país.

Bibliografía y fuentes

- > Phillip Karber. “*Lessons Learned from Russo-Ukrainian War*”. (2015) Potomac Foundation.
- > Actis Pabrik. “*Foreword. War In Ukraine: lessons from Europe*”. (2016) Center for East European Policy Studies; Riga; LVA; University of Latvia Press.
- > Robert G. Angevine; et al. “*Learning lessons from Ukraine conflict*”. (2019). IDA (Institute for defense analysis).
- > Gugliemone José. “*La oportunidad de sobrevivir en la última capa de defensa antiaérea*”. CEPTM “Mosconi”. Facultad de Ingeniería del EA. FIE-UNDEF <http://www.cefadigital.edu.ar/bitstream/1847939/1615/1/TEC1000%202017%20La%20oportunidad%20de%20sobrevivir%20en%20la%20ultima%20capa%20de%20la%20defensa%20antiaerea.pdf>

²³³ En el ámbito táctico y operacional.

²³⁴ En NK, ambos países reservaron sus respectivos SRBM, para una etapa posterior del conflicto y se temía que fueran empleados sobre las ciudades capitales. (Yerevan y Baku).

²³⁵ Ballistic and Cruise Missile Threat- 2020”. Defense Intelligence Ballistic Missile Analysis Committee.

²³⁶ Ídem anterior.

- > Ove S. Dullum et.al. *"INDIRECT FIRES: A technical analysis of the employment, accuracy and effect of indirect-fire artillery weapons"*. (2017) ARES.
- > Shakan Shaikh; Wes Rumbaugh. *"The Air and Missile War in Nagorno Karabakh: Lessons for the future of strike and defense"*. (2020). CSIS.
- > Perez Arrieu Juan C. *"CONOCIMIENTO, C&T Y PODER MILITAR EN EL SIGLO XXI Las Guerras del Futuro"*. CEPTM "Mosconi". Facultad de Ingeniería del EA. FIE-UNDEF
<http://www.cefadigital.edu.ar/bitstream/1847939/1605/1/TEC1000%202017%20Conocimiento%20CYT%20y%20Poder%20Militar%20en%20el%20sXXI.pdf>
- > Dr Uzi Rubin. *"The Second Nagorno-Karabakh War: A milestone in Military Affairs"*. (2020) BESA (Begin Sadat Center for Strategic Studies).
- > Kristian Vuorio. *"The Use of Thermobaric weapons"*. (2015). Defense University. Finland.
https://www.researchgate.net/publication/322553927_Use_of_Thermobaric_Weapons.
- > Allende Walter. *"DRONES: La siguiente Guerra"*. CEPTM "Mosconi". Facultad de Ingeniería del EA. FIE-UNDEF <http://www.cefadigital.edu.ar/bitstream/1847939/1606/1/TEC1000%202017%20Drones%20La%20siguiente%20guerra.pdf>
- > Fernando Quinodoz. *"Munición guiada para armas de apoyo de fuego de artillería y morteros"* (2017) CEPTM "Mosconi". Facultad de Ingeniería del EA. FIE – UNDEF
- > Center of the Study of Drones at Bard College (2017) <https://dronecenter.bard.edu/files/2017/02/CSD-Loitering-Munitions.pdf>
- > *"Ballistic and Cruise Missile Threat 2020"*. DEFENSE INTELLIGENCE BALLISTIC MISSILE ANALYSIS COMMITTEE. https://media.defense.gov/2021/Jan/11/2002563190/-1/-1/1/2020%20BALLISTIC%20AND%20CRUISE%20MISSILE%20THREAT_FINAL_2OCT_REDUCEDFILE.PDF
- > *"Integrating for operations today and warfighting tomorrow"*. RUSI (2021).
- > Stijn Mitzas, Jakub Janovsky. *"The fight of Nagorno Karabakh: Documenting losses on the sides of Armenia and Azerbaijan"*. (2020)
<https://www.oryxspioenkop.com/2020/09/the-fight-for-nagorno-karabakh.html>
- > Sebastien Robin. *"What open source tells us about the Nagorno Karabakh War"*. (2020) Forbes.
- > Dr Uzi Rubin. *"UAVs in the Mediterranean"*. (2020) Jerusalem Institute for Strategy and Security (JISS)
- > Stijn Mitzer; Joost Oliemans. *"Aftermath: Lessons Of The Nagorno-Karabakh War"*. (2020)
<https://www.oryxspioenkop.com/2021/01/aftermath-lessons-of-nagorno-karabakh.html>
- > <https://missiledefenseadvocacy.org/missile-threat-and-proliferation/missile-basics/unmanned-aircraft-systems-uas/>
- > <https://www.wardiary.net/post/war-in-nagorno-karabakh-2020-military-analysis-article>
- > <https://uklandpower.com/2021/04/25/have-loitering-munitions-made-tanks-obsolete/>
- > <https://www.globalvillagespace.com/drones-a-game-changer-in-the-nagorno-karabakh-warfare>
- > <https://www.forbes.com/sites/pauliddon/2020/10/07/how-effective-is-azerbais-jans-growing-drone-arsenal/?sh=6008687f114c>
- > https://defense-update.com/20210201_loitering-weapons-2.html
- > <http://www.bryensblog.com/has-the-uav-defined-the-modern-battlespace/>
- > <https://www.roketsan.com.tr/>
- > <https://www.flightglobal.com/military-uavs/loitering-orbiter-1k-on-target-for-first-delivery/121398.article>
- > <https://nationalinterest.org/blog/reboot/loitering-munitions-terrifying-military-threat-future-182246>

- > <https://www.ainonline.com/aviation-news/defense/2016-02-16/new-loitering-munitions-feature-growing-iai-portfolio>
- > <https://www.unian.info/society/kyiv-moscow-tensions-ukraine-flies-first-turkish-made-strike-drone-over-donbas-11389531.html>

(*) **Juan Carlos VILLANUEVA** es Oficial retirado del Ejército Argentino con el grado de Coronel de Infantería. Ingeniero Militar de la especialidad mecánica - armamentos. Paracaidista militar y Veterano de la Guerra de Malvinas. Realizó una maestría en gestión de empresas tecnológicas (doble titulación ITBA / EOI- España). Especialista en gestión tecnológica (Instituto Tecnológico Buenos Aires - ITBA). Ocupó cargos directivos en Fábricas Militares (DGFM) con responsabilidad en la fabricación de armamento y munición. Se desempeñó en el ámbito de Proyectos Militares en el EMCFFAA, en el EMGE y en CITEDEF. Realizó los cursos de formación, avanzado y de especialización como inspector en el área de misiles del "United Nations Monitoring and Verification Commision (UNMOVIC)". Desde el 2015 se desempeña como analista de armamentos en el CEPTM "GrI MOSCONI" - Facultad de Ingeniería del Ejército Argentino (FIE).

1.6

La defensa antiaérea en el conflicto de Nagorno Karabaj

Por el CR A (R) Ing Mil José Alberto Guglielmone*

Temario

Introducción	115
Resumen del conflicto	116
Por qué analizar la defensa antiaérea del conflicto	116
Los preparativos	118
Material de defensa antiaérea	119
Amenazas de Azerbaiyán vs sistemas de DAA de Armenia	120
Las operaciones	121
Conclusiones	123
Bibliografía	124

PALABRAS CLAVE: Nagorno Karabaj, Armenia, Azerbaiyán, Defensa Antiaérea, loitering munitions, amenazas aéreas, UAV, dron.

Introducción

En la publicación TEC1000-2017 se encuentra un artículo llamado “la oportunidad de sobrevivir en la última capa de la defensa antiaérea”, buscando continuar con este, se advirtió lo provechoso y conveniente que podría llegar a ser analizar un conflicto muy reciente y convencional entre dos naciones (o ejércitos), enfocándose en el accionar de la Defensa Antiaérea y su desarrollo.

Profundizar en un conflicto sobre un área de tecnología militar específica, siendo que previamente se ha venido haciendo Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Estratégica sobre esa temática, podría ser de sumo valor para determinar si lo que se vislumbraba, se ha venido cumpliendo o bien cuál será el futuro, para poder contrarrestarlo mediante una toma de decisiones acorde a las circunstancias.

Analizaremos el conflicto Nagorno-Karabaj año 2020, desde la visión de la Defensa Antiaérea (DAA), en el cual al cabo de sus 44 días de duración será una muestra más que suficiente para obtener algunas conclusiones.

Este artículo no puede estar fuera del contexto del resto de los artículos que se tratan en esta publicación TEC1000-2021, ya que hay una gran cantidad de información que se omite por estar analizados en parte de ellos.

Resumen del conflicto

A fin de poner en contexto el trabajo, recordamos que el pueblo armenio es indogermánico de religión cristiana con su propia iglesia ortodoxa, mientras que los azerbaiyanos son un pueblo turcomano o túrquicos¹ y de religión musulmán.

La otra diferencia tiene que ver con la geografía y la economía, Azerbaiyán es un país muy rico por sus recursos naturales, tiene petróleo y tiene el litoral marítimo sobre la costa del mar Caspio con acceso a la pesca; a diferencia de Armenia, al ser un país mediterráneo y no tener recursos naturales, es pobre. Actualmente esto se ve trasladado en el tamaño y capacidad de sus ejércitos, los azerbaiyanos lo compensan con su gran identidad nacional, obtenida por las tragedias sufridas en su pasado.

La complejidad de los antecedentes del conflicto hace que nos tengamos que remontar a muchos años de historia, lo cual podría ser muy extenso, es por ello que dejamos este análisis del historial para los entendidos en el tema. Se podría sintetizar sin buscar caer en el simplismo, que es una región del Cáucaso, disputada por dos antiguas Repúblicas Soviéticas, Armenia y Azerbaiyán, lo cual aparece como un conflicto regional como tantos otros, impregnadas de orgullos nacionales, con disputas territoriales y étnicas diferentes.

La existencia de la necesidad del control de la zona, llevó a que Armenia haya sido apoyada por Rusia, y Azerbaiyán por Turquía.

A finales del 2020 se reaviva un conflicto que el mundo parecía haber olvidado, pero no sorpresivo para ambos contendientes, se libra en Nagorno-Karabaj, pero los combates se desarrollan mientras el planeta se enfrenta a una pandemia y por eso no recibe una amplia cobertura mediática, no siendo advertido para el común de la gente, pero a quienes sí les interesa, son aquellos que ven cómo podrían ser las guerras futuras; es que si analizamos, veremos que hay un punto de **inflexión en la estrategia militar moderna**.

El conflicto duró 44 días, desde el 27 de septiembre hasta el 10 de noviembre de 2020, y concluyó a través de una tregua negociada por Moscú, en donde varias regiones fueron entregadas a Azerbaiyán, inclusive parte de Nagorno Karabaj, y también se pactó el despliegue de personal ruso para el mantenimiento de la paz. Pero los armenios no están conformes con el desenlace del conflicto, el acuerdo se ha transformado para ellos en una tragedia nacional. El acuerdo ratifica la influencia rusa y turca, y reduce el papel de Europa en la región, manteniéndose en una actitud un tanto expectante y tal vez peligrosamente indiferente.

Por qué analizar la defensa antiaérea del conflicto

Como se ha dicho en otra oportunidad, los sistemas de armas antiaéreos, cada uno de ellos son sistemas en sí mismos, si se pretende englobar todos las áreas temáticas o disciplinas técnicas que forman parte de ellos, ninguno queda exceptuado de la mecánica, la electrónica, la electricidad, el control, el software, etc., todas ellas orientadas y conformando la tecnología militar.

Hablar de sensores es tratar sobre cámaras de visión diurna, cámaras térmicas, radares, y estos con sus características de cada uno con las diferentes tecnologías orientadas a sus diversos empleos operativos; de igual forma sucede con el armamento como cañones y misiles, elementos de control tiro, los sistemas de comando, control, comunicaciones, etc.

La tecnología ha ido evolucionando exponencialmente, se podría afirmar que en los sistemas antiaéreos se encuentra una de las tecnologías más complejas y avanzadas de los ejércitos.

La Defensa Antiaérea (DAA) es el conjunto de medidas diseñadas que busca neutralizar o reducir la efectividad de la acción aérea del enemigo. Es una actividad íntimamente ligada a la

¹ A los habitantes de Azerbaiyán se los suele llamar los turcos azeríes.

amenaza, la cual condiciona completamente la DAA, de forma que un mismo despliegue puede ser muy efectivo frente a una amenaza concreta, y completamente inadecuado frente a otra de características distintas. Es por ello y sabido que cuando se desarrolla todo sistema de armas, **se inicia por el blanco**, en este caso serán las amenazas aéreas.

Analizaremos los sistemas de armas antiaéreos y las amenazas que poseen ambos bandos, buscando confrontar las amenazas de uno contra los sistemas antiaéreos del otro y viceversa.

Dentro de las nuevas amenazas para la DAA, aparecen los siguientes conceptos, el llamado “*Rocket Artillery Mortar*” (RAM); las “*Smart Munitions*” (munición inteligente), las bombas guiadas y misiles cruceros. También nombraremos los vehículos aéreos no tripulados (UAV – *Unmanned Aerial Vehicles*), que han evolucionado vertiginosamente por dos causas, el empleo de tecnología alcanzable por la mayoría de los ejércitos o inclusive por los grupos insurgentes y por ser sistemas de uso dual (militar y civil). Un desprendimiento de los UAV ha sido los llamados genéricamente “dron”²; también con sus diferentes versiones, están los citados como Low Slow Small (LSS), coexisten una gran cantidad de tipos, desde los más sencillos hasta aquellos con una gran complejidad tecnológica. Así es que, la tecnología que se puede conseguir para lograr un simple desarrollo como para que porte un pequeño peso, como cámara o simplemente una carga explosiva, es suficiente para producir un daño considerable.

Tal es así que alrededor de estos sistemas se desarrolló una verdadera industria militar que ha perfeccionado la capacidad de reconocimiento, observación, detección y localización de blancos, pero la más novedosa incorporación han sido los llamados UAV “kamikaze” o “munición merecedora” o también más conocida como “*loitering munition*”.

Todas estas amenazas mencionadas poseen una “*Radar Cross Section*”³ (RCS) muy pequeña, lo cual dificulta la posibilidad de vigilancia y adquisición. Todos ellos son considerados nuevos blancos que la DAA debe comprender para poder ser considerados, utilizando Sistemas Antiaéreos primeramente con sensores que puedan adquirirlos y posteriormente que logren neutralizarlos. Para esto se debe considerar los medios de adquisición a emplear, esto son desafíos actuales que hacen que la tecnología avance en búsqueda de poder enfrentar las nuevas amenazas.

La autonomía de vuelo verdaderamente sorprendente que se ha logrado con los UAV ha permitido obtener plataformas portadoras de equipamiento de muy alta tecnología. Estos avances no se han detenido, y se transformaron en los UCAV (*Unmanned Combat Aerial Vehicles*) sobre plataformas de gran envergadura, a obtener configuraciones que poseen distintos tipos de armamentos, pasando a ser amenazas con piloto que se instalan dentro de una cabina o un shelter, muy lejos de la zona de combate, sin ninguna posibilidad de riesgo para la vida humana, pero a la vez tan avezados como cualquier otro piloto.

Si bien los “misiles hipersónicos”⁴ son tenidos en cuenta como futuras amenazas, aún se encuentran en desarrollo, es por ello que no serán analizados, ni aparecerán en el conflicto, no descartando que en un futuro conflicto nos encontremos hablando de ellos.

Debido a que en la actualidad se trabaja conceptualmente la defensa antiaérea, y se la segmenta en diferentes capas, desde las mayores alturas y largas distancias hasta las más bajas alturas y cortas distancias, que defienden los objetivos clave, se tomará este concepto para analizar lo sucedido en el conflicto.

La guerra de Malvinas, entre Argentina y el Reino Unido fue uno de los últimos conflictos armados convencionales, con respecto a la tecnología utilizada en la DAA, si bien Argentina se encontraba

² Se utilizará como plural “drones” tratando de englobar distintos tipos de ellos.

³ RCS: dicho concepto fue desarrollado TEC1000-2017, pág. 152.

⁴ TEC1000-2018-Tecnologías disruptivas en los fuegos de precisión de largo alcance (LRPF)-Los misiles hipersónicos evolución y tendencia Pág 71.

disminuida tecnológicamente en diferentes áreas, en cuanto al material de DAA que poseía, la Argentina estaba a la altura de la tecnología de ese momento, y participó con sistemas de última generación como fueron los Directores de Tiro Skyguard integrado con dos cañones Oerlikon GDF-001 y los sistemas Roland, ambos sistemas de baja cota, también se poseían otros sistemas menos significativos tecnológicamente. Este material había llegado al país en el año 1981, y se encontraba en óptimas condiciones y con instrucción reciente de sus operadores, fue por ello la excelente actuación de la Artillería Antiaérea en el conflicto del Atlántico Sur. En este conflicto las amenazas fueron principalmente los aviones, helicópteros y misiles antirradar, el recordado misil Shrike, el cual impactó en un Director de Tiro Skyguard, en el que murieron cuatro hombres de su dotación. Conceptualmente en ese momento no se hablaba de otro tipo de amenazas aéreas, como las que nos ocupan actualmente.

El conflicto a analizar, al igual que Malvinas, ha sido una guerra convencional entre dos naciones, Armenia y Azerbaiyán, claro está que el contexto de los escenarios en donde se desarrollaron fue totalmente distinto, la tecnología en 38 años ha evolucionado notablemente y, por ende, veremos el cambio de paradigmas sobre cómo se encararon las operaciones.

Los preparativos

Armenia y Azerbaiyán han invertido grandes sumas de su PBI para modernizar sus ejércitos, como se dijo anteriormente la capacidad económica de Azerbaiyán es superior, lo que posibilitó significativamente invertir en nuevos y sofisticados materiales, pero no solo su capacidad económica sino la **decisión política** de encarar una estrategia a largo plazo de equipamiento y transformación de su ejército, este cambio estuvo dado a partir de la derrota sufrida ante Armenia en 1994.

Ambos poseen armamento de la antigua Unión Soviética, por haber pertenecido a ella, actualmente Armenia se encuentra ligada militarmente a Rusia, mientras que Azerbaiyán a Turquía, cabe destacar que la industria armamentista que ha desarrollado Turquía nada tiene que envidiarle a las principales potencias. Es por ello que Armenia tiene prácticamente todo su ejército equipado con armamento de origen ruso, mientras que Azerbaiyán ha adquirido material de origen israelí y turco.

Como hecho particular a tener en cuenta, en 1992 Artsaj (Nagorno-Karabaj) convocó a crear su Ejército de Defensa de la República de **Artsaj**, independiente este del ejército de Armenia.

Los UAV o drones, con muchas de sus variantes, marcaron la diferencia a favor de Azerbaiyán, pero se debe tener en cuenta que llevaba años invirtiendo en este tipo de armas, según el Centro de Estudios Estratégicos Internacionales Azerbaiyán, tenía más de 200 unidades de diferentes características. Particularmente se produjo una adquisición importante de TB2 turcos en junio de 2020.

No solo se limitaron a la compra de equipamiento sino a la instrucción y ejercitaciones permanentes en las fronteras. Tal es así que el Ministerio de Defensa de Azerbaiyán, habilitó una nueva instalación para entrenar a los operadores de UAV de la Fuerza Aérea en junio de 2017. La instalación es responsabilidad del Comando de Entrenamiento de la Fuerza Aérea y está equipada con simuladores. El anuncio oficial de la nueva instalación no mencionó dónde se encontraba específicamente, pero la base parece ser el aeropuerto de Bakú Lokbatan, un aeródromo al oeste de la capital que fue renovado en 2016 y 2017, para la instrucción de operaciones con UAV. En diciembre de 2018, el Ministerio de Defensa de Azerbaiyán abrió una nueva instalación para capacitar especialistas de UAV en el ejército de Azerbaiyán. Está equipado con simuladores de vuelo y varios vehículos aéreos no tripulados, incluidos el Aerostar, el Orbiter 1 y el Orbiter 3. Se publicaron fotografías oficiales por el Ministerio de Defensa, las que coinciden con las imágenes satelitales de la Base Aérea de Salyany.

La capacitación en la frontera era permanente, "Realizamos ejercicios militares todos los años. No hay nada inusual aquí. Sí, esta vez coincidió con el incidente de Tovuz. Armenia debe-

ría pensar si fue una coincidencia o no. Estos ejercicios demuestran una vez más nuestra unidad. Sólo hay 80 kilómetros entre la frontera entre Azerbaiyán y Armenia en Najicheván y Ereván. Armenia lo sabe, y esto los intimida. Creo que se estresan por este miedo", dijo Aliyev.⁵

Material de defensa antiaérea

Si bien hemos considerado a las RAM dentro de las nuevas amenazas para la DAA, tanto los sistemas de Artillería de tubos y cohetes balísticos, estos últimos con una gran intervención en el conflicto, no se tratará el tema ya que es mencionado con sumo detalle en otro artículo⁶ de este estudio.

Los Sistemas S-300PT versus S-300PMU-2: durante cuatro décadas, el S-300 ha evolucionado de manera significativa, por lo que evaluar sus capacidades, así como comparar características, puede dar una idea de qué lado se obtiene una supremacía.

En Ereván se encontraban cinco divisiones de S-300PT todavía soviéticos con 12 lanzadores en cada uno. Este es un sistema de defensa aérea confiable que se encuentra entre los cinco principales sistemas de armas de Armenia, que debería ser temido por la Fuerza Aérea de Azerbaiyán, porque consisten en 29 MiG-15 obsoletos de la misma época. Los S-300PT armenios están equipados con misiles 5V55KD con un alcance de 90 kilómetros. Tienen un modo de búsqueda de radar semiactivo, una velocidad de Mach 3,35 y una ojiva que pesa 133 kilogramos. El S-300PT puede trabajar atendiendo simultáneamente entre 6 a 12 objetivos.

Por otro lado, en Bakú se localizaban dos divisiones de S-300PMU-2, con ocho lanzadores en cada una. Estos sistemas de defensa aérea son 15 años más modernos que sus similares armenios, se diferencian por una brecha tecnológica entre ellos que es muy considerable. El S-300PMU-2 puede alcanzar objetivos a una distancia de hasta 250 kilómetros con sus misiles 48N6U2 / SA-10E, de los cuales Azerbaiyán tiene al menos 112 unidades. Estos misiles pueden interceptar objetivos a Mach 5,9, tienen una ojiva que pesa 180 kilogramos y poseen mejores prestaciones para contrarrestar la guerra electrónica. El S-300PMU-2 puede trabajar simultáneamente atendiendo hasta 32 objetivos.

Por lo tanto, si analizamos estos Sistemas de Armas, el S-300PMU-2 de Azerbaiyán es significativamente superior al S-300PT de Armenia, en este segmento de defensa aérea, la ventaja de Azerbaiyán es innegable.

Sin embargo, cada país tiene otros recursos además de los anteriores.

FIG 1. SISTEMAS DE DAA S-300-PT⁷. ARMENIA



FIG 2. SISTEMA DE DAA TOR S M2KM⁸. ARMENIA



⁵ *Ilham Aliyev* actual presidente de Azerbaiyán, desde el 2003.

⁶ TEC 1000 2021- Nagorno - Karabaj – CR(R) Ing. Juan Carlos Villanueva.

⁷ https://es.rbth.com/cultura/tecnologias/2013/05/31/como_es_el_sistema_antiaereo_s-300_recibido_por_siria_28411

⁸ <http://roe.ru/esp/catalog/defensa-aerea/sistemas-de-misiles-antia%C3%A9reos-e-instalaciones/tor-m2e-tor-m2k-tor-m2km-/#:~:text=El%20sistema%20de%20misiles%20antia%C3%A9reos%20%22Tor%20DM2E%22%20%22,ambiente%20dif%C3%ADcil%20y%20de%20jamming>

Sin dudas, Armenia dependerá de sus cazas Su-30SM y sus misiles. Además, Ereván tiene varios sistemas de defensa aérea Buk-M2 y Tor-M2KM. Al mismo tiempo, Azerbaiyán ha mejorado con 54 lanzadores Bielorrusia S-125-2TM "Pechora-TM", 4 lanzadores S-200, 18 lanzadores "Buk-M1-2" / "Buk-MB", 8 "Tor-M2E" lanzadores, dos baterías del T38 ucraniano-bielorruso "Stilet". Bakú también tiene una división (nueve lanzadores) "Barak-8" y un número desconocido de sistemas de defensa aérea Spyder (ambos fabricados en Israel). En este sentido, el sistema de defensa aérea de Azerbaiyán parece más impresionante que el armenio.

Amenazas de Azerbaiyán vs sistemas de DAA de Armenia

Se realiza esta confrontación, entre las amenazas de Azerbaiyán y sistemas DAA de Armenia, ya que fue lo más significativo.

Terminología:

- > HIMAD (High To Medium Air Defense)
 - > MANPAD (Man Portable Air Defense)
 - > SEAD (Suppression Of Enemy Air Defenses)
Dron que puede realizar misiones de supresión de defensas aéreas enemigas
- > SHORAD (Short Range Air Defense)
 - > ISTAR (Intelligence, Surveillance, Target Acquisition And Reconnaissance)
 - > UAV - (Unmanned Aerial Vehicle)
 - > UCAV (Unmanned Combat Air Vehicle)

FIG 3. MATERIAL DE AMENAZAS DE AZERBAIYÁN

MATERIAL	TIPO	ORIGEN	CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL
Aerostar	UAV - Clase II	Israel	ISTAR
Harop/Harpy	Loitering munition- Clase I	Israel	SEAD
Hernes 450	UAV - Clase II	Israel	ISTAR
Hermes 900	UAV - Clase III	Israel	ISTAR
Heron TP	UAV- Clase III	Israel	ISTAR
Orbiter-1K	Loitering munition- Clase I	Israel	Ataque- 216-2019
Orbiter 3	Loitering munition- Clase I	Israel	Ataque 2016-2017
Searcher	UAV - Clase II	Israel	ISTAR
SkyStriker	Loitering munition- Clase I	Israel	Ataque -216-2019- 2 hs de vuelo- 20 km de alcance
Bayraktar TB2	UCAV	Turquía	ISTAR/ATAQUE. puede volar hasta 24 hs
Kargu	Loitering munition- Clase I	Turquía	Ataque

FIG 4. MATERIAL Y SUS CARACTERÍSTICAS DE DAA - ARMENIA

MATERIAL	TIPO	ORIGEN	CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL
SA-4 "Ganeff" (9M8 Krug)	SAM - HIMAD	Rusia	Alcance: 55 km; Altitud: 25.000 m
SA-8 "Gecko" (9K33 Osa)	SAM - SHORAD	Rusia	Alcance: 9 km; Altitud: 5.000 m
SA-10 "Grumble" (S-300PS)	SAM - HIMAD	Rusia	Alcance: 150 km ; Altitud: 27.000 m
SA-13 "Gopher" (9K35 Strela-10)	SAM - SHORAD	Rusia	Alcance: 5 km ; Altitud: 3.500 m
SA-15 "Gauntlet" (9K332 Tor	SAM - SHORAD	Rusia	Alcance: 12 km ; Altitud: 10.000 m
SA-17 "Grizzly" (9k37M)	SAM - HIMAD	Rusia	Alcance: 40/50 km ; Altitud: 25.000 m
SA-18 "Grouse" (9K38 Igla)	SAM - MANPAD	Rusia	Alcance: 5 km ; Altitud: 3.500 m
SA-24 "Grinch" (9K33B Igla-S)	SAM - MANPAD	Rusia	Alcance: 6 km ; Altitud: 3.500 m
SA-25 "Verba" (9K333 Verba)	SAM - MANPAD	Rusia	Alcance: 6 km ; Altitud: 4.500 m

A cada uno de los drones se le asigna una clasificación⁹ que va desde I a III basado en gran parte en su peso máximo de despegue: Clase I (menos de 150 kilogramos), Clase II (150 a 600 kilogramos) y Clase III (más de 600 kilogramos).

Las operaciones

Esta guerra que duró 44 días contó con una gran diversidad de armamento tuvo la particularidad de emplear la artillería con el concepto de saturación de largo alcance con sistemas de cohetes, misiles de largo alcance y una gama de plataformas aéreas desde las cuales se podían realizar ataques aéreos.

Uno de los más reconocidos actores fue el Byraktar TB2, el cual ya había sido probado por Turquía contra Siria y Libia. Durante la guerra de Nagorno-Karabaj confirmó su efectividad en la destrucción de objetivos clave.

Una considerable cantidad de antiguos aviones de la era soviética biplanos Antonov An-2, Azerbaiyán los supo modificar con sistemas de control remoto, permitiendo de este modo ser usados como señuelos, y se pudo incursionar en la zona de conflicto y lograr activar los sistemas de DAA de Armenia. El previsible derribo de estos aviones significó la utilización de los sistemas DAA por parte de Armenia, con la consecuente pérdida innecesaria de misiles antiaéreos y poniendo al descubierto el accionar de los sistemas DAA armenios.

La superioridad aérea, acción buscada en toda guerra para desarrollar acabadamente las operaciones terrestres, no fue obtenida por intermedio de la Fuerza Aérea con sus aviones, como así tampoco se obtuvo la cobertura aérea por intermedio de los sistemas de DAA. Esta superioridad aérea fue claramente obtenida por Azerbaiyán, prácticamente al inicio de las operaciones, a través de otros sistemas de armas fuera de lo convencional, que nunca antes se había logrado de tal manera.

Los ataques realizados con vehículos aéreos no tripulados y munición merodeadora, fueron tan sorprendentes como certeros, tal es así que posibilitaron destruir vehículos blindados y los más avanzados armamentos de DAA, tales como los sistemas S-300. Estos sistemas que ambos contendientes tenían con la diferencia de tecnología mencionada anteriormente, eran los más sofisticados que Armenia poseía en cuanto a DAA, es por ello que fueron uno de los principales objetivos estratégicos a neutralizar, lo cual fue logrado prácticamente al inicio del conflicto. Ahora bien, la pregunta cae de maduro ¿cómo sistemas DAA sofisticados como estos fueron presa de las “*loitering munition*” de Azerbaiyán?, la respuesta podría ser tan sencilla que da un cierto escozor decirlo: estos sistemas *no fueron concebidos para este tipo de amenazas*, ni los sensores asociados pueden detectarlos por su escasa RCS o también por su vuelo fuera del alcance y si aún fuese posible adquirirlo, el misil a ser lanzado sería un despropósito su interceptación, aunque en la guerra el costo-beneficio no siempre es aceptable cumplirlo.

Gran parte de los sistemas DAA armenios eran de la época de la Unión Soviética, es por ello que no estaban diseñados ni preparados para actuar contra este tipo de amenazas, y sin miedo a equivocarme, prácticamente no han sido utilizados.

FIG 5. SISTEMA DE DAA 9K35 STRELA¹⁰, ARMENIA



⁹ Estas clasificaciones se extraen del Acuerdo de Normalización de la OTAN 4670, la guía de la OTAN para formación de operadores de drones.

¹⁰ <http://www.ousairpower.net/APA-9K35-Strela-10.html>

La agencia de noticias rusas "TASS" informó que el 21 de diciembre de 2019, el Primer Ministro de Armenia Nikol Panishyan dijo que Ereván había comprado sistemas de misiles antiaéreos rusos Tor-M2KM. Estos sistemas fueron los más modernos adquiridos previamente, los cuales fueron desplegados al final del conflicto, no descartando que hayan derribado algún tipo de UAV o drones, pero sin mayores consecuencias para el desarrollo de las operaciones.

Si bien estos sistemas de amenazas aéreas han tenido un papel preponderante en el conflicto, sus capacidades no deben ser exageradamente engrandecidas. Históricamente en la carrera armamentista se va evolucionando y corriendo detrás de los nuevos desarrollos. Actualmente los países más avanzados y aquellos no tanto también, se encuentran ante una necesidad imperiosa de desarrollar sistemas que contrarresten los sistemas UAV con todas sus variantes, desde aquellos de uso civil utilizados por grupos terroristas, hasta los más sofisticados que poseen armamento y contra medidas electrónicas. Se han probado un sinnúmero de desarrollos tales como armas láser, interceptores cinéticos, sistemas con jammer electrónicos, con pulsos electromagnéticos, cobertura tipo campana con medidas electromagnéticas para zonas limitadas o para aeropuertos, hasta drones anti-drones, etc. Todo este tipo de desarrollos, seguramente cada uno tiene una cierta efectividad para determinados tipos de amenazas. Lo que no se vio en el conflicto tratado, han sido sistemas que verdaderamente hayan infligido un daño considerable a los sistemas de UAV y sus variantes. Hoy no podemos decir que existan sistemas que contrarresten efectivamente o en un alto porcentaje de derribo los ataques de este tipo de amenazas principalmente las "*loitering munition*". No hay sistemas "probados en combate" hasta el momento.

A mi entender existen dos limitaciones principales, primeramente, el tipo de sensores que detecte, identifique, reconozca, adquiera y realice el seguimiento (*tracking*) de este tipo de amenazas, con rangos de distancias suficientes para obtener el permiso de fuego en tiempos acordes a la demanda, con la capacidad de actuar sobre una cantidad considerable de blancos. La segunda, es que se logre un porcentaje de derribos o inutilización de diferentes tipos de amenazas a especificar, para así obtener un sistema confiable por su nivel de efectividad. Sobre la primera limitación descrita, actualmente se puede afirmar que, por el avance de la tecnología con mayor sensibilidad de los receptores, se ha logrado en algunos sistemas detectar amenazas con pequeña RCS y gracias a la inteligencia artificial, nos permite realizar la identificación y reconocimiento, dejando la adquisición y *tracking* para efectuarlo en forma totalmente automática. Pero sobre la segunda limitación considero que aún no se ha logrado en los términos de porcentaje de efectividad para diferentes tipos y respuesta a varios blancos simultáneos. Esta segunda será también el cómo se realiza, con cañones con submuniciones (del tipo AHEAD), Laser, pulso electromagnético, etc., o una combinación de algunas de ellas, que parece ser quizás el camino.

Los sistemas que puedan desenmarañar estas dos limitaciones planteadas podrán dar solución a las amenazas aún no resueltas, la aparición de estos sistemas estimo que se tendrán que dar seguramente dentro de los sistemas del tipo SHORAD (*Short Range Air Defense*). Con sensores extremadamente sensibles capaces de adquirir diferentes tipos de amenazas con baja RCS y con armas combinadas tales como misiles cañones y armas de energía dirigida.

Indudablemente dentro de la carrera armamentista y seguramente en una futura guerra, se vuelvan a utilizar estos sistemas de armas tales como los UAV, Drones y "*loitering munition*" y quizás se encuentren en escena sistemas que puedan contrarrestarlos.

Si bien no se hace referencia al término Guerra Electrónica (EW) por haber sido tratado en otro artículo dentro del estudio de Nagorno- Karabaj, no puedo dejar de mencionar este término

Electronic Warfare o Guerra Electrónica, ya que se encuentra inmersa en todos los sistemas y tal es así que el personal que debe operar los sistemas antiaéreos es totalmente consciente de las capacidades y debilidades que sus sistemas poseen. Las Electronic Counter Measures (ECM) activas y pasivas, las Electronic Counter Counter Measures (ECCM) también activas y pasivas, la Signal Intelligence (SIGINT) y Electronic Support Measure (ESM), todas estas terminologías difíciles de ser aplicadas, están relacionadas y amalgamadas en un todo con la DAA, a fin de dar cobertura al Teatro de Operaciones por medio de sus sistemas antiaéreos con el fin de lograr el éxito de la misión. La DAA no trabaja solo en el momento del conflicto, sino que también participa activamente junto con los medios de Guerra Electrónica.

Conclusiones

- > Los aviones helicóptero y misiles que eran amenazas en las guerras pasadas con sus tácticas de ataques convencionales, si bien siguen aún vigentes, se han visto incrementadas con las nuevas amenazas y novedosas tácticas de ataque. Estas amenazas tales como las RAM, UAV y drones en todos sus tipos diferenciando a las *“loitering munition”*, nos lleva a pensar que la DAA tiene el desafío de lograr neutralizar este tipo de armas, con sensores sensibles para la detección y con el armamento necesario a fin de lograr un porcentaje de derribo creíble. Las nuevas amenazas que conllevan altas velocidades, bajas RCS, y gran cantidad de blancos en el aire, hacen que la concepción de la toma de decisiones en el control tiro y toma de decisiones de los sistemas antiaéreos se orientan hacia la menor participación humana posible, asistidos con la inteligencia artificial.
- > El armamento que poseía Armenia en cuanto a sus sistemas antiaéreos un tanto obsoletos, sumado a aquellos que, si bien eran modernos, pero no diseñados para contrarrestar este tipo de amenazas, en contraposición con la estrategia llevada a cabo por Azerbaiyán mediante su ofensiva un tanto agresiva, violenta y sorpresiva, mediante sus sistemas de UAV, drones y *“loitering munition”* como así también la artillería, todos ellos lograron anular los sistemas antiaéreos armenios y apoderarse de la superioridad aérea. La amenaza más problemática es un ataque complejo e integrado que incorpora múltiples capacidades de amenaza en un ataque bien coordinado y sincronizado.
- > Otra conclusión ya sabida, pero que es necesario recalcar, es la necesidad de poseer cobertura aérea para las tropas blindadas, ya que estos sin dicha capacidad son un blanco totalmente vulnerable ante estos tipos de nuevas amenazas, esto se vio reflejado en la cantidad de tanques T-72 que fueron destruidos.
- > Este conflicto una vez más nos hace reflexionar sobre la verdadera complejidad que presenta a la hora de realizar la defensa antiaérea de los objetivos vitales, la DAA no es privativa de ninguna fuerza en particular pero sí debe estar íntimamente coordinada y relacionada con los sistemas de Comando y Control del Teatro de Operaciones, entendiendo que no existe un solo tipo de sistema antiaéreo, sino que debe haber un conjunto de sistemas antiaéreos, que coordinados conformen un sistema integrado de defensa antiaérea que pueda responder a todos los tipos de amenazas del enemigo.
- > Estas armas empleadas en gran proporción principalmente por Azerbaiyán, por su éxito evidente, seguramente serán empleadas e incrementadas en su tecnología en un futuro. De llegar

a suceder algo así, acelerará los tiempos de esta carrera armamentista y la industria que se ha generado alrededor de este conflicto, actualmente no existe la solución valedera. Si bien hay un número importante de empresas que están pensando y desarrollando un sinnúmero de armas que contrarresten a las nuevas amenazas, una posible futura guerra acelerará los tiempos de búsqueda de las soluciones.

Bibliografía

2017, TEC1000

- > <https://www.csis.org/analysis/air-and-missile-war-nagorno-karabakh-lessons-future-strike-and-defense>
- > <https://ahvalnews.com/turkey/iraq-nagorno-karabakh-just-how-effective-are-turkeys-combat-tested-drones>
- > <https://www.defensenews.com/unmanned/2020/06/25/azerbaijan-to-buy-armed-drones-from-turkey/>
- > https://ejercito.defensa.gob.es/reportajes/2019/76_defensa_antiaerea_futuro.html
- > <https://israelnoticias.com/militar/por-que-todo-el-mundo-quiere-comprar-el-sistema-de-misiles-s-400-de-rusia/>
- > <https://revistaseguridad360.com/destacados/sistemas-anti-drones/>
- > <https://tass.com/defense/1489013>
- > <https://www.larazon.es/tecnologia/20220519/dfllda3jxzg45phhbtiptigveju.html#:~:text=Raytheon%20Intelligence%20%26%20Space%2C%20empresa%20que,Defense%20o%20Maniobra%20de%20Energ%C3%ADa>
- > https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2017-01-02/tecnologia-militar-rusia-siria-armas-civiles-polemica_1310743/
- > <https://en.missilery.info/missile/bukm1-2>
- > <https://en.topcor.ru/16722-s-300pt-protiv-s-300pmu-2-u-azerbajdzhana-est-preimuschestvo-v-pvo-pered-armeniej.html>

(*) **José Alberto Guglielmone:** Coronel de Artillería (R); Ingeniero en Sistemas de Armas Electrónicas; posgrado en Criptografía y Seguridad Teleinformática (EST "Gr1 M N Savio"); Docente Investigador (Ministerio de Educación); Miembro COPITEC. Se desempeñó en la recepción de materiales y proyectos de Defensa Antiaérea con la fábrica Oerlikon; como Secretario de Investigación de la EST "Gr1 M. N. Savio"; 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 de Ejército. Docente Universitario de la Facultad de Ingeniería del Ejército "Gr1 M N Savio" y de la Universidad de Palermo-Facultad de Ingeniería. Participa en proyectos en el Centro de Investigación de Desarrollo de Sistemas Operacionales del Ejército; Analista y Director del CEPTM "Gr1 MOSCONI".

1.7

Breves conclusiones finales

Por el CR A (R) Ing Mil José Alberto Guglielmone*

Como ya se ha expresado, el presente trabajo sobre las experiencias obtenidas en la Guerra de Nagorno Karabaj, realizado por el Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológico Militar "Gr1 MOS-CONI", tiene por objetivo principal profundizar el conocimiento en temas específicos de defensa y seguridad, a fin de obtener diferentes productos elaborados con información confiable, ser puestos a disposición de los decisores de los distintos niveles, para que se logre una adecuada planificación y así concretar hechos que contribuyan a mejorar la situación actual en la cual nos encontramos.

- > Si bien cada artículo que antecede en este estudio académico sobre las experiencias de una guerra reciente tiene sus conclusiones detalladas y específicas, nos ha permitido arribar a la primera conclusión propia sobre el CEPTM "Gr1 Mosconi"; en el trabajo que se iniciara en el 2016, con nuestra primera publicación TEC1000, en dos de sus artículos se hablaba sobre "Munición Guiada", esa temática ha ido evolucionando para convertirse en otro tipo de una de ellas, como se las ha dado en llamar "munición merodeadora" o "*loitering munition*" o también llamados UAV o drones Kamikaze".
- > El concepto de que las guerras se inician con anterioridad responde a la planificación basado en las hipótesis de conflicto, este es un claro ejemplo de cómo Azerbaiyán tuvo un objetivo bien planteado a mediano plazo a raíz de su experiencia en la derrota pasada, incorporó tecnología de actualidad no solo eso, sino que instruyó a su personal en la operación de los sistemas viéndose plasmados en el montaje de centros de simulación. En cambio, Armenia permaneció bajo la quietud y confianza del triunfo pretérito.
- > El conflicto de Nagorno Karabaj fue una guerra del tipo convencional como hacía mucho tiempo no se veía, se podría decir desde la "Guerra de Malvinas", dos ejércitos regulares, pero en donde se puso sobre escena una nueva generación de sistemas de armas de alta tecnología mostrando, a la luz de los hechos, letalidad y un alto poder destructivo. Este tipo de armamento ya "probado en combate" seguirá en evolución y será seguramente utilizado en mayor escala en un conflicto futuro.
- > La superioridad aérea obtenida por Azerbaiyán fue prácticamente lograda por las nuevas amenazas tales como los UAV, drones en sus distintos tipos y "*loitering munition*" también participó activamente la artillería. La Fuerza Aérea no tuvo prácticamente necesidad de involucrarse con sus aviones. Los sistemas antiaéreos de Armenia no tenían la capacidad de detectar y derribar

las amenazas de Azerbaiyán, posiblemente minimizaron y descreyeron del verdadero poder de destrucción de estas nuevas amenazas. Obtenida la superioridad aérea por parte de Azerbaiyán fue el principio del fin para Armenia.

- > La Artillería de Campaña ha mostrado su vigencia y continúa siendo capaz de infligir la mayor proporción de bajas en los conflictos. Las armas de tubo, MLRS y misiles balísticos de corto alcance forman un conjunto de excelentes herramientas, para el apoyo de fuego en el Teatro de Operaciones. Pero debe tenerse en cuenta la vulnerabilidad que presentan los sistemas remolcados, emplazados en posiciones de fuego estáticas. Para evitar esto, la Artillería es fundamental así como poseer sistemas tiro y sistemas de puntería autónoma para lograr la dispersión, movilidad y precisión requerida. Se debe priorizar, además, la incorporación de sistemas con alta movilidad, autopropulsados a rueda y oruga, principalmente en calibre 155 milímetros y con mayores alcances.
- > La carrera armamentista lograda por estos resultados ha acelerado los tiempos y se empieza a ver cómo las diferentes empresas necesitan mostrar los resultados ya que a la luz de los acontecimientos aún no hay un sistema que contrarreste con un porcentaje de efectividad razonable ante estas nuevas amenazas.
- > Gran parte de la tecnología empleada es alcanzable por nuestro personal técnico, las Fuerzas Armadas particularmente por los recursos y conocimiento que posee, inicialmente podría generar proyectos de investigación y desarrollo, capacitarse en la operación de estas tecnologías y planificar el futuro a la vista de los resultados obtenidos con este tipo de armamento.

2. ESTUDIO DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA E INTELIGENCIA ESTRATÉGICA

2.1

Aplicación de las tecnologías de manufactura aditiva / impresión (AM/3DP) en el área de logística de la Defensa

Introducción

El Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación de la Nación Argentina, por intermedio de la Subsecretaría de Estudios de Prospectiva - Dirección Nacional de Estudios, ha realizado a lo largo del segundo semestre del año 2021, el fortalecimiento de la Red Nacional de Nodos Territoriales de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Estratégica. Este consistió en una serie de capacitaciones y acompañamiento en las metodologías para concluir en los diferentes trabajos de interés que los Nodos consideraron de importancia y de utilidad para la comunidad de acuerdo a sus especificidades.

El “**Nodo Territorial de Defensa y Seguridad**” inserto en el Centro de Estudios de Prospectiva Tecnología Militar “Grl. MOSCONI” perteneciente a la Facultad de Ingeniería del Ejército, dentro de la amplia gama de temáticas que maneja, se abocó a la “Impresión 3D”. Iniciado el estudio se vio que el tema es sumamente amplio y abarcador, en virtud de ello es que se resolvió ahondar en el tópico relacionado con el apoyo logística de la defensa, es así que al tema se lo llamó “Aplicación de las Tecnologías de Manufactura Aditiva / Impresión AM / 3DP en el área de la Logística de la Defensa”.

Este trabajo es de sumo interés tanto para las Fuerzas Armadas como así también de Seguridad, con el mismo se podrá tomar verdadera dimensión de la importancia y del advenimiento de instalación de esta tecnología, específicamente en la aplicación del apoyo logístico, principalmente en necesidades de repuestos de urgencia que no puedan esperar el tiempo para la implementación de las soluciones.

AUTORES - Nodo Territorial Defensa y Seguridad.

Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar “Grl MOSCONI” (CEPTM) – FIE - UNDEF

- > Director: CR (R) Ing. José Alberto GUGLIELMONE
- > CR (R) Ing. Alejandro GAZPIO
- > CR (R) Mg. Ing. Juan Carlos PEREZ ARRIEU
- > CR (R) Mg. Ing. Juan Carlos VILLANUEVA
- > CR (R) Ing. Rafael OLIVIERI
- > Lic. María Indira SILVESTRE
- > Lic. Ignacio De La TORRE

Contenido

1. Introducción a la fabricación aditiva o impresión 3D

> Selección del Tema por parte del Nodo Territorial de Defensa y Seguridad	129
> Actualidad	129
> Orígenes	131
> ¿Qué es la fabricación aditiva?	131
> ¿Cuáles son sus principales ventajas?	132
> Aplicaciones de la fabricación aditiva	132
> Crecimiento y futuro	133
> Estudio de mercado	133

2. Relevamiento de información científico tecnológica

> Descriptivo para la búsqueda de información Científica Tecnológica	134
> Fichas de palabras claves	135

3. Relacionadas con información científica y trabajos de investigación

> Objetivo	136
> Herramientas utilizadas	136
> Palabras Claves	136
> Ecuaciones de búsqueda empleadas	137
> Ejemplo de Resultados de búsqueda	137
> Fichas Técnicas	139

4. Relevamiento de noticias, novedades y artículos de opinión

> Objetivo	146
> Palabras Clave	146
> Herramientas empleadas	146
> Ecuaciones de búsqueda utilizadas	146
> Desarrollo del trabajo	146
> Fichas Técnicas (Noticias, novedades y artículos de opinión)	147

5. Benchmarking

> Escenario del mercado de impresión 3D militar	152
> Jugadores claves / principales	153
> Análisis de las 8 Dimensiones	153
> Análisis Matriz FODA	156
> Reflexiones sobre las matrices de 8 dimensiones y FODA	157

6. Conclusiones 157

7. Bibliografía 159

1. Introducción a la fabricación aditiva o impresión 3D

Selección del Tema por parte del Nodo Territorial de Defensa y Seguridad

La necesidad de reparar, fabricar o recomponer componentes de equipamiento, constituye uno de los aspectos claves del sistema de mantenimiento Logístico de todas las FFAA.

Sistemas y plataformas con muchos años de servicio, en algunos casos en el límite de su vida útil, requieren recambio de componentes que, en muchos casos ya han sido discontinuados por sus proveedores, o bien estos últimos ya no existen.

Lo citado afecta seriamente la capacidad de mantener un adecuado estado de alistamiento de los elementos militares y condiciona sus capacidades para el cumplimiento de la misión.

Y el nivel que más se resiente por la falta de componentes y repuestos para mantener los sistemas en condiciones operativas, es el nivel de mantenimiento cercano a las unidades en el campo de combate.

Todo ello resulta, además un extraordinario desafío que pone a prueba toda la Cadena Logística y la misma Base Industrial para la Defensa de un país.

Dentro de las tecnologías emergentes y con mayor desarrollo y proyección en el ámbito de la Logística, se encuentra la Fabricación Aditiva / Impresión 3D (AM / 3DP). La misma lleva varias décadas de constante crecimiento, afianzándose cada vez más sus posibilidades de aplicación, tanto en el ámbito de la industria civil como de la Defensa.

La tarea de Vigilancia Tecnológica que realiza el CEPTM desde 2015, nos permite observar la evolución sostenida que han tenido estas tecnologías emergentes en las FFAA de muchos países.

Se puede mencionar una progresiva incorporación de estas tecnologías en el ámbito militar, particularmente en el área logística y en misiones de despliegue operacional, fuera de las guarniciones de asiento de paz. Para el último aspecto mencionado, la migración del concepto de una Logística Centralizada, a la Logística Distribuida que algunos países llevan adelante, es algo que las tecnologías emergentes como AM /3DP facilitan.

Actualidad

Definición: ASTM International define AM como “un proceso de unir materiales para hacer un objeto según los datos de un modelo 3D, generalmente agregando capa sobre capa de material, en oposición a las metodologías de fabricación sustractiva. Sinónimos: fabricación aditiva, procesos aditivos, técnicas aditivas, fabricación por capas aditivas, fabricación por capas y fabricación de formas libres. (Wohlers, 2011, “Glossary of terms”).

Vemos hoy la enorme difusión de la fabricación aditiva o “Impresión 3D”, que está llegando muy rápidamente a su madurez y se aplica cada vez más en diferentes usos, pero aún nos cuesta evaluar el alcance real de esta nueva tecnología.

Comparativamente, en los últimos años hemos visto surgir y consolidarse varias tecnologías, en especial en el dominio de la informática y las comunicaciones, muchas de ellas consideradas tecnologías disruptivas, como la telefonía celular, el Internet de las cosas (IoT), la computación en la nube, y la inteligencia artificial, entre otras, que han cambiado prácticamente todos los aspectos de nuestra vida.

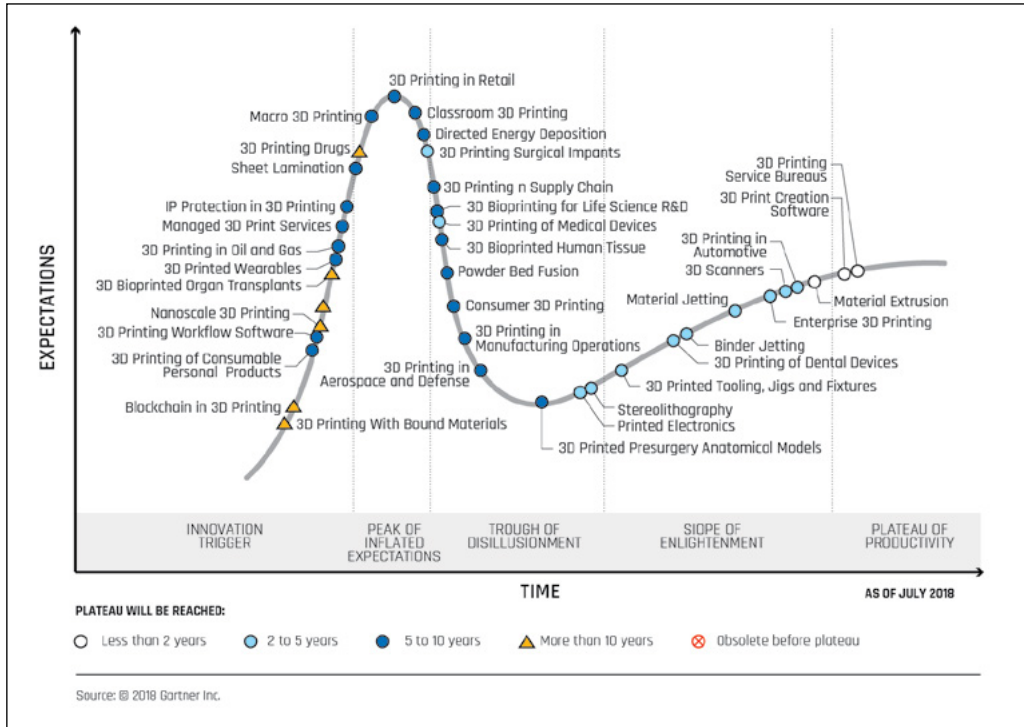
Pocos podían prever la rapidez con que se producirían todos estos cambios, así como la adopción de estas nuevas tecnologías a escala global y el coste que ha tenido para las empresas que se han resistido a reconocerlas a tiempo y adaptarse, resultando para muchas en el fin de su actividad por falta de competitividad.

Éstas nuevas tecnologías a su vez actúan como agentes aceleradores del cambio y como el motor precursor de lo que conocemos hoy en día como la Industria 4.0.

Las Fuerzas Armadas no fueron ajenas a esta realidad, y podemos ver en los conflictos recientes los resultados de aquellas que se adaptaron a esta realidad del cambio y el fracaso de las que no llegaron a hacerlo a tiempo.

De forma similar, la tecnología de fabricación aditiva conocida comúnmente como “Impresión 3D”, crece muy rápidamente como podemos verlo en la curva de Gartner, que permite representar la madurez, adopción y aplicación comercial de una tecnología específica

ILUSTRACIÓN 1 - CURVA DE GARTNER REPRESENTANDO LA MADUREZ DE LA TECNOLOGÍA DE IMPRESIÓN 3D.



Vemos en esta gráfica del año 2019 las áreas de mayor pico de expectativas. No vemos las aplicaciones militares propiamente dichas, por el ámbito donde se desarrolla el estudio, pero si podemos inferir que muchas de estas expectativas tienen correlación en la Defensa, como el caso de la cadena de suministros y poder imprimir el objeto en el punto de venta asociado también a la logística militar, como imprimir el objeto donde se lo necesita y tema de este trabajo.

Curiosamente, Gartner destaca especialmente durante ese año el crecimiento de la impresión 4D (ver zona de disparadores de la innovación en la curva), una técnica que pone especial interés en los materiales dentro de la fabricación aditiva. Permite de cierta manera programar materiales para realizar diferentes tareas, que pueden transformarse, ofreciendo un cierto dinamismo. El instituto predice que para 2023, las empresas nuevas que se centran en la impresión 4D atraerán \$ 300 millones en capital de riesgo. Un tema que ya interesa a algunos institutos de investigación y universidades como el MIT y algunos grupos grandes como Airbus, Autodesk, HP y Stratasys. Esto implica una consolidación y madurez de la tecnología de impresión 3D, que a su vez evoluciona.

El informe a también señala que crece en forma sostenida la impresión 3D en sectores como la medicina y la fabricación de piezas de metal.

Cabe aclarar que esta tecnología no tuvo sus orígenes en requerimientos militares como otras, sino que vista su potencialidad se está adaptando a diferentes requerimientos militares.

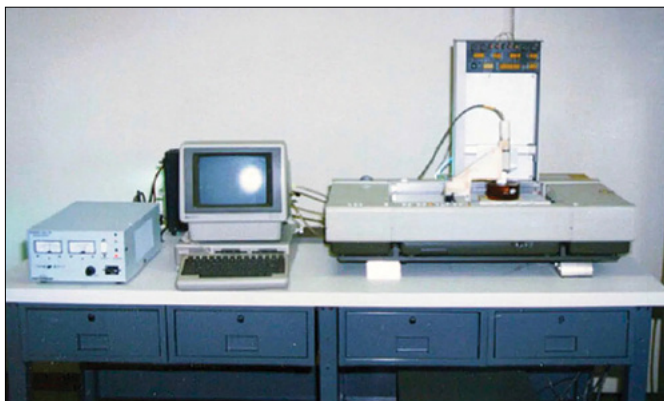
Orígenes

Se puede encontrar su origen en los años 80, cuando el norteamericano Charles W. Hull, crea la primera pieza impresa en 3D mediante el proceso conocido como estereolitografía. Patentará la impresión mediante este sistema y en 1986 fundará su propia empresa, 3D Systems, la primera compañía de impresión 3D. De ahí a conocer la primera impresora 3D comercial, la SLA-1, puesta a la venta en 1987 (SLA por “stereolithography apparatus”).

Dos décadas después y gracias a la reducción de los costes, por el surgimiento de nuevas tecnologías, unido al vencimiento de las patentes, se dio el gran salto al mercado comercial como hoy lo conocemos.

Curiosamente, antes de que Hull patentara la impresión 3D mediante estereolitografía, esta misma patente había sido solicitada por los franceses Alain Le Méhauté, Olivier de Witte y Jean Claude André. Sin embargo, las empresas para las que trabajaban, la división francesa de General Electric y la francesa CILAS, abandonaron el proyecto porque no creían que fuera rentable o provechoso.

ILUSTRACIÓN 2- INSTRUMENTAL UTILIZADO POR CHARLES W. HULL, PARA LA PRIMERA PIEZA IMPRESA EN 3D, MEDIANTE EL PROCESO DE ESTEREOLOGRAFÍA.



¿Qué es la fabricación aditiva?

Se denomina “fabricación aditiva” al proceso que se basa en la fabricación o producción de piezas a partir de un modelo 3D mediante la sucesiva deposición de capas de material.

Se aplican varias tecnologías y materiales, entre ellas:

- > Extrusión a través del modelado por deposición fundida (FDM) con materiales como termoplásticos (por ejemplo, PLA, ABS), HDPE, metales eutécticos o materiales comestibles.
- > Hilado mediante la fabricación por haz de electrones (EBF3) con casi cualquier aleación.
- > Fotoquímicos mediante fotopolimerización por luz ultravioleta (SGC) o estereolitografía (SLA). Ambos empleando fotopolímero como material.
- > Granulado a través del sinterizado mediante láser (DMLS) también con casi cualquier aleación.
- > Laminado de capas (LOM) empleando materiales como: papel, plástico o papel de aluminio.

Aunque debemos aclarar que estas tecnologías no son ninguna innovación actual, pero rápidamente y gracias a las nuevas tecnologías del campo de la electrónica, la informática, y la ingeniería de control entre otras, se adaptaron rápidamente a lo que hoy conocemos como impresión 3D.

¿Cuáles son sus principales ventajas?

Los principales beneficios de la fabricación aditiva frente a los procesos de fabricación convencionales son los siguientes:

- > Una fabricación competitiva que rompe con los esquemas de los tradicionales y lentos sistemas de producción en cadena. No es que sea lenta la producción convencional en sí, sino la puesta a punto y el inicio de la producción, y en eso está fundamentada esta ventaja.
- > Producción de series pequeñas de productos en función de la demanda. Es ideal para fabricar pocas unidades sin tener una alta inversión inicial necesaria para poder comenzar a producir el producto, como el desarrollo de matrices, moldes y procesos cuyos costos se amortizan en grandes series.
- > Posibilidad de reproducir cualquier geometría liberando el proceso de diseño de las restricciones de la producción tradicional.
- > Ofrecer a los desarrolladores del producto la capacidad para imprimir partes y montajes hechos de diferentes materiales con diferentes propiedades físicas y mecánicas, para luego ensamblarlas.
- > Agregar dificultad geométrica a la pieza no incrementa notoriamente los costes durante la producción de la misma.
- > Fácil diferenciación y personalización de los productos por parte de los consumidores sin encarecer notablemente el costo.
- > Posibilidad de integrar unos mecanismos u otros componentes a las piezas impresas.

Aplicaciones de la fabricación aditiva

En sus orígenes nadie pensaba que sería la tecnología capaz de revolucionar la industria como lo hizo. Fue en esos tiempos, una tecnología empleada para acelerar el prototipado rápido, pero actualmente, además del empleo militar que trataremos especialmente, podemos destacar otros, que dan cuenta de su relevancia. Solo nombraremos algunos de los tantos, puesto que día a día surgen nuevas aplicaciones, siendo la necesidad y la imaginación el límite.

En la medicina desde el primer órgano artificial impreso en 3D, hasta la denominada bio-impresión (mediante células). También se ha comenzado el desarrollo órganos impresos en 3D mediante el escaneo del cuerpo del paciente y para el estudio previo del especialista, aumentando las posibilidades de éxito en una cirugía de riesgo.

En la industria, la fabricación aditiva está creciendo a una velocidad sorprendente debido a la posibilidad de fabricación de piezas con estructuras aligeradas y sometidas a frecuentes cambios de diseño y series cortas. Sectores como el aeronáutico, aeroespacial, automotriz o marítimo, donde se busca constantemente ahorrar tiempo y costos. Barcos diseñados en 3D o en su aplicación en el sector espacial, por nombrar solo algunos casos, viendo estos rubros en la fabricación aditiva, una solución excepcional.

En el arte, donde artistas y diseñadores que han encontrado en la impresión 3D una herramienta capaz de materializar su imaginación. Colecciones de ropa en 3D; joyería con impresión 3D; pasando por el mundo de la repostería; o el diseño artístico de estructuras imposibles.

En la arquitectura y diseño, dónde han descubierto el potencial de esta nueva tecnología, especialmente para la construcción de modelos y diseños. Entre las aplicaciones más destacadas y más revolucionarias ya vemos casas impresas en 3D y en tan sólo 24 horas, incluso edificios y puentes.

En el ámbito militar, se emplea también en la industria, de forma similar a lo descripto, como prototipado rápido y producción de piezas específicas en pequeñas series, y en la logística de mantenimiento, produciendo componentes y repuestos donde se los necesita.

Crecimiento y futuro

Grandes multinacionales de varios sectores como General Electric, Siemens, Ford, Boeing, Airbus, BMW, Audi-VW o HP están apostando por las tecnologías de fabricación aditiva.

Con este escenario solo se puede ser optimista en cuanto a la consolidación de esta tecnología.

El mercado mundial refleja este crecimiento.

Analizando algunas cifras históricas el crecimiento y la expansión de esta tecnología en el mundo, dice que ha crecido en forma permanente desde el año 2003 hasta hoy, superando las previsiones más conservadoras de entonces.

Las Fuerzas Armadas de los países más poderosos a nivel mundial, ya emplean en algún grado esta tecnología a la vez que se plantean desafíos de I+D (Investigación y Desarrollo) para nuevos alcances. La industria de la defensa también hace lo propio.

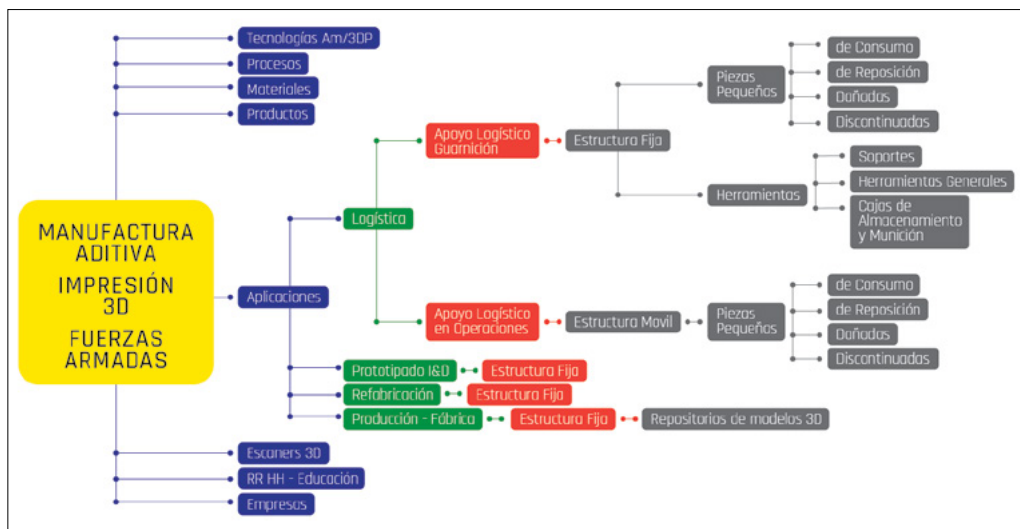
El prototipado, el desarrollo de componentes de armas y municiones, la sanidad militar y la logística de mantenimiento son áreas dónde vemos ya objetivos y alcances definidos en las principales fuerzas armadas del mundo. En nuestro caso, también tenemos antecedentes de haber incurrido en algunas producciones, como el prototipado rápido o el reemplazo de partes o componentes rotos o defectuosos de equipamiento militar, como alternativa a la adquisición de repuestos, que en muchos casos se encontraban discontinuados por los fabricantes, aunque sin una planificación ni estrategia de desarrollo.

Es evidente que se trata de un recurso tecnológico más que contribuye a la ventaja militar frente al enemigo u oponente, y como tal debe ser considerado.

Estudio de mercado

Dentro de la temática de la manufactura aditiva, nuestro trabajo se orienta particularmente a un área de interés que consideramos tiene una relevancia importante en la defensa nacional, que son las aplicaciones que esta tecnología aporta al uso militar, y dentro de éstas a la logística militar. Se entiende a ésta como las acciones y funciones de apoyo orientadas a sostener las acciones de una

ILUSTRACIÓN 3- ÁRBOL MANUFACTURA ADITIVA / IMPRESIÓN 3D - FUERZAS ARMADAS



fuentes: elaboración propia

fuerza militar, tanto en la paz como en la guerra, empleando la manufactura aditiva en lugar de otras acciones convencionales como la reposición de una pieza defectuosa por una de repuesto convencional. Como puede verse en el árbol, se puede hacer desde una estructura fija en guarnición o desde unidades móviles, cuando las unidades logísticas están operando en el terreno.

La manufactura aditiva no reemplaza todas las funciones de la logística de mantenimiento, ni es posible o recomendable fabricar cualquier componente o repuesto, pero introduce importantes aportes y beneficios en muchos casos, que contribuyen a la obtención de la ventaja militar de una fuerza, y por eso esta tecnología ya tiene su lugar en las fuerzas armadas, debiendo en nuestro caso considerar seriamente su empleo.

2. Relevamiento de información científico tecnológica

Descriptivo para la búsqueda de información Científica Tecnológica

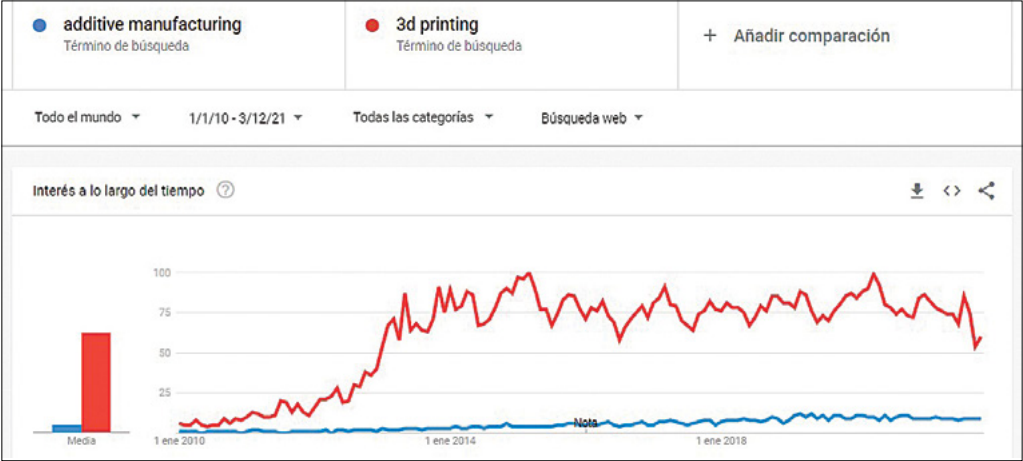
ITEM	DESCRIPCIÓN
DEFINICIÓN DEL TEMA	APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE MANUFACTURA ADITIVA / IMPRESIÓN (AM / 3DP) EN EL ÁREA LOGÍSTICA DE LA DEFENSA.
OBJETIVO DE BÚSQUEDA - ALCANCE	Relevar información específica y obtenida de fuentes de reconocida confiabilidad, en relación con el empleo de las Tecnologías de AM / 3DP, en el área Logística de la Defensa. Resultan de especial interés, las posibilidades de empleo de estas Tecnologías Emergentes, en apoyo al desarrollo de Operaciones Militares de Combate. Pero también, su empleo en Tiempo de Paz, ya sea para el sostenimiento logístico de los sistemas en servicio en sus asientos de guarnición, o bien en funciones de asistencia a la comunidad, además de la participación de las FFAA, a requerimiento de las autoridades, en misiones de mitigación de los efectos de Emergencias & Catástrofes, a nivel local o regional.
PALABRAS CLAVE	Impresión 3D - 3D Printing - 3DP - Fabricación Aditiva - Additive Manufacturing - Prototipado Rápido - Rapid Prototyping - E manufacturing - Constructive Manufacturing - Material Increase Manufacturing - Additive layer Manufacturing - Defensa - Defense - Militar - Military - Fuerzas Armadas - Armed Forces - Ejército - Army - Logística - Logistic - Despliegue Operacional - Operational Deployment - Alistamiento - Readiness
ORGANIZACIONES INSTITUCIONES - EMPRESAS	Ministerio de Defensa de los Países - Direcciones de Material de las FFAA - Empresas Líderes en el mercado de AM / 3DP: 3D Systems - Stratasys - GEAdditive - Open Additive - Avonix - EOSint - Optomec - Otras.
PAISES DE INTERÉS	EUA - China - Rusia - Alemania - Francia - Australia - España - México - Corea del Sur - Brasil - Argentina
PERÍODO DE BÚSQUEDA	2014 - 2021

Fichas de palabras claves

PALABRA CLAVE (E)	PALABRA CLAVE (I)	SINÓNIMOS / ACRÓNIMOS	IDIOMA
Impresión 3D	3D Printing	3DP	Inglés
Fabricación Aditiva	Additive Manufacturing	AM	Inglés
Defensa	Defense	DEF	Inglés
Fuerzas Armadas	Armed Forces	FFAA	Inglés
Logística	Logistic	Log	Inglés
Despliegue Operacional	Operational Deployment	—	Inglés
Alistamiento	Readiness	—	Inglés
Ejército	Army	—	Inglés

El siguiente gráfico refleja en interés de búsqueda a lo largo del tiempo (2010-2021) sobre los temas “Additive Manufacturing” (AM) y “3D Printing” (3DP). Respecto a los valores de la escala, el 100 refleja el Máximo interés para un período determinado.

ILUSTRACIÓN 4- BÚSQUEDA SOBRE TEMAS "ADDITIVE MANUFACTURING" (AM) Y "3D PRINTING" (3DP)- PERÍODO 2010 - 2021. EN TODO EL MUNDO.

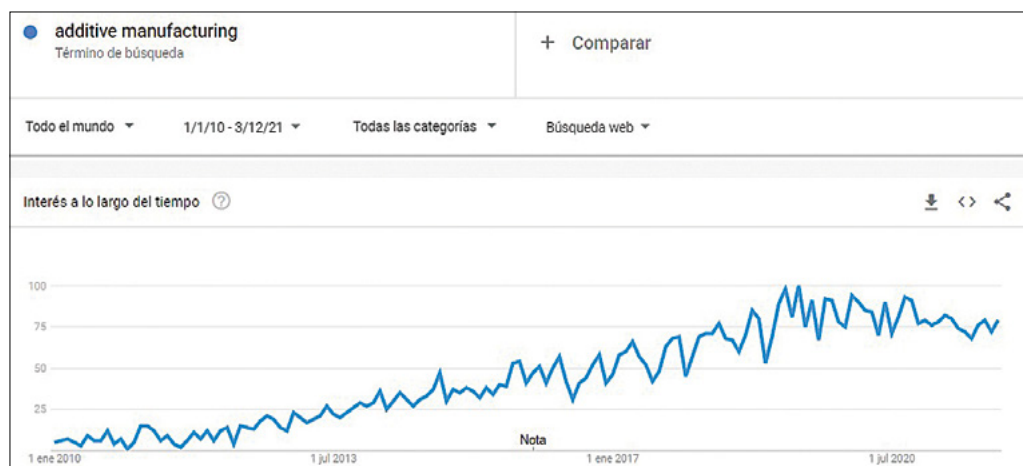


Herramienta: Google Trends

El mayor interés que se observa por 3DP frente a AM, posiblemente tenga que ver con que el primero, suele ser el término más conocido y empleado cuando se refiere a este tipo de tecnologías. Particularmente 3DP es utilizado por interesados en temas tecnológicos en general, los usuarios particulares / hogareños, las pequeñas empresas, así como en el ámbito de la enseñanza. Por su parte, la búsqueda de información sobre AM, suele relacionarse con necesidades puntuales para el empleo industrial, particularmente en manufactura.

En el siguiente gráfico permite ver con más claridad la tendencia creciente del interés en AM.

ILUSTRACIÓN 5 - BÚSQUEDAS SOBRE EL TEMA "ADDITIVE MANUFACTURING" (AM). PERÍODO 2010 -2021. EN TODO EL MUNDO



Herramienta: Google Trends

En ambos gráficos puede observarse un crecimiento constante del interés en estas tecnologías, excepto en el período más crítico de la pandemia de Covid-19 (Año 2020 /21), lo que parece ir normalizándose, con una progresiva tendencia de recuperación.

3. Relacionadas con información científica y trabajos de investigación

Objetivo

Realizar un relevamiento de Información Científica y Trabajos de Investigación, relacionados con el tema "APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE MANUFACTURA ADITIVA / IMPRESIÓN (AM/ 3DP) EN EL AREA LOGISTICA DE DEFENSA".

Herramientas utilizadas

Biznar – Carrot2 – Science Research – Science Direct – Scielo – IEEEExplore - Google Academics – Google Trends.

Palabras Claves

Las citadas en la FICHA "PALABRAS CLAVES" presentada anteriormente.

Ecuaciones de búsqueda empleadas

Se plantearon Ecuaciones de Búsqueda, realizando un ejercicio iterativo de diferentes variantes y combinaciones en base a las “Palabras Claves” prefijadas. Algunas de ellas fueron:

- > ("additive manufacturing" OR "3d printing") AND (military OR army)
- > ("additive manufacturing" OR "3d printing") AND ("military deployment" OR logistic)
- > (("additive manufacturing" OR "3d printing") AND ((military AND (logistic* OR readiness)))
- > (("additive manufacturing" AND "military deployment") OR ("3D printing" AND military) OR (AM AND "Operational deployment"))

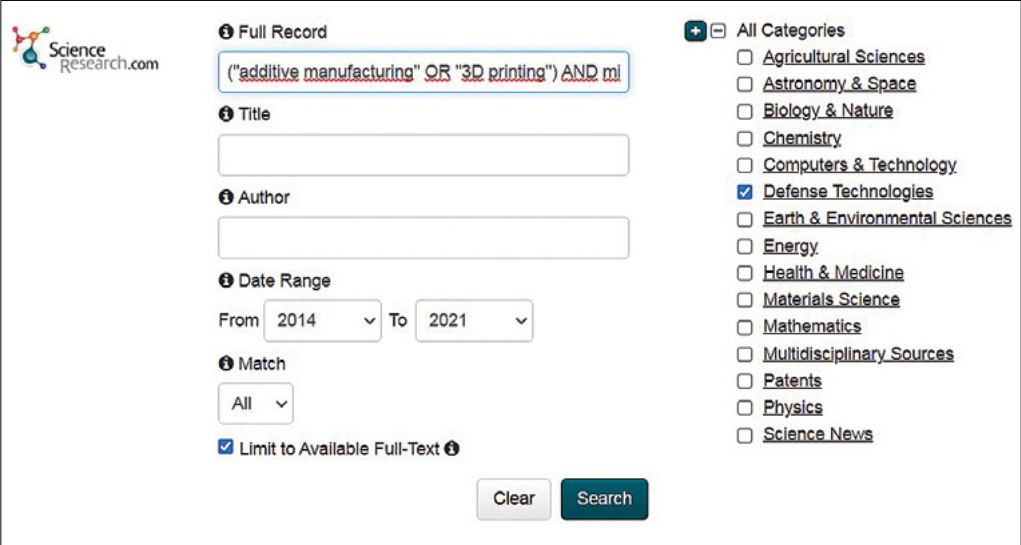
Ejemplo de Resultados de búsqueda.

Herramienta: Science Research

Ecuación: (“additive manufacturing” OR “3D printing”) AND military

Se tomo la opción de “advanced search” y en la categoría “Defense Technologies”

ILUSTRACIÓN 6 - PANTALLA DE SCIENCE RESEARCH CON ECUACIÓN DE BÚSQUEDA (“ADDITIVE MANUFACTURING” OR “3D PRINTING”) AND MILITARY.



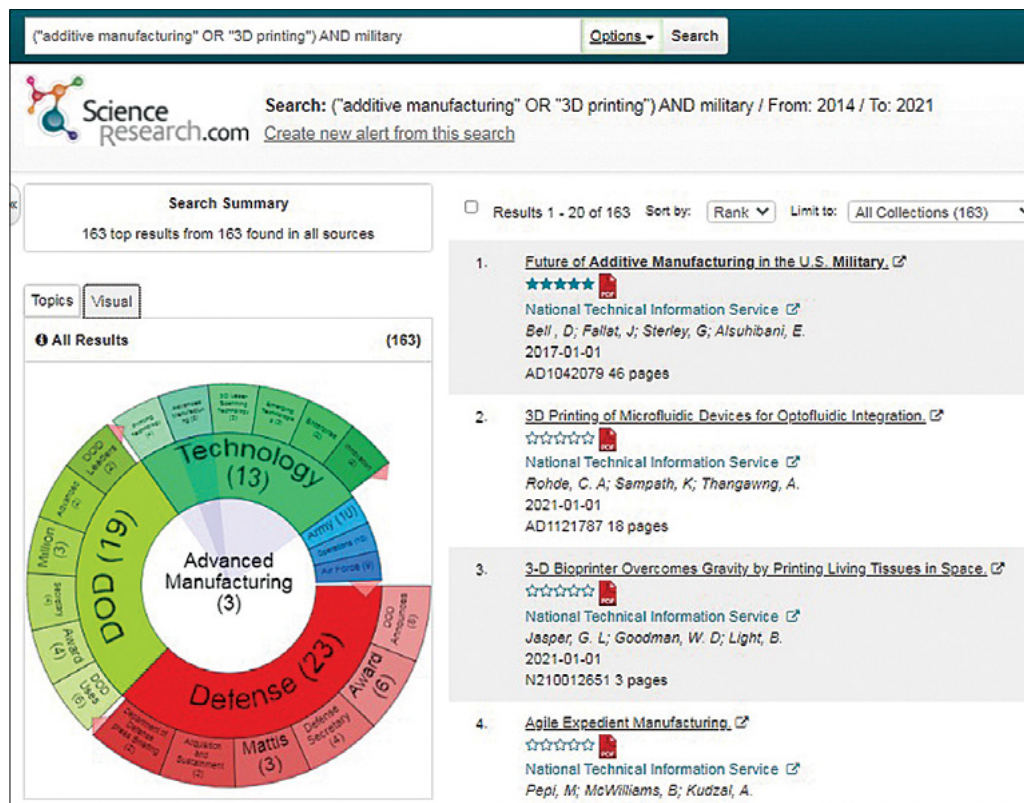
The screenshot displays the Science Research search interface. On the left, the Science Research logo is visible. The main search area contains the following fields and options:

- Full Record:** A text input field containing the query: `("additive manufacturing" OR "3D printing") AND military`.
- Title:** An empty text input field.
- Author:** An empty text input field.
- Date Range:** Two dropdown menus for "From" (set to 2014) and "To" (set to 2021).
- Match:** A dropdown menu set to "All".
- Limit to Available Full-Text:** A checked checkbox.
- Buttons:** "Clear" and "Search" buttons at the bottom right.

On the right side, there is a list of categories under the heading "All Categories":

- ☐ Agricultural Sciences
- ☐ Astronomy & Space
- ☐ Biology & Nature
- ☐ Chemistry
- ☐ Computers & Technology
- ☒ Defense Technologies
- ☐ Earth & Environmental Sciences
- ☐ Energy
- ☐ Health & Medicine
- ☐ Materials Science
- ☐ Mathematics
- ☐ Multidisciplinary Sources
- ☐ Patents
- ☐ Physics
- ☐ Science News

ILUSTRACIÓN 7 - RESULTADOS DE SCIENCE RESEARCH- CON ECUACIÓN ("ADDITIVE MANUFACTURING" OR "3D PRINTING") AND MILITARY



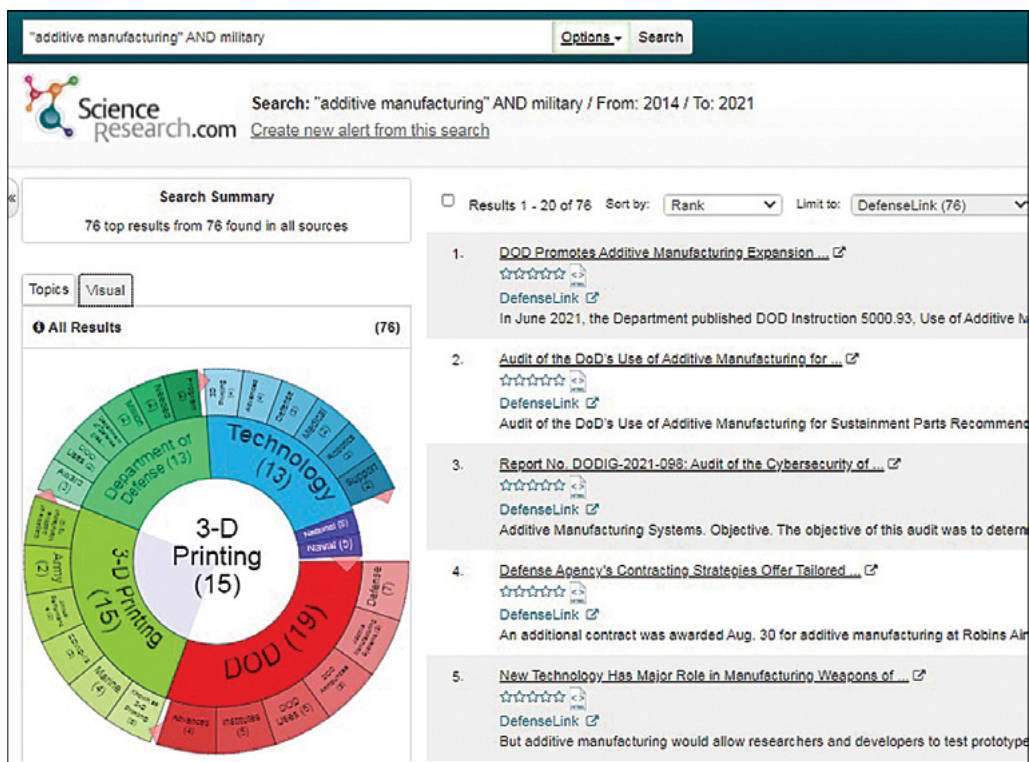
Empleando esta metodología de búsqueda, se obtuvieron diversidad de trabajos. Se analizaron y seleccionaron 75¹ (**setenta y cinco**) **trabajos relacionados** directamente con el tema "Objetivo de búsqueda". Se aclara que los mismos corresponden a Bases de Datos de acceso libre y disponibilidad gratuita, de los documentos para su descarga y lectura. Debemos destacar que ello limita el acceso a determinada información, que podría resultar de utilidad para ampliar los conocimientos específicos sobre el tema.

De esos trabajos se seleccionaron los 20 (veinte) que consideramos más relevantes, por su contenido en relación con el objetivo de búsqueda.

A continuación, se presentan las Fichas Técnicas correspondientes a los citados trabajos.

1 La totalidad de los trabajos restantes, se encuentran disponibles para su consulta.

ILUSTRACIÓN 8 - RESULTADOS CON SCIENCE RESEARCH - ECUACIÓN: "ADDITIVE MANUFACTURING" AND MILITARY



Fichas Técnicas

Título	Implementing 3D Printing in a Deployed Environment
Resumen	Este trabajo expone que, frente a una situación de recortes presupuestarios crecientes y una flota aérea de combate y transporte con muchos años en servicio, la US Air Force está buscando formas innovadoras de reducir los costos y tiempos de adquisición, transporte e inventario, de herramientas, repuestos y componentes de los sistemas que deben abastecerse. Las nuevas tecnologías relacionadas con 3DP /AM, presentan condiciones suficientes y alternativas innovadoras para brindar soluciones que permitan reducir tiempos y costos de obtención y provisión a las unidades operativas. Particularmente hace hincapié en la conveniencia de desarrollar capacidades para implementar elementos de AM/3DP que puedan desplegarse en operaciones.
País / Institución	EUA - US Air Force - Air University.
Autores	Klinton R. Gager.
Año	2017
Link	https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AD1042209.pdf
Encontrado via	Science Research

Título	A Systems Approach to AM in the Marine Corps
Resumen	La Manufactura aditiva (AM) es una tecnología emergente que ha demostrado resultar de gran utilidad para el US Marine Corps. Sin embargo, los esfuerzos que se han hecho tanto en la parte organizacional, como en la implementación de las capacidades, no aprovechan adecuadamente todas las potencialidades que están tecnologías presentan. El trabajo utiliza un enfoque de ingeniería de sistemas, para realizar una propuesta acerca del camino más conveniente a seguir, no solo en relación con las tecnologías, sino además con aspectos relacionados con organización e infraestructura, de forma tal de incrementar la eficiencia en el empleo operacional de AM.
País / Institución	EUA - Naval Postgraduate School
Autores	Ian Carter
Año	2019
Link	https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AD1086971.pdf
Encontrado via	Science Research

Título	3D Printing Technology for Solving Part Obsolescence
Resumen	El propósito de esta investigación, es presentar el problema de la obsolescencia de partes componentes de sistemas militares, que en algunos casos resulta difícil obtener, al haber sido discontinuados por su proveedor original. Aborda el caso particular de las aeronaves, explorando las posibilidades de solución de un tema que perjudica el grado de alistamiento y operatividad de esa Fuerza. Entre esas alternativas de solución, se incluyen métodos alternativos de manufactura que permitan superar esa falencia. Se enfoca más específicamente, en explorar si las tecnologías de 3DP /AM, analizadas en profundidad y de manera integral, son un camino válido aplicable para superar el problema planteado.
País / Institución	EUA - US Air Firce- Air University
Autores	Alqami A.G et al
Año	2020
Link	https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AD1113921.pdf
Encontrado via	Science Research

Título	An Analysis of the Viability of 3D-Printed Construction in the Expeditionary Environment
Resumen	Se considera que la Construcción de Estructuras por los métodos tradicionales, ha alcanzado un límite tecnológico en lo relacionado a los estándares de calidad, costos y tiempo, demandados actualmente en casos de despliegue operacional, fuera del territorio de EUA. Este trabajo hace una revisión sistemática e integral del problema, presentando AM /3DP como una alternativa viable para reemplazar a los sistemas de construcción convencionales, particularmente en teatros de operaciones donde las capacidades de construcción están restringidas por variados factores como equipamiento, materiales y mano de obra.
País / Institución	EUA - US Air Force - Air University
Autores	Jeneé A. Jagoda
Año	2020
Link	https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AD1102213.pdf
Encontrado via	Science Research

Título	Characteristics, Connotation and Military Application of Additive Remanufacturing Technology
Resumen	Este artículo analiza la tendencia que ha impuesto la digitalización en la industria manufacturera, particularmente el impacto que en ella ha tenido la "Remanufactura Aditiva" (ARM). Compara y analiza el estado de aplicación de esta tecnología en la industria Militar China, señalando que la ARM tiene amplias perspectivas de aplicación en C&T aplicadas a la defensa nacional, aportando enormes beneficios a las organizaciones militares, no solo económicos sino en su desenvolvimiento operacional, principalmente el área logística.
País / Institución	CHINA - Instituciones varias
Autores	Fang Yimeng et al
Año	2021
Link	https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1948/1/012118/pdf
Encontrado via	Carrot2

Título	2017. Additive Manufacturing. Report to Congress
Resumen	En este informe del Departamento de Defensa (DoD) de EUA al Congreso, se analizan los programas a largo plazo necesarios para que las FFAA, puedan implementar las capacidades de AM / 3DP, en los diferentes niveles de la cadena logística de adquisición, abastecimiento y mantenimiento. Si bien cada una de las Fuerzas hace años viene implementando sus programas particulares de AM / 3DP, se busca establecer directivas claras para reunir, ordenar e integrar esfuerzos, en las áreas de diseño, Know-How, equipamiento, materiales, procesos y homologación de productos fabricados, de forma tal de integrarlos con estándares de calidad en la cadena logística de las fuerzas.
País / Institución	EUA - Department of Defense (DoD)
Autores	Office of the Under Secretary of Defense for Acquisition, Tech and Logistics
Año	2017
Link	https://defenseinnovationmarketplace.dtic.mil/wp-content/uploads/2019/05/fy-2017-additive-manufacturing-report-to-congress.pdf
Encontrado via	Biznar

Título	Audit of the DoD's Use of Additive Manufacturing for Sustainment Parts
Resumen	El objetivo de esta auditoría fue determinar en qué medida el Departamento de Defensa de EUA ha utilizado las capacidades de manufactura aditiva (AM), para obtener piezas necesarias para el mantenimiento de los sistemas. Se analizan los resultados obtenidos, evaluando específicamente, las oportunidades y los casos en que AM fue empleado, para el sostenimiento de equipamiento y sistemas de armas, incluyendo las acciones de coordinación entre distintos componentes y organizaciones involucrados. La oficina del Secretario de Defensa, ha implementado políticas y establecido múltiples grupos de trabajo, destinados a coordinar los esfuerzos entre todas las Fuerzas, especialmente sus áreas logísticas, para optimizar de esa manera la utilización de los recursos disponibles.
País / Institución	EUA - Departamento de Defensa. (DoD)
Autores	Inspector General DoD
Año	2019
Link	https://media.defense.gov/2019/Oct/21/2002197659/-1/-1/1/DODIG-2020-003.pdf
Encontrado via	Biznar

Título	Effect of 3D Printing on Supply Chain Management
Resumen	Las tecnologías de AM /3DP han revolucionado el campo de la fabricación, al punto de provocar un efecto disruptivo, con impacto global en la logística de las industrias y en las cadenas de abastecimiento. Una de las principales virtudes de estas tecnologías es poder fabricar los productos necesarios, cada vez más cerca del usuario final. Si bien el presente trabajo no se refiere específicamente al empleo de estas tecnologías en el ámbito militar, los conceptos vertidos en el mismo son aplicables al ámbito militar y civil, debido a que las soluciones que AM otorga, contribuyen siempre al objetivo, de una mayor eficiencia en la gestión de la cadena de abastecimientos.
País / Institución	INDIA - Center for Applied research Chennai Institute of Technology
Autores	M.Varsha Shree et al
Año	2020
Link	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785319333036/
Encontrado via	Science Direct

Título	Additive manufacturing in military and humanitarian missions: Advantages and challenges in the Spare Parts Supply Chain
Resumen	Este trabajo se enfoca en el impacto que la Manufactura Aditiva tiene, en la capacidad de respuesta, eficiencia y sustentabilidad, de la cadena de abastecimiento de piezas de repuesto para las FFAA, durante operaciones militares o de ayuda humanitaria. Las piezas de repuestos normalmente son de alta tecnología, muy específicas y tardan tiempo en llegar. La investigación que incluye revisión de bibliografía, estudio de casos y entrevistas dentro del Ejército Holandés, demuestra que AM, reduce tiempo, limita desperdicios, ahorra el uso de energía y disminuye el tamaño de los inventarios de piezas inmovilizadas.
País / Institución	HOLANDA - Royal Netherlands Army
Autores	Jelmar denBoer et al
Año	2020
Link	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620303486/
Encontrado via	Science Direct

Título	Defining Next-Generation AM Applications for the Ministry of Defence
Resumen	El objetivo del presente trabajo es tratar de identificar la próxima generación de Manufactura Aditiva que pueda resultar de interés para la Royal Navy en la década 2025 - 35. A través de una metodología multidisciplinaria, desarrolla un estudio de investigación exploratorio, en la que además participan diferentes expertos en la Cadena de Valor de la Defensa del RUGB (UK). Los resultados muestran que pese a los desafíos que las implementaciones de estas tecnologías conllevan, tales como los procesos, la calidad de los productos y las capacidades actuales en el área de AM, existe una gran confianza en el potencial disruptivo de estas tecnologías, particularmente en apoyo de los cada vez más complejos y sofisticados sistemas de ingeniería en el futuro próximo.
País / Institución	RUGB (UK) - Cranfield University.
Autores	Alessandro Busacchi et al
Año	2016
Link	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827116309180#/
Encontrado via	Science Direct

Título	An exploratory consumer study of 3D printed food perception in a real-life military setting
Resumen	La Impresión 3D tiene el potencial de producir comida "On demand", de acuerdo a las necesidades de los individuos y sus preferencias. "Imprimir" comida resulta complejo debido a que los ingredientes son materiales biológicos con una gran variabilidad en su composición y propiedades físicas y químicas. Este estudio explora el grado de aceptación de los alimentos fabricados con 3DP, por parte de las tropas en situaciones reales de la vida militar. Durante 4 semanas un grupo de soldados consumieron y evaluaron diferentes tipos de alimentos, en distintas situaciones. Los resultados permitieron obtener interesantes conclusiones, respecto de las potencialidades del empleo de estas tecnologías en la cadena de abastecimientos de alimentos de las fuerzas militares en operaciones.
País / Institución	HOLANDA - Wageningen Food & Biobased Research
Autores	Sophie Caulier et al
Año	2020
Link	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950329320302706#!
Encontrado via	Science Direct

Título	Study of Rifle Maintenance and Parts Supply via 3D Printing Technology During Wartime
Resumen	Las tecnologías de AM / 3DP han demostrado resultar muy efectivas en el diseño de prototipos, reduciendo los costos en muchas áreas, estando cada vez más presentes en la manufactura de partes componentes y en la construcción. Este trabajo analiza la aplicación de AM / 3DP en el ámbito de la Defensa Nacional de Corea del Sur. Particularmente está enfocado en la viabilidad y mejor forma de emplear AM / 3DP, en el mantenimiento y abastecimiento de piezas componentes de fusiles, además de otro tipo de armas, de forma tal de optimizar el funcionamiento de la cadena de abastecimiento y mantenimiento de armas livianas, en el menor nivel operativo.
País / Institución	COREA DEL SUR - Seoul National University
Autores	Mimsu Kim et al
Año	2019
Link	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978920303619
Encontrado via	Science Direct

Título	Additive Manufacturing and Supply Chains: A Systematic Review
Resumen	En muchas cadenas de abastecimiento, la aplicación de Manufactura Aditiva (AM) está todavía lejos de ser algo generalizada. Sin embargo, muchas industrias como la Aeroespacial y las de consumo de bienes, están investigando las potencialidades para aplicar AM en la cadena de valor. La comunidad de investigadores a nivel global, apoya enfáticamente la adopción de AM en la cadena de abastecimiento, en sus diferentes formas. Este trabajo contribuye a confirmar esa tendencia, con una revisión de los trabajos disponibles sobre el tema en diferentes sectores interesados en el empleo de las tecnologías. Los aspectos desarrollados en el mismo, pueden resultar de interés por tratarse de tecnologías de uso dual.
País / Institución	AUSTRIA -Dept Operations, Energy, and Environmental Management, Universitaet Klagenfurt,
Autores	Maximilian Kuvovjanek et al
Año	2020
Link	https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09537287.2020.1857874
Encontrado via	Science Research

Título	Nuevas Tecnologías para la Sanidad Militar
Resumen	El tratamiento de las bajas de combate en la zona de operaciones presenta un conjunto de desafíos, entre los que se encuentra el reto logístico de proporcionar a los cirujanos militares materiales quirúrgicos estériles. La impresión 3D puede ofrecer una solución para superar esta limitación de la logística, mediante la utilización de resinas termoplásticas resistentes, duraderas y biocompatibles, que pueden ser moldeadas en cualquier forma, mediante la fabricación por adición (AM), para producir instrumentos quirúrgicos estériles y bajo demanda, en escalones sanitarios desplegados fuera del territorio nacional.
País / Institución	ESPAÑA - Hospital General de la Defensa
Autores	Crego Vita D.M. et al
Año	2017
Link	https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1887-85712017000100005&lang=es/
Encontrado via	Scielo

Título	Additive Manufacturing of Structural Materials
Resumen	La Manufactura Aditiva (AM) ha venido avanzando durante 30 años y tuvo un crecimiento exponencial en los últimos 5 años. La más reciente Impresión en 4 dimensiones, también llamada 4D Printing, ha dado lugar a nuevas perspectivas en todo lo relacionado con componentes estructurales, tema que constituye el foco principal del presente trabajo. El rápido desarrollo de nuevos materiales y procesos de AM, ofrecen un extraordinario potencial en aplicaciones estructurales, en campos como el aeroespacial, biomedicina, dispositivos flexibles y vestibles, sensores, actuadores, robótica, transporte terrestre y otros. Por lo expresado, consideramos el tema tratado de carácter dual y de especial interés por su potencial aplicación en el ámbito de la Defensa.
País / Institución	CHINA - Lab of Nanomaterials & Namechanics. City University of Hong Kong
Autores	Guo Liu et al
Año	2020
Link	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927796X20300541
Encontrado via	Science Direct

Título	Analysis of Additive Manufacturing for Sustainment of Naval Aviation
Resumen	Este trabajo explora los factores de orden técnico y logístico, necesarios para identificar las posibles aplicaciones a la Manufactura Aditiva (AM) para el sostenimiento del equipamiento naval en servicio en la US Navy. Se introduce una metodología de selección, dentro del inventario de partes componentes de los sistemas, para identificar las piezas susceptibles de ser fabricadas con AM. Las mismas son clasificadas según su viabilidad técnica y los objetivos programáticos de la Fuerza. Finalmente, procesados los datos y simulando diferentes escenarios, ello permite a ingenieros y responsables del área logística, disponer de un marco de información estructurada para una mejor adopción de decisiones, respecto de la incorporación de AM a la cadena logística.
País / Institución	EUA - Naval Postgraduate School
Autores	David M. Coyle
Año	2017
Link	https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AD1046824.pdf
Encontrado via	Science Research

Título	Additive Manufacturing in Expeditionary Operations: Current Needs, Technical Challenges and opportunities
Resumen	La Manufactura Aditiva (AM) tiene la potencialidad de revolucionar las operaciones militares fuera del territorio nacional. Tienen además la potencialidad de afectar cada una de las áreas de las operaciones, tales como logística, adiestramiento, simulación y el combate. Sin embargo, AM está creciendo tan aceleradamente que los sistemas de adquisición militares y aspectos relacionados con la organización y los RRHH, evidencian que aún no se está en capacidad de incorporarlas en gran escala. El autor de este trabajo centra su estudio de carácter empírico, en una serie de encuestas a personal de todas las jerarquías de la US Navy y el US Marine Corps, para determinar el grado de conocimiento de estas tecnologías, y la opinión en los diferentes rangos, acerca de la utilidad real y posibilidad, de la incorporación de AM en las diferentes áreas de interés. El mismo autor aclara que se trata de una primera aproximación al tema, que obviamente requiere de futuros trabajos que permitan avanzar hacia la incorporación de AM en ambas fuerzas.
País / Institución	EUA - Naval Postgraduate School
Autores	Mathew D. Friedel
Año	2016
Link	https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AD1026571.pdf
Encontrado via	Science Research

Título	3D Printer Scheduling for Shortest Time Production of Weapon Parts
Resumen	En el presente trabajo, los autores proponen un modelo matemático para optimizar la producción de partes componentes de armas utilizando Manufactura Aditiva (AM). Para ello plantean una situación hipotética en la que, al finalizar un combate, algunas armas han quedado con diferentes tipos de daños, que requieren su reparación, para recuperar su funcionalidad completa. Se clasifican diferentes tipos de daños como Total - Intermedio - Menor y se evalúa la manera de implementar, en el escalón logístico más cercano al frente de combate, de grupos de impresoras destinadas a fabricar piezas, que permitan rápidamente solucionar las "fallas menores", en el menor tiempo posible para volver las armas a su completa condición operativa. Ello permitiría reducir la carga logística de repuestos menores, priorizando otros de mayor importancia.
País / Institución	COREA DEL SUR - Korean Military Academy
Autores	Soo Chan Kim et al
Año	2019
Link	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978920305230#!
Encontrado via	Science Direct

Título	Additive Manufacturing of Sensors for Military Monitoring Applications
Resumen	La tecnología de Impresión 3D (3DP / AM aplicada a sensores, ofrece múltiples características de alto rendimiento en aplicaciones de alta performance, que permiten entre otros aspectos, identificar a los combatientes en el campo de batalla, ofreciendo protección contra amenazas como armas QBN, monitoreando en tiempo real diferentes situaciones, entre otras aplicaciones de utilidad para los soldados y sus elementos de conducción. Existe la necesidad e interés de explorar más aspectos de la AM tales como mayor resolución y la eficiencia de la impresión. Por ello, el presente trabajo expone una revisión y comparación de diversas técnicas de AM para la fabricación de sensores.
País / Institución	EUA - US Army Picatinny Arsenal
Autores	David Bird et al
Año	2021
Link	https://www.mdpi.com/2073-4360/13/9/1455/htm
Encontrado via	Biznar.

Título	Modelling Applications of Additive Manufacturing in Defence Support
Resumen	El objetivo del presente trabajo es presentar ante la NATO, un programa de investigación aplicada titulado "Additive Manufacturing - Decision Support System" (AM - DSS). Se trata de una plataforma de software disponible "en la nube", que permite llevar adelante simulaciones de performance y análisis de costo-beneficio, relacionados con la implementación y el despliegue de diferentes tecnologías de AM /3DP, en diversas áreas de necesidad de la logística militar.
País / Institución	NATO
Autores	D. Knepper et al
Año	2017
Link	https://scholar.google.com.ar/scholar?q=Modelling+Applications+of+Additive+Manufacturing+in+Defence+Support.&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholar
Encontrado via	Google Académico

4. Relevamiento de noticias, novedades y artículos de opinión

Objetivo

Identificar noticias relevantes, novedades y artículos de opinión relacionadas con el Tema Objetivo: APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE MANUFACTURA ADITIVA / IMPRESIÓN (AM / 3DP) EN EL AREA LOGISTICA DE LA DEFENSA.

Palabras Clave

3D printing – Impresión 3D – 3DP – Additive Manufacturing – Fabricación Aditiva – Militar – Military – Army – Ejército – Logística – Logistic – Despliegue Operacional – Operational deployment – Alistamiento – Readiness.

Herramientas empleadas

Base de datos del CEPTM – Metabuscadores: Biznar – Carrot2 – Google Alerts.

Ecuaciones de búsqueda utilizadas

Se plantearon las Ecuaciones de Búsqueda, realizando un ejercicio iterativo de diferentes variantes y combinaciones en base a las "Palabras Claves" prefijadas. Algunas de ellas fueron:

- > ("additive manufacturing" OR 3d printing") and (military OR army)
- > ("3d printing" OR "additive manufacturing") AND (military OR "logistic")
- > ("additive manufacturing" OR "3d printing") AND ("military deployment" OR logistic)
- > (("additive manufacturing" OR "3d printing") AND ((military AND (logistic* OR readiness)))

Desarrollo del trabajo

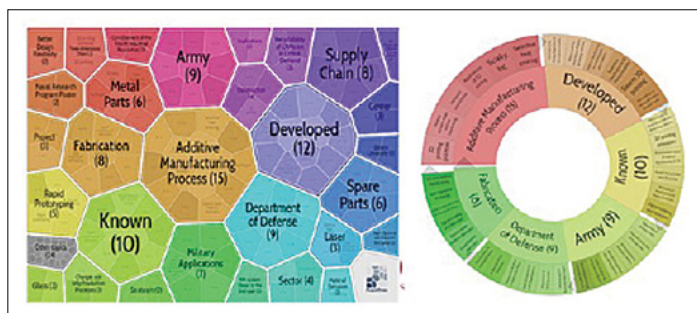
Sólo a modo de ejemplo de la metodología empleada, se presentan algunos gráficos:

Herramienta: Metabuscador Carrot2

Gráficos: Diagrama "treemap" y "pie- chart".

Ecuación utilizada para obtener los gráficos: ("3d printing" OR "additive manufacturing") AND (military OR "logistic")

ILUSTRACIÓN 10 - DIAGRAMA "TREEMAP" Y "PIE- CHART"



Fichas Técnicas (Noticias, novedades y artículos de opinión)

De las noticias obtenidas y analizadas, se seleccionaron las 20² (veinte) que consideramos más relevantes por su contenido, en relación con el objetivo de búsqueda.

Título	El US Army ensaya capacidades de Manufactura Aditiva en Corea del Sur
Resumen	El US ARMY ha desplegado el sistema denominado "RAPID FABRICATION VIA ADDITIVE MANUFACTURING ON THE BATTLEFIELD - RFBA", para la realización de ensayos operacionales durante 1 año. Una Unidad desplegada en Corea del Sur, será la que operará esta capacidad, pudiendo fabricar pequeñas piezas de armamento, de vehículos y otros equipos, que normalmente quedan fuera de servicio por causas menores.
País / Institución	EUA - US Army
Autores	Marcus Fitchl
Fecha	Oct18
Link	https://www.stripes.com/theaters/asia_pacific/army-field-tests-3d-printing-capabilities-in-south-korea-1.554269?utm_source=Salithru&utm_medium=email&utm_campaign=ebb%2010/30/18&utm_term=Editorial%20-%20Early%20Bird%20Brief/

Título	Manufactura Aditiva: Una tecnología con futuro para potenciar las capacidades de Apoyo Logístico de las Fuerzas Militares
Resumen	La Manufactura Aditiva, normalmente conocida como 3D Printing, ha sido identificada como una tecnología que podría reducir sustancialmente la "Carga Logística" de las FFAA desplegadas en misiones operativas, especialmente cuando se encuentran alejadas de sus guarrnicones de origen. Aunque en la industria civil, la AM ya se encuentra suficientemente afianzada, en el ámbito de las FFAA se encuentra aún en sus comienzos, pero con un gran potencial de crecimiento, que permitiría mejorar las capacidades en el área logística.
País / Institución	EUROPEAN DEFENSE AGENCY (EDA)
Autores	EDA
Fecha	Oct 21
Link	https://eda.europa.eu/docs/default-source/brochures/2021-10-08-factsheet-am-final518bb3fa4d264cfa776ff00087ef0f.pdf

2 La totalidad de las noticias restantes, se encuentran disponibles para su consulta.

Título	La empresa "Russian Helicopters" comenzaría a fabricar piezas de sus aeronaves en 3DP /AM en 2020
Resumen	En 2019 la empresa Russian Helicopters Holding Co, parte del conglomerado de empresa de defensa ROSTEC, informó que proyectaba hacer reingeniería de partes componentes de 30 modelos de helicópteros, para determinar la posibilidad de fabricar piezas, mediante las tecnologías de Manufactura Aditiva /3D Printing, integrándolas con sistemas de producción en serie tradicionales ya existentes.
País / Institución	RUSIA
Autores	Davide Shier
Fecha	Jul19
Link	https://www.3dprintingmedia.network/russian-helicopters-to-start-additive-manufacturing-of-parts-in-2020/

Título	Impresión 3D (AM) para ayudar en la recuperación de heridos de combate
Resumen	La Institución de Sanidad del Departamento de Defensa de EUA, el "Walter Reed National Military Medical Center" lleva adelante el desarrollo de prótesis humanas, a través del 3DMAC (3D Medical Application Center). Un pequeño pero muy eficiente equipo de médicos, Ingenieros y técnicos, emplean tecnología de diseño digital avanzada y equipamiento de Manufactura Aditiva (3DP), para diseñar y producen prótesis personalizadas, que se fabrican en muy poco tiempo y a bajo costo. Un extraordinario aporte para contribuir a una mejor recuperación de Veteranos de guerra heridos en combate y con lesiones severas.
País / Institución	EUA - Departamento de Defensa (DoD)
Autores	Military Health System
Fecha	Nov17
Link	https://www.defense.gov/News/News-Stories/Article/Article/1364986/3-d-printing-technology-helps-wounded-warriors/source/GovDelivery/igphoto/2001868737/

Título	Los US Marines prueban la impresión 3D en situaciones de Despliegue Operacional
Resumen	El futuro de la logística del Cuerpo de Marines de EUA tuvo su prueba cuando tropas desplegadas en el terreno, que realizaban un ejercicio operacional, lograron fabricar con impresoras 3D, una manija de puerta de un HUMVEE, en medio del desierto de Arizona. La acción estuvo a cargo de una Unidad de apoyo logístico que fabricó y reemplazó exitosamente esa simple parte de un vehículo, bajo severas y austeras condiciones de despliegue operacional. Esta capacidad mostró su utilidad para el despliegue operacional del Cuerpo de Marines.
País / Institución	EUA - US Marines
Autores	Mathew Schehl
Fecha	Dic16
Link	https://www.defensenews.com/digital-show-dailies/itsec/2016/11/21/marines-rake-revolutionary-3-d-printing-to-the-field/?utm_source=Mailthru&utm_medium=email&utm_campaign=Training%20and%20Simulation%20November%2023&utm_term=Editorial%20-%20Training%20and%20Simulation%20Technologies%20Report

Título	Impresión 3D para fabricación de repuestos en las unidades logísticas
Resumen	El cuerpo de US MARINES busca en la Manufactura Aditiva (3D-Printing), el método que haga posible la fabricación de componentes y repuestos para los sistemas de armas en el campo de batalla. Con esta idea han desarrollado un prototipo de Laboratorio de Impresión 3D transportable, que es operado por un Batallón de Mantenimiento de ese cuerpo. Este proyecto tiene por objetivo reducir sensiblemente la carga logística de abastecimiento de repuestos, en el nivel táctico.
País / Institución	EUA - US Marines
Autores	Jen Judson
Fecha	Set17
Link	https://www.defensenews.com/smr/equipping-the-warfighter/2017/09/11/marine-corps-looks-to-3-d-printing-to-make-spare-parts-downrange/

Título	Manufactura Aditiva en los buques de la Armada de EUA
Resumen	Una pequeña pieza de drenaje se instaló en el portaviones USS Harry S. Truman (CVN-75). Si bien es una simple pieza que cabe en la palma de una mano, su importancia para la Armada es enorme. La idea es utilizar la impresión 3D para fabricar piezas metálicas. «Las impresoras se están utilizando en este momento para resolver problemas, mientras que son problemas pequeños» y se necesita aún más desarrollo de la tecnología, cuando se trata de reemplazo de piezas para sistemas críticos.
País / Institución	EUA - US Navy
Autores	Ben Werner et al
Fecha	Oct 18
Link	https://news.usni.org/2018/10/12/palm-sized-part-represents-leap-forward-in-shipbuilding

Título	La impresión 3D en prótesis para la Sanidad Militar
Resumen	Las víctimas de la guerra que han sufrido amputaciones en Jordania están recibiendo prótesis impresas en 3D gracias a un hospital de cirugía reconstructiva de Médicos Sin Fronteras. La impresión 3D ha demostrado ser extremadamente útil para desarrollar prótesis, los resultados no solo se adaptan a cada paciente y son ligeros, sino que también son rápidos y económicos de hacer.
País / Institución	JORDANIA - Médicos sin Fronteras
Autores	Hanna Watkin
Fecha	Dic18
Link	https://all3dp.com/4/doctors-without-borders-hospital-jordan-3d-print-prostheses-war-victims/

Título	La tecnología de impresión 3D para producir telas "inteligentes"
Resumen	La nueva generación de telas inteligentes e impermeables, podrá ser fabricada mediante Impresión 3D y en pocos minutos. Este es el futuro imaginado por desarrolladores, para disponer de una nueva tecnología del tipo "e-textil". Investigadores de la universidad de Melbourne (Australia), han desarrollado un método eficiente y de costos adecuados, que permite escalar el proceso de producción, con la finalidad de obtener telas capaces de ser embebidas con dispositivos de almacenamiento de energía.
País / Institución	Australia - Melbourne University
Autores	RMIT University
Fecha	Ago19
Link	https://www.sciencedaily.com/releases/2019/08/190827101603.htm

Título	El Comando de Futuros de EUA redactará la estrategia para aumentar las capacidades del ejército para la Fabricación Aditiva
Resumen	El secretario del Ejército Ryan McCarthy emitió órdenes sobre cómo el Futures Command debería adoptar las tecnologías de fabricación avanzada (3DP / AM) y alentar a los contratistas a adoptarlo también. Eso incluye escribir los requisitos oficiales para futuras armas y los criterios de selección de fuente para las competiciones por contrato para alentar el uso de la impresión 3D y las técnicas relacionadas.
País / Institución	EUA - Departamento de Defensa (DoD)
Autores	Sidney Freiderberg Jr
Fecha	Oct19
Link	https://breakingdefense.com/2019/10/army-secretary-ramps-up-3d-printing/

Título	Fabricación de componentes de Aeronaves con Impresión 3D (3DP)
Resumen	La posibilidad de empleo de "Impresión 3D" (3DP) como soporte al área logística de las fuerzas militares muestra interesantes avances. El US Army lleva adelante el despiece completo de un helicóptero UH-60, para un escaneo 3D de cada una de sus más de 20.000 piezas, a los efectos de determinar cuáles de ellas resultan factibles de producir mediante "Impresión 3D". Un importante desafío tecnológico, ya que la migración de los sistemas de fabricación tradicionales hacia el 3DP, requiere que las nuevas piezas garanticen los requerimientos de seguridad, confiabilidad y costos de los componentes originales.
País / Institución	EUA - US Army
Autores	Sideny Freiderberg Jr
Fecha	Oct20
Link	https://breakingdefense.com/2020/10/army-dissects-black-hawk-helo-scans-parts-for-3d-printing/?utm_campaign=Breaking%20News&utm_medium=email&_hsmt=97700176&_hsenc=p2ANqtz-BgAeas0NswEPGxpo8WFIUD48Dcm_E2Drbyl0Jlfsdh4CUZ5jEnqk4a0tsTnNdsdZHHacAPfLkYvUwRg_HVVQvXruFvQ&utm_content=97700176&utm_source=hs_email

Título	Manufactura aditiva en la Artillería del US Army
Resumen	En 2019, el US Army estableció un centro para desarrollar procesos y estándares para implementar capacidades de fabricación aditiva en toda la cadena de suministro de esa fuerza. También se invirtió en el desarrollo de los materiales necesarios para respaldar los requisitos futuros y superar las limitaciones actuales.
País / Institución	EUA - US Army
Autores	Joshua Classon
Fecha	Feb21
Link	https://www.army.mil/article/242673/is_it_time_for_an_additive_manufacturing_specialist_in_the_ordnance_corps

Título	Proceso de desarrollo del Ejército de EUA para utilizar la Impresión 3D (3DP) en depósitos y en el terreno
Resumen	El Ejército de los EUA tiene un concepto general sobre cómo quiere usar la impresión 3D y la fabricación aditiva. Ahora debe desarrollar un proceso para usar las capacidades en todo el servicio desde arsenales, depósitos y plantas, y luego hasta el nivel táctico. El Ejército ha incursionado en la impresión 3D, en el terreno con remolques móviles y ha utilizado impresoras 3D para producir, piezas de repuesto críticas, cuyo material de base son polímeros
País / Institución	EUA - US Army
Autores	Jen Judson
Fecha	Feb20
Link	https://www.defensenews.com/land/2020/02/04/us-army-developing-process-for-using-3d-printing-at-depots-and-in-the-field/

Título	Repositorio digital para impresión 3D
Resumen	El Cuerpo de US Marines prevé establecer un Repositorio Digital seguro y confiable, de forma tal que cualquier Unidad desplegada en operaciones, pueda recurrir a esa información básica que permita producir componentes mediante "3D printing". Disponer de una verdadera "Infraestructura digital" confiable, normalizada y con severos estándares de seguridad, es vital para el funcionamiento eficiente de las más de 300 Impresoras 3D distribuidas en Unidades de apoyo logístico de esa Fuerza.
País / Institución	EUA - US Marines
Autores	Gidget Fuentes
Fecha	Jul21
Link	https://news.usni.org/2021/07/05/marine-corps-wants-a-digital-blueprint-locker-for-access-to-3d-printing-plans-anywhere

Título	Impresión 3D para cohetes utilizados en apertura de brechas en campos minados
Resumen	El proceso de impresión 3D permite a los US Marines crear un objeto físico a partir de un diseño digital. Básicamente, se crea un producto impreso en 3D que es incorporado a un sistema altamente explosivo». Esa Fuerza los está empleando fabricar componentes de cohetes utilizados para la apertura de brechas en campos minados y obstáculos, acompañando a las tropas en su avance.
País / Institución	EUA - US Marines
Autores	Matt Gonzales
Fecha	Ago21
Link	https://www.marines.mil/News/News-Display/Article/2757179/marines-3d-print-a-rocket-headcap-for-mine-clearing-missions/

Título	Construcción de Estructuras edilicias mediante 3DP, para el ocultamiento de vehículos militares en el terreno
Resumen	La empresa estadounidense ICON se especializa en equipamiento de Manufactura Aditiva para componentes estructurales de grandes dimensiones. Han estado trabajando por más de un año con una organización de US Army denominada DIU (Defense Innovation Unit), con la finalidad de capacitar personal y demostrar los beneficios de la Impresión 3D "en gran escala", para su empleo militar. Las estructuras impresas en 3D, resultan especialmente útiles, para el ocultamiento de vehículos u otras plataformas que requieren estar en situación de apresto, pero con un adecuado nivel de ocultamiento y protección. También pueden resultar de gran utilidad para la asistencia en catástrofes naturales.
País / Institución	EUA - Departamento de Defensa (DoD)
Autores	Bridget O'Neill
Fecha	Ago20
Link	https://3dprint.com/271443/icon-dod-3d-printed-structures-hiding-military-vehicles/

Título	Impresión 3D para aplicaciones militares
Resumen	El US Army hace años que lleva adelante diferentes proyectos relacionados con la incorporación de AM a sus unidades militares. En este caso, se ha desarrollado un equipo que permite producir piezas en metal y de un tamaño mayor a los obtenidos anteriormente (1m x 0.6 x 0.6) lo que amplía la gama de capacidades de estas tecnologías, en apoyo de la logística en operaciones militares.
País / Institución	EUA - US Army
Autores	Andrew Marshall
Fecha	Oct20
Link	https://bootcampmilitaryfitnessinstitute.com/2020/10/05/3d-printing-for-military-applications/

Título	Fabricación de lanzagranadas con impresión 3D
Resumen	Los científicos e ingenieros de Picatinny Arsenal (EUA) han fabricado y disparado con éxito un lanzagranadas (LGR). Se trata de un paso significativo en el camino hacia la reducción del tiempo que los ingenieros necesitan para investigar, desarrollar y fabricar municiones y armas. En la fabricación aditiva un ingeniero toma un modelo de diseño asistido por computadora y lo envía a una impresora con ciertas especificaciones. La impresora imprime el objeto en capas sucesivas. El lanzagranadas impreso fue el modelo M203 y la granada fue la M781 de 40mm.
País / Institución	EUA
Autores	Picatinny Arsenal
Fecha	Jun17
Link	https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/?p=2004

Título	Proyecto de Australia para el uso de tecnología 3DP/AM en fabricación de materiales energéticos
Resumen	Australia avanza en la fabricación aditiva o la impresión tridimensional, para fabricar materiales energéticos, tales como explosivos, propulsores y pirotecnia. Esto podría transformar la industria específica actual del área de explosivos y propulsores, ofreciendo importantes beneficios logísticos y de costos para su fabricación.
País / Institución	Australia.
Autores	Departamento de Defensa
Fecha	Mar18
Link	https://www.dst.defence.gov.au/news/2018/03/02/research-partnership-advance-3-d-printing-energetic-materials

Título	Los Militares buscan nuevas maneras de emplear manufactura Aditiva (3DP)
Resumen	En Abr21, el US Army firmó un contrato para su Proyecto "Jointless Hull", que tiene como ambicioso objetivo, el desarrollo de una Impresora 3D de metales, con dimensiones y capacidades que le permitan fabricar en una sola pieza, todo el conjunto carrocería exterior y chasis de un vehículo militar,
País / Institución	EUA - US Army
Autores	Meredith Rooten
Fecha	Ago21
Link	https://www.nationaldefensemagazine.org/articles/2021/6/11/military-looks-for-novel-ways-to-employ-3d-printing

Título	Transferencia e inserción de tecnologías de fabricación aditiva en Defensa (Empleo en Antártida)
Resumen	Este artículo describe la planificación de la transferencia e inserción de tecnologías de fabricación aditiva en la Base Antártica Española Gabriel de Castilla del Ejército de Tierra (BAE GdC), encargada de proporcionar apoyos logísticos a la investigación científica, a la vez que realiza sus propios proyectos de investigación y experimentación de interés para el Ejército en la Campaña Antártica. Con la inserción de tecnologías de fabricación aditiva en misiones internacionales, se puede mejorar sustancialmente el mantenimiento de instalaciones, equipos y así como reducir las necesidades de transporte de materiales.
País / Institución	España - Centro Universitario de la Defensa
Autores	Vicente Oliva Silvia et al
Fecha	Nov 16
Link	https://www.researchgate.net/profile/Silvia-Vicente/publication/310597698_Transferencia_e_insercion_de_tecnologias_de_fabricacion_aditiva_en_Defensa/links/5832b5db08aef19cb819b7b2/Transferencia-e-insercion-de-tecnologias-de-fabricacion-aditiva-en-Defensa.pdf

5. Benchmarking

Escenario del mercado de impresión 3D militar

“La creciente necesidad de tecnologías de impresión 3D avanzadas y el desarrollo de impresoras portátiles ofrecerán nuevas oportunidades de crecimiento a los actores del mercado. Los factores responsables del crecimiento del mercado son el aumento de las inversiones de las entidades de defensa, la reducción del costo de fabricación de las piezas y la alta demanda de piezas y componentes ligeros en la industria de la defensa”³.

La aparición de la impresión 3D en la etapa de desarrollo de productos para las empresas de defensa ha impulsado el mercado de la impresión 3D militar.

En particular el gobierno de los Estados Unidos ha tomado iniciativas para desarrollar capacidades de ingeniería aeroespacial militar. Por ejemplo, General Electric había invertido en su Centro de

³ <https://www.marketresearchfuture.com/reports/military-3d-printing-market-6276>

Fabricación y Tecnología (GEMTEC) para ampliar las capacidades de fabricación aditiva, incluida la capacidad de fabricar turbinas.

El mercado mundial de la impresión 3D militar se ha segmentado según la oferta, la aplicación, la plataforma, el proceso, la tecnología y la región, la tecnología de impresión 3D desarrolla piezas complejas con un desperdicio mínimo.

Un segmento importante y en desarrollo, es el de impresión 3D para componentes livianos y duraderos de aviones y drones.

Algunos de los materiales impresos en 3D más resistentes y duraderos son el acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), poliuretano termoplástico (TPU), tereftalato de polietileno modificado con glicol (PET-G), poliamida (PA), poliamida de alta temperatura reforzada con fibra de carbono (PAHT CF15), polipropileno (PP), polipropileno 30% fibra de vidrio (PP GF30). Los mejores materiales para la impresión 3D de metal son el acero inoxidable, titanio e Inconel 625.

“Según el análisis de Visiongain⁴, el mercado mundial de impresión militar 3D y 4D se valoró en 1.841,0 millones de dólares en 2021 y se prevé que alcance un valor de mercado de 11.735,5 millones de dólares en 2031. Se espera que el mercado mundial crezca a una tasa compuesta anual del 20,35% durante el período de pronóstico 2021-2031”.

Jugadores claves / principales

Los actores clave en el mercado mundial de impresión 3D militar son:

- > Stratasys (EE. UU.),
- > 3D Systems Corporation (EE. UU.),
- > The Exone Company (EE. UU.),
- > EOS GmbH (Alemania),
- > Arcam AB (Suecia),
- > Norsk Titanium AS (EE. UU.),
- > EE. UU. Elements (EE. UU.),
- > Cimetrix Solutions (Canadá),
- > Artec Europe (Luxemburgo),
- > 3T RPD (Reino Unido),
- > Optomec Inc. (México),
- > Initial (Francia),
- > Markforged (EE. UU.),
- > Smg3D (Reino Unido).

Análisis de las 8 Dimensiones

El análisis de las 8 dimensiones propuesto permite esbozar información sobre la situación vigente del mercado, en este caso particular muestra sucintamente la evolución de la tecnología 3D de las empresas / organizaciones en el sector de Defensa más importantes del ámbito local y mundial: quienes, para que, como se emplea y financia dicha tecnología. Pese a ser una tecnología emergente también permite vislumbrar señales de cómo será su empleo futuro.

En síntesis, es un proceso mediante el cual se recopila información y se obtienen nuevas ideas, comparando aspectos de su organización con los competidores más fuertes del mercado.

⁴ <https://www.globenewswire.com/news-release/2021/09/01/2290346/0/en/Global-Military-3D-4D-Printing-Market-is-Projected-to-Reach-US-11-735-5-Million-by-2031-Visiongain-Research-Inc.html>

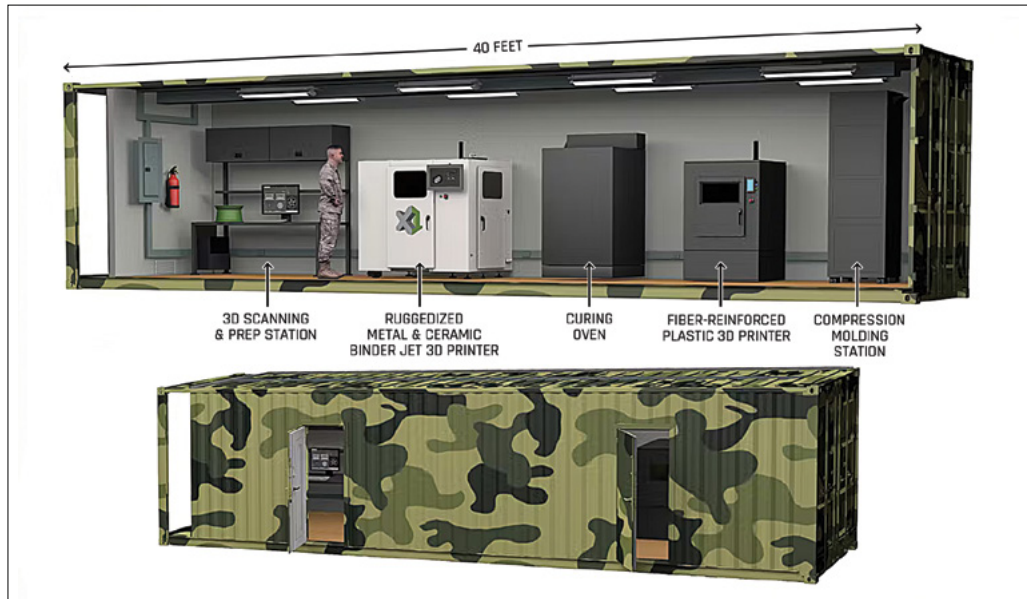
Hay que tener en cuenta que complementa otros factores que influyen directamente en la tecnología como son los políticos, culturales y sociales de los países en que se encuentra disponible.

Empresa	Argentina	América del Norte	Asia Pacífico	Europa
	Dirección General de Materiales – Logística FIE – Facultad de Ingeniería del Ejército ⁵	US ARMY, USMC, USNAVY, USAF, US SPACE FORCE; NASA	Australian Army ⁶ Marina Real australiana	España Ejército de tierra ⁷ Ejército del aire Maestría aérea de Madrid (MAESMA)
Dirección Web	https://samosa.mil.ar/ https://www.argentina.gob.ar/ejercito https://www.fie.undef.edu.ar/	https://www.army.mil/ https://www.marines.mil/ https://www.navy.mil/ https://www.airforce.com/	https://www.army.gov.au/ ⁶	https://www.defensa.gob.es/fuerzasarmadas/ea/ ⁸
Organización	Dirección de Material, Unidades de Arsenales, Centro de reparación y mantenimiento de Vehículos M113, Batallones de transporte. Subunidades de logística.	Comando de Material del USARMY ⁹ , Centro de Tecnología y Fabricación Conjunta en el Arsenal de Rock Island. Mecánicos de Artillería ¹¹ , 194 ° Batallón de Apoyo de Mantenimiento de Combate, 2 ° Brigada de Mantenimiento, 520 ° Compañía de Mantenimiento de Soporte Air Force Lifecycle Management Center ¹²	Combat Service Support Battalion	Mando de Apoyo Logístico (MALE) Jefatura de Centros Logísticos (JECLOG) FFAA pertenecientes a la OTAN
Tecnología	Tecnologías obsoletas en sus áreas logísticas, con equipamientos de las décadas del 60 y 70, que permite un limitado mantenimiento. Impresoras 3D en laboratorios de estudiantes de ingeniería militar.	Tecnologías de avanzada en sus áreas productivas, con equipamientos de última generación, que permite ofrecer líneas completas de productos. Impresora de concreto 3D del fabricante Icon. Impresora 3D de metal de Markforged. Impresoras 3D de metal ExOne. Cadena de suministro digital SIMBA Chain.	Tecnologías de avanzada en sus áreas productivas, con equipamientos de última generación, que permite ofrecer líneas completas de productos impresoras 3D de metal de Spee3D. Pulverización en frío de SPEE3D para reemplazar piezas de blindados M113. Impresora de metal 3D WarpSPEE3D para motores cohete.	Tecnologías de avanzada en sus áreas productivas, con equipamientos de última generación, que permite ofrecer líneas completas de productos
Procesos	Incipiente en el ámbito universitario de ingeniería militar.	Líder mundial. Certifica sus procesos. Lo utiliza en repuestos aeronáuticos, vehículos de combate, armamento y salud. Está en desarrollo los procesos de certificación de software para piezas.	En alianza con empresas y universidades desarrolla un plan estratégico de incorporación de la tecnología a sus batallones logísticos.	Alianza con Siconova 3D ha sido clave para que la institución profesionalice el uso de la fabricación aditiva, en concreto utilizando la impresora Mark Two de Markforged
Finanzas	USD 4.207 Mil (50/140)	USD 740.500 Mill (1/140)	USD 42.700 Mill (10/140)	USD 12.854 Mill (23/140)

Imagen / reputación Clasificación 2021 - No tiene en cuenta la capacidad nuclear	Categorizado 42vo de 140 países según FIRE POWER ¹³	Categorizado 1ro de 140 países según FIRE POWER	Categorizado 19 no de 140 países según FIRE POWER	Categorizado 18vo de 140 países según FIREPOWER
Marketing / Comunicación	Débil estrategia publicitaria de sus productos a través de medios de comunicación gráficos y de tele y radiodifusión.	Área de comunicaciones activa a través de su página web y redes sociales	Área de comunicaciones activa a través de su página web y redes sociales.	Débil estrategia publicitaria de sus productos a través de medios de comunicación gráficos y de tele y radiodifusión.
Producto / Mercado	Mantenimiento, reposición, reparación	Estrategia en todas las fuerzas para mantenimiento y abastecimiento. Desarrollo y producción de munición y motores cohete.	Repuestos, vehículos tierra y aeronaves. Salud. Herramental. Prototipado rápido.	Repuestos de aeronaves, vehículos de combate y salud (implantes y prótesis). Herramental.
Alianzas	No se tienen datos	El DoD y el Cdo de Futuros del US ARMY realizan inversiones en I+D+i con Universidades y empresas para investigación aplicada y formación de RRHH. Tiene relevancia el contrato con ExOne para el desarrollo de un contenedor modular de fabricación 3D.	Empresa SPEE3D Universidad Charles Darwin Estados Unidos, Reino Unido y Australia - acordaron un pacto de seguridad para compartir tecnología avanzada de defensa. El pacto estratégico fue bautizado como Aukus (del acrónimo en inglés de Australia, Reino Unido y Estados Unidos) En Tec 3D se acordaron alianzas entre el Cuerpo de Ejército de Australia y Nueva Zelanda (ANZAC) y la Universidad Charles Darwin ¹⁴	Empresas de tecnología 3D
Industria / jugadores claves	Trimaker, Chimak, Trideco, Far-e, Vitafeli y Exo. Con menor presencia le siguen firmas como EVO 3D, Kuttercraft, Zur3D, CHE3D y LfeSi. Esta industria apareció en la Argentina hace unos diez años, al mismo tiempo que la impresión 3D irrumpió en el mundo de forma masiva. Y se abrió paso a pesar de la competencia de las importaciones y las dificultades de la macroeconomía, según destaca un informe elaborado por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) ¹⁵	Stratasys 3D Systems Corporation (EE. UU. / Israel), The Exone Company (EE. UU.), EOS GmbH (Alemania), DMG MORI (Alemania), Arcam AB (Suecia), Norsk Titanium AS (EE. UU.), Elements (EE. UU.), Cimatrix Solutions (Canadá), Artec Europe (Luxemburgo), 3T RPD (Reino Unido), Optomec Inc. (México), Initial (Francia), Markforged (EE. UU.), Smg3D (Reino Unido)	SPEE3D, con sede en Melbourne	SICNOVA ¹⁶ Zortrax BCN3D Formlabs Markforged 3D CERAM

> Las notas se encuentran en la pagina 156

ILUSTRACIÓN 2. EX ONE⁷ OBTIENE UN CONTRATO DEL DEPARTAMENTO DE DEFENSA DE \$ 1,6 MILLONES PARA CONSTRUIR UNA "FÁBRICA" DE IMPRESIÓN 3D EN UN CONTENEDOR. - FEBRERO 2021.



Análisis Matriz FODA

El análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas FODA / DAFO , como herramienta de análisis permite el estudio de la situación de una empresa, institución o proyecto, analizar sus características internas (Debilidades y Fortalezas) y su situación externa (Amenazas y Oportunidades) en una matriz. El objetivo del FODA es determinar las ventajas competitivas de la empresa y la estrategia genérica que más le convenga, en función de sus características propias y de las del mercado en que se mueve.

5 <https://www.infobae.com/sociedad/2020/04/05/la-facultad-de-ingenieria-del-ejercito-trabaja-en-la-fabricacion-de-mascaras-sanitarias-y-respiradores/>

6 <https://www.spee3d.com/australian-army-trial-proves-metal-armored-vehicle-parts-can-be-3d-printed-and-certified-in-the-field/>

7 <https://www.eldebate.com/sociedad/20211130/militar-espanol-disena-protesis-brazo-3d-nino-libano.html>

8 <https://3dprint.com/286608/australian-military-3d-prints-over-a-dozen-armoured-vehicle-parts-in-the-field/>
<https://www.army.gov.au/search?keys=3d+manufacturing>

9 <https://www.3dnatives.com/es/tecnologia-3d-ejercito-aire-espanol-040520212/>

10 Programa de modernización logística para brindar capacidad de fabricación aditiva (LPM).
<https://www.eis.army.mil/taxonomy/term/191>
<https://www.eis.army.mil/newsroom/news/logistics/logistics-modernization-program-provide-additive-manufacturing-capability>

11 https://www.army.mil/article/242673/is_it_time_for_an_additive_manufacturing_specialist_in_the_ordnance_corps

12 <https://all3dp.com/1/3d-printing-military-applications/>

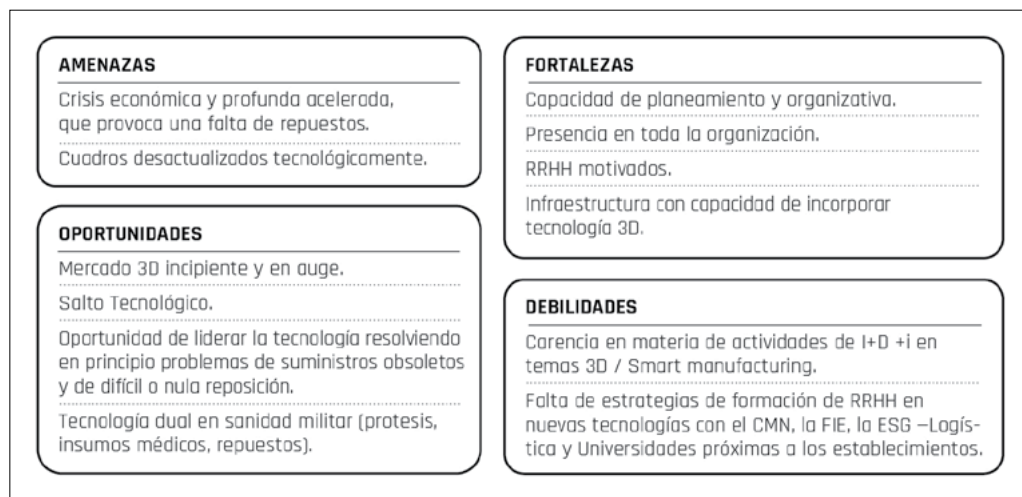
13 https://www.globalfirepower.com/country-military-strength-detail.php?country_id=united-states-of-america

14 <https://all3dp.com/1/3d-printing-military-applications/>

15 <https://www.iproup.com/innovacion/3419-la-industria-de-3d-gana-terreno-en-la-argentina>

16 <https://sicnova3d.com/>

17 <https://techcrunch.com/2021/02/17/exone-gets-1-6m-dod-contract-to-build-a-3d-printing-factory-in-shipping-container/>



Reflexiones sobre las matrices de 8 dimensiones y FODA

La Inteligencia de Mercados o Marketing Intelligence, permite como herramienta, la recolección, la interpretación, el análisis de datos tomados de industria y de los clientes, y aporta a la toma de decisiones una mejor comprensión del medio que rodea a los problemas y oportunidades que ofrece en este caso el mercado 3D para el área de Defensa.

En particular para nuestra organización:

- > **Respecto del Mercado de Defensa y Seguridad:** está adoptando globalmente esta tecnología.
- > **Respecto de las propias Organizaciones:** aquí se vislumbra claramente una oportunidad, pese a la crisis económica podrían adoptar la tecnología en el ámbito educativo desde los Colegios Militares hasta las Facultades de Ingeniería Militar de las tres Fuerzas, para desarrollar RRHH capacitados, y en el operacional especialmente en el área logística y de fabricaciones, explorando la factibilidad de nuevos usos.
- > **Respecto de Empresas y procesos / producto:** si bien los EEUU lideran, el Australian Army se aprecia como la organización más afín a la nuestra, con similares problemas y dedicada principalmente al sector de logística de mantenimiento.
- > **Respecto de las alianzas:** se ve claramente que las Fuerzas Armadas en todos los casos invirtieron en tecnologías de punta con alianzas a largo plazo con empresas de tecnología 3D y con convenios con las Universidades de su país.

6. Conclusiones

La incorporación de estas tecnologías resulta un enorme desafío, que las FFAA de muchos países tratan de ir aplicando progresivamente, pero aún requiere de un proceso de mayor maduración y experimentación. Lo que resulta indudable es que, para determinados productos, las grandes, costosas y poco flexibles estructuras de producción centralizadas, darán paso a otro tipo de organizaciones.

Las mismas serán de bajo costo, más pequeñas, que requieran menos infraestructura industrial y descentralizadas.

Con la finalidad de satisfacer necesidades puntuales, en pequeñas cantidades, para solucionar problemas específicos, en los más diversos y alejados escenarios. Y las tecnologías AM /3DP tienen esa potencialidad.

La posibilidad de tener la capacidad de producir “On-demand”, determinadas piezas y componentes, en pequeñas cantidades y en corto plazo, en algunos casos en proximidad del usuario que las requiere, resulta un extraordinario beneficio para acortar y flexibilizar la cadena logística, con el fin último de optimizar las capacidades de alistamiento de los sistemas operativos.

- > **AM / 3DP** otorga la capacidad de producir componentes demandados en apoyo del sistema logístico de la Fuerza, y colocarlos en el punto donde está la necesidad.
- > Las tecnologías de **AM / 3DP** y la I&D en el área, se están moviendo extremadamente rápido hacia adelante en términos de nuevas posibilidades de aplicación.
- > **Interrogante 1:** ¿Cómo se percibe en el ámbito interno del EA la necesidad de la incorporación de estas tecnologías? ¿Resultaría posible y conveniente su implementación en el área logística?
- > **Interrogante 2:** ¿Las nuevas generaciones se sienten más familiarizadas con la posibilidad de su empleo futuro? ¿Conocen las tecnologías y consideran que sería viable su implementación?
- > El empleo asiduo de estas tecnologías, hace que el personal afectado a las tareas de mantenimiento, comience a pensar en alternativas de “Soluciones con AM” como parte de su tarea diaria, como una forma rápida y efectiva de reemplazo de partes de equipamiento.
- > Cuáles son las opciones que surgen del análisis de los posibles ámbitos de empleo y por las que se podría empezar es la Ingeniería reversa de las partes y su fabricación.
- > **Esto resulta de utilidad para los casos en que:**
 - > Las piezas son caras y de difícil obtención. (Por obsoletas, sistemas con muchos años en servicio, ya no hay proveedores. Si estos deben desarrollarse, las cantidades requeridas resultan antieconómicas por poco volumen, etc).
 - > Piezas que no pueden ser producidas por los métodos tradicionales y en los tiempos requeridos.
 - > Todas esas demoras generadas por el ciclo de aprovisionamiento tradicional, afectan seriamente el estado de alistamiento y operatividad de las fuerzas.
- > Una Logística más distribuida y eficiente, resulta un verdadero “Multiplicador de Fuerzas” del estado de alistamiento de los elementos operativos.
 - > Reduce la longitud de la cadena logística.
 - > Reduce el tiempo del material “Fuera de servicio”. (*Tiempo medio de reparación de efectos*).
 - > En una situación ideal, permite la fabricación de componentes “In situ”, eliminando los costos y “foot print” que genera el transporte de repuestos, así como el esfuerzo y costo de almacenamiento de los mismos.
- > Sin embargo, por la gran demanda de Energía Eléctrica y los requerimientos de materiales que conlleva este tipo de sistema de fabricación, así como en algunos casos en que se requieren reprocesos, su mayor posibilidad de empleo actual sería en el nivel de las Unidades Logísticas.
- > **EL DESAFÍO:** Asegurar que las piezas realizadas con AM / 3DP cumplan con todos los requerimientos y estándares que tienen las mismas piezas que reemplazan, fabricada por los métodos tradicionales.
- > El **US Army** lo tiene organizado:
 - > Center of Excellence in Advances in Additive Manufacturing – Rock Island Arsenal – US Army Material Command.
 - > Rapid Equipping Force’s Expeditionary Additive Manufacturing Laboratory, resulta una interesante manera de introducir las capacidades de AM / 3DP dentro de la dinámica de funcionamiento de la Logística de esa Fuerza.

- > La viabilidad de la incorporación de las tecnologías de AM / 3DP al ámbito de la Logística Militar, debe ser abordada de manera integral. Para ello, se pueden identificar una serie de factores claves que deben ser considerados: Tecnología a emplear – Equipamiento disponible - Procesos a utilizar – Materiales a emplear — Personal técnico calificado - Información digital disponible para la fabricación del producto - Características del producto a obtener – Certificación de calidad producto final.
- > **La AM del Futuro Cercano:** La fabricación de partes componentes de equipamiento que desde la manufactura tengan “embebidos” componentes electrónicos tales como circuitos, antenas, sensores, elementos de almacenamiento de energía, etc. Se lo suele denominar “*Printable Electronics*”.
- > **Requerimientos:**
 - > Determinar: Quienes – Donde – Como, serían los elementos de la organización que emplearían estas nuevas capacidades.
 - > Su implementación debería ser como un “sistema”, operando dentro de la estructura Logística Tradicional.
 - > Necesidad de Organizar y sostener en el tiempo una **Estructura Organizacional** destinada a *gestionar AM: RRHH – Formación y Capacitación – Definición de las necesidades de empleo de AM (Que necesito fabricar) – Relevamiento de Tecnologías y Procesos (Como lo puedo fabricar) – Conformación de un “Núcleo experimental” - Generación de la base de datos de archivos digitales (Escaneo y proceso) - Adquisición equipamiento y materiales – Certificación calidad procesos y productos.*
 - > Necesidad de **estandarizar la información técnica digitalizada** para usar en AM de partes.
 - > Necesidad de implementar un **sistema común para compartir la información técnica** entre los elementos de las fuerzas. **Repositorio Digital Integrado.**
 - > **Repositorio digital integrado.** Debe cumplir 3 condiciones: Seguridad Física y digital – Control de acceso – Confiabilidad de los archivos (Gestión centralizada).
 - > Necesidad de **catalogar las piezas producidas** de manera tal que en inventario puedan ser identificadas y diferenciadas respecto de las fabricadas por otros métodos.
 - > Necesidad de Incorporar, capacitar y entrenar a **Técnicos especialistas en AM.**
 - > Necesidad de disponer de capacidad de Laboratorios para realización de los ensayos necesarios para la aprobación de las piezas resultantes.
 - > Se podría comenzar por un **pequeño elemento de AM** dentro de la estructura del EA, que inicialmente opere como cuerpo *generador y difusor del “expertise”* que se va adquiriendo sobre la tecnología y su implementación en pequeña escala. Y que empiece a estar conectado con otros equipos que se vayan formando sobre el tema dentro del EA.

7. Bibliografía

1. <https://www.marketresearchfuture.com/reports/military-3d-printing-market-6276>
2. <https://www.stratasy.com/>
3. https://www.inti.gob.ar/assets/uploads/files/industria-4-0/impresoras_3d.pdf
4. <https://www.designworldonline.com/september-2021-special-edition-2021-additive-manufacturing-handbook/>
5. <https://www.makerbot.com/stories/news/makerbot-pro-3d-printing-trend-report-2020/>
6. <https://www.makerbot.com/>
7. <https://www.eis.army.mil/newsroom/news/logistics/logistics-modernization-program-provide-additive-manufacturing-capability>

8. <https://www.mms-mexico.com/noticias/post/con-impresion-3d-en-acero-ejercito-en-ee-uu-solucion-a-cuellos-de-botella-en-el-suministro-de-piezas>
9. <https://www.eis.army.mil/programs/lmp>
10. Ian Carter Captain, United States Marine Corps, Tesis A SYSTEMS APPROACH TO ADDITIVE MANUFACTURING IN THE MARINE CORPS, 2019, <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AD1086971.pdf>
11. "Force Multiplying Technologies for Logistics Support to Military Operations" (2014). The National Academies of Sciences, Engineering and Medicine.
12. Cunningham Victor, et al "Navy Additive Manufacturing: Adding parts, Subtracting steps". Naval Postgraduate School. EUA. (2015).
13. Friedell Matthew D. "Additive Manufacturing (AM) in expeditionary operations: current needs, technical challenges and opportunities". Naval Postgraduate School. EUA (2016).
14. US ARMY. Army Directive 2019-29 (Enabling Readiness and Modernization Through Advanced Manufacturing).
15. Grant Christopher. "Additive manufacturing and the military: Applications and implications". The Verifications Research Training and Information Centre (VERTIC).
16. McLearen Luke J. "Additive Manufacturing in the Marine Corps". Naval Postgraduate School. EUA. (2016).
17. Mayerhoffer Manuel. et al, "Knowledge-Driven Manufacturability Analysis for Additive Manufacturing". Austrian Federal Ministry of Climate Action, Environment, Energy, Mobility, Innovation and Technology. (2021).

3. ARTÍCULOS SELECCIONADOS EN CONVOCATORIA 2021

3.1

CUBESATS: Aproximaciones, desafíos y utilidades

Por Esp. Lic. Abelaira, Anabel y TT SCD Karner, Claudio Daniel

Resumen

El siguiente artículo busca sondear el estado de la cuestión en el desarrollo de CubeSats (nanosatélites) y conocer las diversas tecnologías disruptivas que este mercado habilita; como Woodsat y RainCubes. Se analizará también cómo este terreno en disputa, atravesado por la geopolítica y la co-untura, puede inscribir a las Fuerzas Armadas dentro de las prospectivas de esta nanotecnología.

PALABRAS CLAVE: CubeSat, Fuerzas Armadas, Geopolítica, RainCube, Woodsat

FECHA: 4 de agosto de 2021

TIPO DE TRABAJO: Artículo sobre tecnologías estratégicas, emergentes y/o disruptivas

EJES TEMÁTICOS: 3, 4 y 5

“La dificultad es una excusa que la historia nunca acepta”
John F. Kennedy

Introducción

Un antiguo axioma reza que, en momentos de crisis, se responde con lo que se tiene. La propuesta del siguiente artículo entonces, busca explorar cuán pertinente y plausible será contar en el haber de las Fuerzas Armadas (FFAA) con un Cubesat de desarrollo vernáculo y militar, para afrontar los

desafíos y problemáticas que instaura la geopolítica actual, en consonancia con FFAA más ágiles y profesionalizadas en el uso de tecnologías innovadoras, sus usos y alcances.

Abordamos la siguiente producción complejizando sobre el ecosistema Cubesat y sobre qué perspectivas habilitan en relación a las FFAA. A tal fin, proponemos repensar este recorrido a la luz de la metodología para el replanteamiento estratégico de Oxford¹, esto es, diseñar escenarios en el futuro de algo -no predecirlos-, para alguien, con un propósito y uso determinado, para delinear luego campos de acción y observar las oportunidades y peligros que el futuro pueda deparar. Estudio prospectivo desarrollado para las condiciones TUNA, por sus siglas en inglés: Turbulence, Uncertainty, Novelty, Ambiguity, esto es; turbulencia, incertidumbre, novedad y ambigüedad. Por lo que esta metodología trabaja con el futuro para el presente. En definitiva, no vamos hacia el futuro sino que el futuro es porvenir, avanzando hacia nosotros. Por ello, creemos que el desarrollo de un Cubesat, en el marco de un esquema de I+D (Investigación y Desarrollo) dentro de las Fuerzas, responderá de manera estratégica a necesidades en ciernes, incrementando los aprendizajes y saberes, permitiendo la divulgación científica del propio proceso e instaurando un nuevo hito.

¿Por qué CUBESATS?

Hacia fines de la década del 90 se comienza a elucubrar el primer desarrollo del tipo CubeSat entre la Universidad Politécnica Estatal de California y la Universidad de Stanford. Los CubeSats se encuentran inscriptos dentro de los nanosatélites, esto es; un satélite que pesa menos de 10 kilos. Por propiciar el acceso al espacio a un vasto espectro de actores, tales como investigadores, instituciones educativas y científicas, pequeñas empresas y el sector público, es que los CubeSats se han convertido en una interesante innovación en el sector espacial. Dichas plataformas se están utilizando para varias aplicaciones espaciales, como educación, teledetección terrestre, sensado remoto, ciencia y defensa.

En este sentido, la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) continúa el desarrollo de un CubeSat, que se transformará en el primer satélite universitario argentino de este tipo en entrar en órbita alrededor de la Tierra. Su primera misión consistirá en la demostración de técnicas con GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite), usadas en estudios atmosféricos y del suelo. Este proyecto llamado "Satélite Universitario" consagrará al primer desarrollo de la generación de los CubeSat, realizado íntegramente en el ámbito de una universidad. El objetivo de esta iniciativa es la realización del diseño, construcción, ensayos e integración de satélites pequeños (SmallSats) en instalaciones de la universidad. A su vez, el proyecto prevé la formación de recursos humanos en relación a las tecnologías espaciales.²

Estos trayectos nos permiten forjar escenarios similares dentro de las Fuerzas con fuerte impacto en el campo de la investigación, diseño, ensayo, desarrollo y producción de conocimiento, que se traduce en fortalecimiento de saberes y en los procesos educativos concatenados para fomentar la investigación espacial.

Pero otra variable incide en la importancia de un proceso de I+D de CubeSats; la geopolítica. Entendiendo a ésta como la ciencia que estudia la influencia de los condicionantes espaciales en la vida y los objetivos de los estados. Al ser medio para lograr objetivos políticos, no sólo posee una tarea prescriptiva sino también dinámica; ya que no sólo son cambiantes los escenarios, sino también las alianzas, las amenazas y hasta los propios objetivos políticos. La geopolítica se ocupa principal-

1 Para mayor información sobre la Metodología de Replanteamiento Estratégico de Oxford visitar <https://www.sbs.ox.ac.uk/programmes/executive-education/campus-open-programmes/oxford-scenarios-programme> Webinario disponible del Ministerio de Ciencia y Tecnología e Innovación de la Nación.

2 Fuente: "El sueño del satélite propio, cada vez más cerca" Universidades Hoy, 7 de mayo de 2021. Recuperado de: <https://universidadeshoy.com.ar/nota/71378/el-sueno-del-satelite-propio-cada-vez-mas-cerca/>

mente de cómo se debe aprovechar la geografía para aumentar la seguridad, entre otras funciones. Las implicancias de los problemas geopolíticos están relacionados directamente con los objetivos estratégicos nacionales e íntimamente ligados tanto con el perfil productivo de un país, como con sus políticas de Defensa nacional (Berazategui, 2021).

Siguiendo esta línea, por las amplias capacidades que poseen los satélites de radar de apertura sintética (SAR) -en nuestro caso los SAOCOM 1A y SAOCOM 1B-, su información pública podría optimizarse junto con futuros desarrollos de CubeSat. Dado que estos son mayoritariamente satélites ópticos, se enraízan en fuentes confiables para información. La fusión de información geoespacial con otras fuentes la convierte en inteligencia geoespacial (GEOINT). La GEOINT coadyuva a que los usuarios militares de esta tecnología puedan planificar, por ejemplo; misiones militares. La mayoría de los satélites en órbita en la actualidad son comerciales, lo que dificulta que sean asequibles a las Fuerzas Armadas, o que estas puedan asegurarse obtener la imagen del satélite deseada, en el área y en el momento correctos. Además, es crucial contar con ciertos conocimientos previos sobre satélites para poder ordenar y dotar de sentido a las imágenes. Estos desarrollos ayudarán al sector castrense a tener un conjunto de herramientas para traducir la solicitud de información requerida en datos satelitales, localizar proveedores que puedan entregar estos, extraer características de ellos y combinar estas características con productos de información que incluyen fusionarse con otras fuentes, para entregar la información en estándares que son de uso común en los sistemas militares. Ejemplo de convergencia entre cooperación, condicionantes geopolíticos y GEOINT encontramos en el Programa SMART MILSpace; este es un proyecto en el que Noruega y los Países Bajos colaboran estratégicamente en la investigación y tecnología espacial militar y en el uso militar del espacio. Para ello, encargaron dos nanosatélites que volarán en órbita polar LEO (*Low Earth Orbit* -órbita terrestre baja-) en tándem -comparten misma órbita en proximidad, en este caso habrá una separación de 15/25 km- y podrán cubrir cualquier punto de la tierra al menos cuatro veces en un día. Estos nanosatélites buscan demostrar el concepto de un sistema de monitoreo de espectro basado en el espacio para geolocalizar las señales de radar. En este sentido, es el primer sistema conocido de dos satélites que detecta, clasifica y geolocaliza con precisión las señales de radiofrecuencia, incluidos los radares de navegación utilizados en barcos, combinando el ángulo de medición de llegada (AoA) y la diferencia horaria de llegada (TDOA). La detección simultánea de señales de radio, pulsadas por ambos satélites que vuelan en tándem, permite una geolocalización precisa durante todas las condiciones climáticas.³

Esta experiencia de cooperación también permitirá captar señales de radar de navegación del tráfico de barcos. El objetivo es obtener una mejor visión general del tráfico en aguas noruegas, incluidos aquellos que no quieren ser descubiertos, de esta manera ambos nanosatélites podrían utilizarse para capturar diversos tipos de señales de radar, tanto de áreas marítimas como terrestres.

En territorio nacional encontramos profusas situaciones donde el trackeo a estos barcos, que no desean ser vistos, pueda funcionar, en pos del resguardo de la soberanía nacional. La tecnología espacial bajo la órbita de las Fuerzas Armadas sería un excelente insumo de control y defensa.

Aproximaciones a los cubesat: breve dossier

Los satélites suelen nombrarse según sus funciones. En base a la posición orbital que ocupan, el tamaño, masa y carga útil que detentan, varían las especificaciones de los servicios que pueden ofrecer, a saber: estudios sobre fenómenos climáticos que impactan en la tierra, insumo para servicios

³ Fuente: "MILSpace2 Spectrum monitoring dual satellite system". Instituto de Investigaciones de las Fuerzas Armadas Noruegas. Disponible en: <https://www.ffi.no/publikasjoner/arkiv/milspace2-bros.spectrum-monitoring-dual-satellite-system>

de seguridad, inteligencia o militares, análisis prospectivos para minería espacial; investigaciones astronómicas del universo, informes meteorológicos, servicios en el área de las telecomunicaciones (telefonía, internet, datos, radio, televisión, etc.) o GPS para la navegación de vehículos terrestres, aviones y misiles (trackeo). La versatilidad de la tecnología satelital y los formidables avances los hacen ser tan grandes como la Estación Espacial Internacional (ISS, por sus siglas en inglés) o tan pequeños como un cubo *rubik*. De esta manera podemos catalogar los satélites según su masa:

1.1 TIPOS DE SATÉLITES. CUADRO DE ELABORACIÓN PROPIA

TIPO DE NAVE	PESO	EJEMPLOS
SATÉLITES GRANDES	+ de 1.000 kg	ARSAT-SAOCOM 1A- 1B
SATÉLITES MEDIANOS	500-1.000 kg	GETSAT 14
SATÉLITES PEQUEÑOS	100-500 kg	SAC B- SAC C
*MINISATÉLITES		
*MICROSATÉLITES	10-100 kg	El SunCube para la observación sinóptica multispectral del sol. Recientemente aprobó la fase de evaluación técnica. ⁴
*NANOSATÉLITES	1-10 kg	CubeSat : fomentan un acceso democratizador y económico al espacio, dado que pueden lanzarse desde una gran variedad de cohetes, lanzadores o desplegarlos desde la ISS. Su desarrollo conlleva plazos más cortos.
*PICOSATÉLITES	-1 kg	PocketQubes : menos de 250g TubeSats : menos de 750 g. El kit incluye el software y hardware necesarios, paneles solares y baterías, antenas de comunicaciones y hasta un microcontrolador. ThinSat : 280gr. Desarrollo para escuelas, ⁵ días de vida útil en órbita y no genera <i>space debris</i> .
*FEMTOSATÉLITES	-100 gr	Diseño de estudiantes de Sastra University (India) para NASA

Los CubeSats se basan en la unidad estándar de CubeSat, que es una estructura en forma de cubo de 10x10x10 centímetros con una masa de aproximadamente de entre 1 y 1,33 kg. Esta unidad es llamada 1U. Así, por ejemplo; el proyecto “*Satellite Universitario*”, mencionado en el apartado anterior, busca desarrollar cinco CubeSats, con un máximo de 20 kilogramos y “seis unidades”. Es decir, que seis unidades equivalen a 10 centímetros x 20 centímetros x 30 centímetros; en una configuración 1U x 2U x 3U. La estandarización de los CubeSats abre las puertas al uso de componentes electrónicos comerciales, lo que permite escoger multitud de proveedores de tecnología. Como resultado, los proyectos de ingeniería y de desarrollo de

CubeSats presentan costes sensiblemente inferiores al de otro tipo de satélites. En adición, mientras un satélite grande es producto de años de investigación y diseño, un CubeSat puede estar en órbita en menos de un año, desde que se decide su construcción o integración. Mientras que los satélites de mayor porte no pueden estar actualizados continuamente cuando emerge una nueva oportunidad tecnológica o de mercado, los CubeSats permiten renovar una constelación y permanecer a la vanguardia.

El número de publicaciones técnicas-científicas y el aumento de patentes relacionados con CubeSats son indicadores que demuestran un interés global inusitado, relacionado con el uso de estos para abordar diferentes necesidades; como la detección remota de la Tierra, las aplicaciones científicas, la logística, el desarrollo del IoT (Internet de las cosas), la geolocalización y el monitoreo de señales de radio.

Curiosamente, los CubeSats están siendo desarrollados para proporcionar servicios de observación de la Tierra por compañías privadas. Sin embargo, una de las ventajas de su arquitectura

⁴ Fuente: “La proposta del microsatellite SUN CUBE ONE (SEE), dedicato all’osservazione sinottica multispettrale del sole, presentata in risposta al bando “Future Missioni per CUBESAT” dell’Agenzia Spaziale Italiana (ASI), ha superato la fase di valutazione tecnica” 21 de abril de 2021. Recuperado de: <https://web.uniroma1.it/scuolaingegneriaaerospaziale/en/archivionotizie/sun-cube-one-see-micro-satellite-multispectral-synoptic-observation-sun-see-mission>

abierta y estandarizada es que brinda oportunidades a desarrolladores para producir rápidamente sistemas espaciales. No sólo llegaron para democratizar el acceso al espacio, al dotar de oportunidades a actores otrora relegados, sino que, por su miniaturización y la posibilidad de lanzarlos en constelaciones, los costes son más bajos. Una vez que la nave está lista para operar se pone a orbitar y para ello se puede compartir entre varios propietarios; el uso de cohetes de agencias, lanzadores privados, o hasta recurrir a la ISS. La facilidad de cargar varios en vehículos espaciales deviene de su escaso volumen y peso. No obstante, la irrupción global de microlanzadores volvió muy competitivo los costos de lanzamiento, ya que estos están dedicados exclusivamente a la puesta en órbita de esta nanotecnología. En nuestro país, una empresa en pleno auge como LIA Aerospace, enfoca su plan de trabajo al servicio de lanzamiento de pequeños satélites y para esto planea desarrollar un vehículo diseñado para este mercado. En el marco de proyectos ambiciosos y multidisciplinarios, se encuentran, junto con ingenieros del ITBA (Instituto Tecnológico de Buenos Aires), en etapa de investigación de una plataforma voladora, capaz de probar sistemas de control y estabilidad de cohetes de vuelo⁵.

Los nanosatélites se lanzan en órbitas LEO (400 – 650 kilómetros de altura) y viajan a unos 8 kilómetros por segundo. A esa altura y velocidad, tardan unos 90 minutos en dar una vuelta a la Tierra para completar un total de entre 14 a 16 órbitas por día. Al orbitar en LEO, el *Footprint* -o pisada del satélite- esto es; el área donde tendrá cobertura, será mucho menor que los satélites grandes que operan en GEO (órbita geoestacionaria, a 36.000 kilómetros de la Tierra) o MEO (órbita media terrestre, a 8.000-20.000 kilómetros de la Tierra). No obstante, la potencia necesaria para emitir, al estar en una órbita baja, será menor.

Por orbitar más cerca de la Tierra, los nanosatélites no solo tienen condiciones óptimas para observación terrestre o comunicaciones, sino que están más protegidos de la radiación solar y cósmica. Finalmente, cuando se acerca el fin de su vida útil, vuelven a la atmósfera y se desintegran.

Después de varios años y cientos de misiones lanzadas, es indiscutible que los CubeSats son más que excelentes plataformas para la demostración de tecnología educativa de bajo costo y posibilitadores de producir ciencia de alta calidad. Son satélites capaces de ofrecer perspectivas formidables para llevar a cabo misiones científicas reales, así como comerciales de alto valor. Si bien es impensado que ellos puedan reemplazar por completo las grandes naves tradicionales, indudablemente pueden complementar misiones más complejas, sobresalir en aquellas más específicas y crear nuevas capacidades revolucionarias. Una compañía argentina líder en el rubro y en la exploración de estas capacidades como Satellogic, hoy cuenta con presencia en todo el mundo.

Los CubeSats podrían potencialmente habilitar una futura red de estaciones meteorológicas espaciales, que hará avanzar nuestro conocimiento sobre fenómenos meteorológicos espaciales y, en última instancia, mejorar nuestras capacidades para predecir mejor los efectos peligrosos del clima espacial en las infraestructuras (Poghosyan et.al, 2017).

Entre las ventajas de participar en el proceso de investigación y desarrollo de un CubeSat se encuentra la de poder diseñar, desde las filas de las Fuerzas, canales de comunicaciones entre la nave y las estaciones terrenas, con el fin de que establezcan comunicación y poder enviar datos con las características de una imagen multiespectral desde el satélite hasta la tierra. En esta instancia del proceso, también se deberían pensar y diagramar nuevas estaciones terrenas que operen en las bandas afines a los CubeSat. Estas acciones gravitarían en nuevos saberes, conocimientos innovadores y propiciarían sumar expertise en el área. La importancia del sistema de comunicaciones se vuelve crucial dado que provee los elementos necesarios para realizar recepción y transmisión de

⁵ Fuente: Jornada Argentina Aeroespacial. Acceso al Espacio Argentino. Disponible en el canal de YouTube de la Universidad de la Defensa Nacional (Undef) <https://www.youtube.com/channel/UCNl-Z00Tf7VTb2Mtkf-Ax7g/videos?view=0&sort=dd&flow=grid>

datos entre el CubeSat y las estaciones terrenas; estos datos corresponden a telemetría y comandos y a las imágenes que el satélite pueda tomar mediante los sensores que se coloquen según la misión para la que haya sido diseñado. El desarrollo de un CubeSat deberá contar con ciertos subsistemas: la **estructura** como dijimos seguirá la nomenclatura utilizada pero, además, debe sortear pruebas de oxidación, esfuerzo, resistencia y simulación del comportamiento térmico. Esta última, es una instancia crítica ya que permite establecer, por ejemplo, que los límites de temperatura definidos por el proveedor son base para determinar y seleccionar el sistema de control térmico necesario y para predecir las variaciones de temperatura en el cuerpo exterior y componentes eléctricos internos del CubeSat para varios escenarios térmicos que el sistema experimentará (Landeta et al., 2014). La **carga útil** (payload); será la encargada de recolectar los datos de la misión. El subsistema de **comunicaciones** es el encargado de recibir y transmitir información a la estación terrena, mediante un receptor y transmisor o en su defecto un transceptor. Las antenas mayoritariamente usadas son dipolo con polarización circular para VHF y UHF. Los CubeSats detentan una **potencia** baja debido a su tamaño, esta es del orden de entre 100 mW a 1 W y cuenta con tasas de transferencia de datos de entre 600 bps y 9600 bps. El subsistema de potencia garantiza un flujo continuo de energía entre los componentes y demás subsistemas siendo la solar la principal fuente de energía, que transforma la radiación solar en energía eléctrica. No obstante, las celdas solares no siempre son capaces de abastecer a todos los subsistemas y se vuelve imperioso contar con una fuente secundaria de energía que sustituye a la fuente primaria mediante baterías de Níquel-Cadmio (NiCd) o Litio-Ion (LiIon). Por último, el **control de posicionamiento** es el encargado de direccionar la posición y orientación para establecer comunicación, estabilizando y orientando la nave en una dirección mediante vectores de alineación y restricción con el uso de sensores.

También se pueden realizar modelos de simulación para los CubeSats; los Sistemas de Simulación proveen un ambiente para ejecutar simuladores/modelos integrados desarrollados para elementos específicos del área de interés. Por ejemplo, un sistema de simulación para una nueva nave incluiría las operaciones necesarias para llevar a cabo el lanzamiento, mantenimiento, y la seguridad. Estos modelos serían ejecutados en redes de simuladores interactivos para apoyar una vista individual de las operaciones (Mendizábal, 2013).

La nave no debe presentar ningún peligro para los CubeSats vecinos, ni para la carga útil primaria, ni para el vehículo de lanzamiento: todas las partes deberán permanecer unidas durante el lanzamiento, la eyección y la operación. Actualmente, estos desarrollos presentan algunas limitaciones; el *space debris* (basura espacial), la baja maniobrabilidad; por no contar con un buen sistema de propulsión en órbita y baja tasa de velocidad de bajada de datos en frecuencias libres. No obstante, los riesgos en el proceso de investigación y desarrollo promueven y aceleran la innovación.

Wood-Sat: Cubes de madera como respuesta ecológica

Teniendo en cuenta el óxido de aluminio reflectante que dejan los dispositivos en desuso y otros estragos a la capa de ozono y el espacio, una start-up finesa comenzó a desarrollar satélites de madera que podrían significar una innovación sustancial en el impacto del *space debris*. Se trata de un CubeSat de 1U, llamado Wisa Woodsat diseñado y construido en Finlandia que se procura lanzar al espacio a fines del corriente año con un cohete Rocket Lab Electron del complejo de lanzamiento de Nueva Zelanda.

Según la empresa, la misión del satélite es probar la aplicabilidad de materiales de madera, concretamente las de tipo contrachapada, en estructuras de naves espaciales y exponerlos a condiciones espaciales extremas, como calor, frío, vacío y radiación, durante un período prolongado de tiempo. En junio pasado, este Woodsat probó por primera vez las condiciones espaciales en un vue-

lo de prueba estratosférico con el propósito de utilizar un modelo funcional del satélite para probar la cámara y el equipo de comunicación del satélite. El vuelo fue exitoso y duró 2:54 horas, alcanzó una altitud de 31,2 kilómetros y contó con sensores suministrados por ESA para analizar el comportamiento de los paneles de madera. Curiosamente, la madera contrachapada, después de secarse en una cámara de vacío, se recubre con una capa muy delgada de óxido de aluminio. Esta contradicción sucede porque es necesario el uso del aluminio para evitar que el oxígeno sobre la atmósfera cause reacciones negativas sobre el satélite; no obstante, al ser solo una fina capa, los efectos sobre la capa de ozono son prácticamente nulos. En el mes de julio, el Woodsat fue sometido a rigurosas pruebas en el Centro Técnico de la Agencia Espacial Europea (ESTEC) en los Países Bajos. De esta manera, el primer satélite de madera del mundo ya está certificado para un viaje en cohete y puede comenzar la fase final previa al lanzamiento. El modelo utilizado para las pruebas fue una copia exacta del satélite real que se lanzará al espacio. Fue sometido a una rigurosa prueba de vibración imitando un viaje al espacio encima de un cohete sacudido por los motores y otra prueba acústica simulando el ruido de los motores, acentuado por las fuerzas aerodinámicas. La estructura y los paneles de madera resistieron de manera óptima y pueden soportar el vuelo espacial desde el punto de vista de la vibración. Solo se produjo un problema mecánico menor, cuando dos tornillos del brazo de la cámara desplegable se aflojaron durante la fuerte sacudida. Con este proyecto se espera reducir también los niveles de dióxido de carbono en la órbita terrestre baja, que hoy en día recibe cerca de 1,9 toneladas de CO₂ por cada tonelada de acero, mientras que son 11,5 toneladas las que se emiten a la capa de ozono por cada tonelada de aluminio que arrojan los satélites actuales.⁶ Con todo, debemos esperar a fin de año para conocer qué perspectivas habilitarían esta innovación.

Raincube: Cubesats y radares en convergencia

El proceso de investigación y desarrollo de los RainCube (Radar in a CubeSat) se llevó a cabo en el JPL (Jet Propulsion Laboratory) y el Instituto de Tecnología de California, bajo un contrato con la NASA. El proyecto tenía tres objetivos principales: desarrollar, lanzar y operar el primer instrumento de radar en un CubeSat (6U) para validar una nueva arquitectura para radares de banda Ka y un sistema ultracompacto (Peral et al., 2017).

Se trata de una arquitectura novedosa que reduce el número de componentes, el consumo de energía y masa respecto de los radares espaciales existentes. Crea una nueva panoplia de opciones en plataformas de naves de bajo costo como CubeSats y SmallSats, con ahorros obvios en la nave y el lanzamiento. De esta manera, se puede considerar desplegar una constelación del mismo instrumento, en diversas posiciones en órbita LEO, para superar los lapsos de observación que dejan abiertos las misiones actuales que requieren capacidad de perfilado vertical de alta resolución. La iniciativa buscó proporcionar validación espacial para un radar de perfil de precipitación en banda Ka (35,75 GHz), a una altitud de plataforma de 400 kilómetros o menos, que demuestre: sensibilidad del radar (20dBZ o mejor), resolución vertical (250 metros) y resolución horizontal (10 kilómetros o mejor).

Los modelos numéricos del clima y del tiempo dependen de las mediciones de los satélites espaciales para completar la validación y las mejoras del modelo. Las capacidades de generación de perfiles de precipitación se limitan actualmente a unos pocos instrumentos desplegados en órbita

⁶ Fuente: "Satélites de madera: la posible solución a la disminución del agujero en la capa de ozono" 21 de junio de 2021. Diario Infobae. Disponible en: <https://www.infobae.com/tecnologia/2021/06/21/satelites-de-madera-la-posible-solucion-a-la-disminucion-del-agujero-en-la-capade-ozono/?outputType=amp-type>

Página del Proyecto Wisa WoodSat: <https://www.wisaplywood.com/wisawoodsat/>

LEO, que no pueden proporcionar la resolución temporal necesaria para observar la evolución de los fenómenos meteorológicos en la escala temporal adecuada (es decir, minutos). Los instrumentos de generación de perfiles de precipitación en LEO proporcionarían esta capacidad esencial, pero el costo y el marco de tiempo de las plataformas e instrumentos satelitales típicos hacen que esta solución sea prohibitiva. Por lo tanto, una nueva arquitectura que sea compatible con plataformas satelitales de bajo costo permitirá misiones de constelaciones y revolucionará la ciencia climática y la predicción meteorológica.

Dos tecnologías clave se refrendarán en el entorno espacial: un radar de perfil de precipitación en banda Ka miniaturizado que ocupa un volumen de 2,5U y una antena parabólica desplegable de banda Ka de 0,5 metros que se almacena en un volumen de 1,5U. Los instrumentos de radar a menudo se han considerado inadecuados para pequeñas plataformas de satélites debido a su tamaño, peso y potencia. Investigación mediante, la arquitectura de los RainCube es compatible con la clase 6U (o superior), impulsada por la simplificación y miniaturización de los subsistemas de radar y reduce el número de componentes, el consumo de energía y la masa con respecto a los radares espaciales existentes. La configuración básica del instrumento para el concepto RainCube es un perfilador fijo que apunta al nadir en la banda Ka con un factor de reflectividad mínimo detectable mejor que +20 dBZ a una resolución de rango de 250 metros.

El requisito clave del RainCube -relevante para la antena- es el *Footprint* RADAR de 10 kilómetros de diámetro, que define la directividad de la antena y ancho de haz.

La antena propuesta proporciona una solución novedosa a la avidez por las misiones de ciencia de la tierra y del espacio profundo con el objetivo de lanzar satélites pequeños y de bajo costo. La antena reflectora de malla de alta ganancia de banda Ka de 0,5 metros emplea óptica Cassegrain para acomodar un mecanismo de despliegue que almacena el reflector y ensamblaje de alimentación en un 1.5U ($10 \times 10 \times 15 \text{ cm}^3$) con un volumen restringido. A pesar de estas restricciones mecánicas, la antena demuestra un excelente rendimiento a 35,75 GHz: una ganancia de 42,6 dBi y una eficiencia del 52 por ciento, a su vez, se ha desarrollado un prototipo de antena de RF que demuestra excelentes resultados en la simulación (Chahat et al., 2016).

El tamaño del *Footprint* está determinado por el tamaño de la antena. Para una altitud orbital nominal de 400 kilómetros, la antena RainCube produce un *Footprint* de aproximadamente 8,5 kilómetros.

La nave se basa en una versión personalizada de la corporación Tyvak. Corre bajo Linux y proporciona un data logger para el comando, manejo de datos, sistema de determinación y control de actitud. También interactúa con el módulo de referencia inercial que contiene dos cámaras en estrella, tres ruedas de reacción y tres pares magnéticos. El RainCube está configurado con un paquete de 120Wh para soportar altas corrientes de carga pico y operaciones de carga útil extendida. Dos paneles solares fijos desplegables proporcionan hasta 45 W de potencia máxima. Admite el control térmico activo de la carga útil e incluye un sistema de imágenes para capturar el despliegue de la antena. Las comunicaciones terrestres y el enlace descendente de datos utilizan UHF (RX / TX) y Banda S (TX)⁷.

En síntesis, el RainCube ha validado en el espacio dos nuevas tecnologías: la arquitectura miniaturizada para radares atmosféricos de banda Ka y la antena de banda Ka desplegable ultracompacta. Como tal, el RainCube ha introducido un nuevo paradigma para observar los procesos meteorológicos, ya que abre la posibilidad de una constelación de pequeños radares de precipitación. La nave y el radar del RainCube se mantuvieron en buen estado con los subsistemas térmicos y de

7 Fuente: "Radar in a CubeSat (RainCube)": Recuperado de: <https://www.jpl.nasa.gov/cubesat/missions/raincube.php>

potencia del radar funcionando dentro de los límites esperados con voltajes y temperaturas estables (Peral et al, 2019).

Finalmente, el RainCube fue desplegado por la ISS en julio de 2018 cumplimentando su misión en diciembre de 2020. Aquella *rara avis* demostró la evanescencia de sus limitaciones.

Cubesat & Space Debris: Principales problemas y su mitigación

Desde que a finales de los 50 se consiguió orbitar un objeto artificial alrededor de la Tierra, el ser humano ha lanzado miles de satélites. Aunque no existe un registro completo y unívoco de todos ellos, se calcula que más de 900.000 escombros se han rastreado orbitando la tierra, según estimaciones de la ESA (Agencia Espacial Europea)⁸. A su vez, la Oficina de la ONU para Asuntos Espaciales (UNOOSA), lleva alertando sobre este tópico y todos los objetos lanzados al espacio exterior que se convirtieron en basura; satélites, sondas, cohetes y otros dispositivos. El peligro sustancial es la velocidad a la que se mueven estos objetos; más de 28.000 kilómetros por hora, lo que los constituye en auténticos proyectiles. Podemos avizorar que la revolución de los nanosatélites hará que en los próximos años el número de objetos se multiplique de manera exponencial.

Por ello, a pesar de las ventajas enunciadas, existe la preocupación de que los CubeSats puedan aumentar la cantidad de desechos espaciales. Gracias a bases de datos como la del Mando de Defensa Aeroespacial de Norteamérica (NORAD) se construyeron mapas interactivos en los que podemos observar los tipos de objetos que orbitan cerca de Tierra, y se detecta el *space debris* notificando su altitud, inclinación y velocidad⁹. Con el fin de mitigar este problema y planear la eliminación de varios escombros, se están sugiriendo posibilidades: la adopción del Código Internacional de Conducta para las Actividades en el Espacio Ultraterrestre e ISO 24113: 2019, que define los requisitos de mitigación de los desechos espaciales primarios, por parte de los desarrolladores de CubeSat, pero también aplicables a todos los elementos de los sistemas no tripulados lanzados al espacio cercano a la Tierra o que lo atraviesan, incluidas las etapas orbitales de los vehículos de lanzamiento, las naves espaciales operativas y cualquier objeto liberado como parte de las operaciones normales. Estos requisitos buscan reducir el crecimiento del *space debris* al garantizar que las etapas orbitales de las naves espaciales y los vehículos de lanzamiento se diseñen, operen y eliminen de una manera que evite que generen desechos a lo largo de su vida útil en órbita. Los requerimientos también están destinados a reducir el riesgo de accidentes en tierra asociados con la reentrada atmosférica de objetos espaciales. Estos son insumos para comprometer a la comunidad del CubeSat a lograr un espacio sustentable. Estos protocolos se inscriben en el cumplimiento de los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible) que la Organización de las Naciones Unidas fijó para la Agenda 2030.

Los desafíos de estas constelaciones no sólo devienen del aumento del *space debris*, sino también del incremento de probabilidades de colisión, congestión para la descarga de datos y contaminación óptica o de radio frecuencia.

A modo de cierre

Esperamos que este recorrido sucinto pueda brindar no sólo el estado de cosas en el área de los nanosatélites, sino un abordaje a los CubeSat como tecnología en desarrollo y a los WoodSat y RainCubes como tecnologías disruptivas. A decir de Vilela et al. (2019) los CubeSats probablemente jugarán un papel importante en el contexto espacial internacional en un futuro próximo.

⁸ Fuente: "Basura espacial: ¿ha llegado el momento de empezar a cuidar el cosmos?" Recuperado de: <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/basura-espacial>. Webinar de ESA sobre Space Debris <https://www.youtube.com/watch?v=QMACn43z4zo>

⁹ Mapa interactivo utilizando tecnología WebGL en 3D. Disponible en: <http://stuffin.space/>

Podemos elucubrar que ello se debe a las prospectivas que habilitan; como permitir monitorizar las señales de radio que se emiten desde la tierra en caso de desastre, pudiendo tener información preliminar sobre el grado de impacto y de las zonas más afectadas. De esta manera logran una organización más ágil en las labores de rescate y recuperación. Por otro lado, la existencia de grandes zonas productivas vulnerables a catástrofes naturales y los factores climáticos, entre otros aspectos, permiten afirmar que la Argentina no puede prescindir de las tecnologías espaciales. Para lograr este objetivo deberá seguir invirtiendo recursos con la intención de hacer un uso intensivo de los productos de la ciencia y las aplicaciones espaciales, ya que la gestión de activos como; aviones, barcos o vehículos terrestres puede ser imposible o sumamente costosa en zonas sin cobertura terrestre. Gracias a los servicios de geolocalización, una constelación de nanosatélites puede monitorizar a diferentes grupos de activos en cualquier parte del planeta de manera inmediata. Los nanosatélites pueden complementar las redes terrestres en actividades logísticas complejas, por ejemplo, a la hora de desplegar tropas y equipos militares. La experiencia de Noruega demuestra como una caja de 6 kilos a 600 kilómetros del suelo y volando a 27.000 kilómetros por hora 15 veces al día, puede sobrevolar el mar de Barents enviando mensajes a las estaciones terrenas sobre lo que ve. Este verdadero informante en el espacio trabaja captando el Sistema de Identificación Automática -AIS, por sus siglas en inglés- que todos los barcos de más de 300 toneladas tienen a bordo gracias a un transmisor. Este proporciona datos sobre la identidad, la posición, el rumbo y la velocidad de la embarcación. La información se puede trazar en un mapa electrónico o en la pantalla de radar de los barcos cercanos. El sistema es importante tanto para la seguridad en el mar como para monitorear el tráfico de barcos. Esta posibilidad de trackeo de los CubeSat es vital, no sólo para resguardar la soberanía nacional sino para producir inteligencia estratégica. Paralelamente, debemos concluir, desde la geopolítica y sin ambages, que la capacidad de GEOINT de las Fuerzas Armadas puede ser competitiva a la de los países que comprenden, por ejemplo, la vanguardia de los nanosatélites y el proceso de investigación y desarrollo que encierran.

Además, los nanosatélites son la base del desarrollo del IoT a nivel global, que permite comunicaciones con las zonas sin cobertura terrestre a través de una infraestructura espacial. Para conectar las constelaciones de satélites a la arquitectura IoT, existen dos maneras según la necesidad de potencia recibida: acceso directo - comunicación entre grupos de objetos IoT y satélite- y acceso indirecto a través de un nodo concentrador o Gateway (Prescornitoiu Dragos, 2019). Cada vez habrá más objetos sensorizados y redes con necesidad de comunicación a nivel planetario. En este sentido, el Instituto Civil de Tecnología Espacial (ICTE) con colaboraciones multidisciplinarias se encuentra transitando un proceso de investigación y desarrollo de un nanosatélite a modo de laboratorio espacial, para abastecer de servicios de IoT. Esta experiencia es inédita en la región ya que permitiría comunicar barcos, aviones y vehículos terrestres en zonas inhóspitas¹⁰.

Dentro de las implicancias del desarrollo de un CubeSat podemos incluir su incidencia en los ODS de la Agenda 2030 de la ONU, que es un dato no menor. Entre las metas del objetivo Industria, Innovación e Infraestructuras, se incluyen: “desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad, para apoyar el desarrollo económico y el bienestar humano y apoyar el desarrollo de tecnologías, la investigación y la innovación nacionales”¹¹. El desarrollo sustentable de nuestra región necesita de la utilización intensiva de las tecnologías geoespaciales, tanto como fuentes de información, como metodologías de análisis así como catalizador de investigación y desarrollo interdisciplinario.

10 Fuente: Jornada Argentina Aeroespacial. Acceso al Espacio Argentino. Disponible en el canal de YouTube de la Universidad de la Defensa Nacional (Undef) <https://www.youtube.com/channel/UCNI-Z00Tf7VTbZMtkf-Ax7g/videos?view=0&sort=dd&flow=grid>

11 Los ODS para la Agenda 2030 se encuentran disponibles en <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>

Como aseveran Bitar et al. (2021) los decisores y los organismos de planificación no solo deben tener en cuenta la data, la información y el conocimiento para la adopción de medidas. Es importante pensar estratégicamente para ampliar las miradas del mundo y la capacidad de entender holísticamente lo que está sucediendo.

En suma, las experiencias en el proceso de investigación y desarrollo de pequeñas empresas y del sector educativo nos demuestran lo asequible que puede ser el CubeSat y la masiva compatibilidad en diferentes proyectos.

Como señalan Da Ponte et al. (2019) la educación tecnológica y técnica de calidad en el nivel secundario y universitario, articulada en una red sólida de interrelaciones entre la estructura productiva y la infraestructura científico-tecnológica nacional son activos estratégicos en el siglo XXI. En la medida que la investigación, el desarrollo y la producción para la Defensa estén integrados a dicha red y a la política económica, el funcionamiento sectorial exhibirá otros resultados.

En este tiempo de liminalidad -apertura y ambigüedad- la serendipia se encarama en las perspectivas para las Fuerzas Armadas. Habida cuenta del aumento de confianza en la sociedad, por la tarea desplegada durante la pandemia y considerando que un estudio elaborado por la consultora *Management & Fit* en 2020, reveló al Ejército como una de las instituciones más confiables para los argentinos,¹² se presenta una oportunidad estratégica para repensar posibilidades de reequipamiento, reforzando no sólo la Defensa sino también las misiones subsidiarias, como el apoyo a la comunidad y la ayuda humanitaria. En ambos casos, la participación militar en un proceso de investigación y desarrollo de un Cubesat es un aporte a la soberanía geoespacial, que instaura una formidable posibilidad de inculcar la cultura del desarrollo y la producción de tecnología de punta, de la que las Fuerzas cuentan con conspicuos pergaminos.

Bibliografía

- > Berazategui, A. (2021). *¿Qué es la Geopolítica? Su objeto de estudio y por qué debería importarnos*. Nomos, Filosofía y Pensamiento estratégico. Disponible en: <https://nomos.com.ar/2021/06/03/que-es-la-geopolitica-su-objeto-de-estudio-y-por-que-deberia-importarnos/>
- > Bitar, S., Máttar, J., & Medina Vásquez, J. E. (2021). *El Gran Giro de América Latina: Hacia una región democrática, sostenible, próspera e incluyente*.
- > Chahat, N., Sauder, J., Hodges, R., Thomson, M., Samii, Y. R., & Peral, E. (2016, April). Ka-band high-gain mesh deployable reflector antenna enabling the first radar in a CubeSat: RainCube. In *2016 10th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP)* (pp. 1-4). IEEE.
- > Da Ponte, A., & Ocón, A. L. (2019). *Política internacional y defensa en el Siglo XXI: entre la incertidumbre, la ciencia ficción y las nuevas dinámicas tecnológicas*. Relaciones Internacionales.
- > Kovács, R., & Józsa, V. (2018). *Thermal analysis of the SMOG-1 PocketQube satellite*. *Applied Thermal Engineering*, 139, 506-513.
- > Landeta P., Olmedo F. & Fernández E. (2014). *Análisis y simulación del comportamiento térmico del sistema integrado, estructura y componentes electrónicos del prototipo del satélite Cubesat*. Universidad de las Fuerzas Armadas.
- > Mendizábal, L. C. R. (2013). *Usando Simulación en los Sistemas Astronáuticos y Aeroespaciales*. *Espacio I+ D: Innovación más Desarrollo*, 2 (2).

¹² Fuente: "Un estudio posicionó al Ejército como una de las instituciones más confiables para los argentinos" 7 de mayo de 2020. Recuperado de: <https://elcanciller.com/confianza-en-el-ejercito-nacional-por-la-ayuda-durante-la-pandemia/>

- > Peral, E., Imken, T., Sauder, J., Statham, S., Tanelli, S., Price, D., ... & Williams, A. (2017). *RainCube, a Ka-band precipitation radar in a 6U CubeSat*.
- > Peral, E., Tanelli, S., Statham, S., Joshi, S., Imken, T., Price, D., ... & Williams, A. (2019). *RainCube: The first ever radar measurements from a CubeSat in space*. *Journal of Applied Remote Sensing*, 13 (3), 032504.
- > Poghosyan, A., & Golkar, A. (2017). *CubeSat evolution: Analyzing CubeSat capabilities for conducting science missions*. *Progress in Aerospace Sciences*, 88, 59-83.
- > Prescornitoiu Dragos, B. G. (2019). *Estudio y diseño de constelaciones de nanosatélites en el marco de las comunicaciones IoT* (Bachelor's thesis)
- > Toorian, A., Diaz, K., & Lee, S. (2008, March). *The cubesat approach to space access*. In 2008 IEEE Aerospace Conference (pp. 1-14). IEEE.
- > Villela, T., Costa, C. A., Brandão, A. M., Bueno, F. T., & Leonardi, R. (2019). *Towards the thousandth CubeSat: A statistical overview*. *International Journal of Aerospace Engineering*, 2019.

Sitios de interes

<https://www.cubesat.org/>

<https://nanoavionics.com/>

<http://lia-aerospace.com/>

<http://www.albaorbital.com/>

3.2

Incorporación del Sar Saocom para el monitoreo operativo del hielo marino y témpanos

Por Constanza Sofía Salvó, Ludmila Gómez Saez, Alvaro Scardilli, Héctor Salgado.
Departamento de Meteorología del Servicio de Hidrografía Naval.

Resumen

El monitoreo del hielo marino y los témpanos en la Antártida es de relevancia para temáticas climáticas y de logística en las campañas antárticas de verano. La eficiente y segura navegación de los buques que abastecen las bases antárticas y trasladan el personal requieren de información actualizada de las condiciones glaciológicas. Los radares de apertura sintética son, por excelencia, los instrumentos utilizados para el seguimiento del hielo marino y los témpanos. Entre ellos, el SAOCOM es un satélite argentino recientemente puesto en órbita en el año 2018. En este trabajo se presenta el avance en la incorporación del SAOCOM en las tareas operativas y de investigación llevadas a cabo en el Servicio de Hidrografía Naval.

PALABRAS CLAVE: Sensores remotos, radar de apertura sintética, SAOCOM, Antártida.

FECHA: 01/09/2021

TIPO DE TRABAJO: Artículos referidos a innovaciones tecnológicas

EJE TEMÁTICO: Sensores remotos y detectores

Introducción al trabajo

El Servicio de Hidrografía Naval (SHN) ha asesorado en temas de glaciología marina y de apoyo a las operaciones logísticas y de búsqueda y rescate en aguas polares y subpolares como parte de sus tareas definidas en la Ley Hidrográfica (Ley N° 19.922). Dichas tareas se hicieron aún más

necesarias con la llegada y puesta en operación del ROMPEHIELOS A.R.A. "ALMIRANTE IRIZAR" en el año 1978. Para la ejecución de los asesoramientos glaciológicos fue necesario el uso de la información satelital en la observación de los hielos flotantes, hielo marino y témpanos, determinantes en la toma de decisiones para las tareas logísticas antárticas. Desde ese entonces, el Departamento de Meteorología ha desarrollado e investigado el uso de los sensores remotos para tal fin, siendo de relevancia los radares de apertura sintética (SAR, por sus siglas en inglés) dada su operatividad aún bajo condiciones de nubosidad y ausencia de luz solar típicas del Continente Antártico. Para el cumplimiento de las tareas operativas ha sido necesaria la generación de líneas de investigación novedosas y aplicadas a las necesidades que con tiempo fueron surgiendo (Mehl & Salgado, 1995; Salgado et al., 1995; Salgado 1998, 2001; Carballo et al., 2015; Salgado et al., 2017; Salvó et al., 2018; Scardilli et al., 2018). En la actualidad, con el lanzamiento del satélite argentino SAOCOM por parte de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE), se cuenta por primera vez con imágenes de un organismo nacional para llevar a cabo las tareas de monitoreo glaciológico. Este trabajo expone la incorporación y alcances obtenidos con las imágenes del SAR SAOCOM en las tareas operativas y de investigación y desarrollo del SHN.

Desarrollo del trabajo

El Servicio de Hidrografía Naval (SHN) realiza tareas operativas y de investigación para brindar servicio de seguridad náutica en aguas polares de la Antártida, una de las áreas de responsabilidad nacional dentro de la NAVAREA VI. Las tareas operativas constan del monitoreo diario del hielo marino y témpanos para la generación de productos de las Cartas de Hielo, la Carta de Borde de Hielo Marino y la Carta de Témpanos, las cuales se hallan a disposición en la web <http://www.hidro.gov.ar/> (Scardilli et al., 2018). A su vez, también se provee información de las observaciones glaciológicas de las bases antárticas junto con la publicación semanal de un parte glaciológico.

Para llevar a cabo estas tareas los sensores remotos son las herramientas principales empleadas, desde satélites ópticos, como el sensor MODIS (Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer) en los satélites Aqua y Terra, hasta sensores activos, como los radares de apertura sintética (SAR). Los sensores que por excelencia se destinan al monitoreo del hielo flotante son los SAR y en el SHN los que frecuentemente se utilizan son el Sentinel-1 (banda C, 5.405 GHz), el SAOCOM (banda L, 1.275 GHz) y en menor medida el COSMO-SkyMed (banda X, 9.6 GHz). El SAR SAOCOM, lanzado el 7 de octubre 2018 (SAOCOM 1A) y el 30 de agosto 2020 (SAOCOM 1B) por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE), se utiliza en el SHN desde el año 2019.

Las tareas diarias de los analistas de hielo del SHN consisten en la descarga y procesamiento de las imágenes satelitales y su posterior digitalización en ambientes SIG para la generación de los productos glaciológicos mencionados. Entre ellos, las Cartas de Hielo sintetizan las condiciones generales de concentración y tipo de hielo marino y presencia de témpanos de 10 zonas de análisis dentro de la NAVAREA VI (Figura 1).

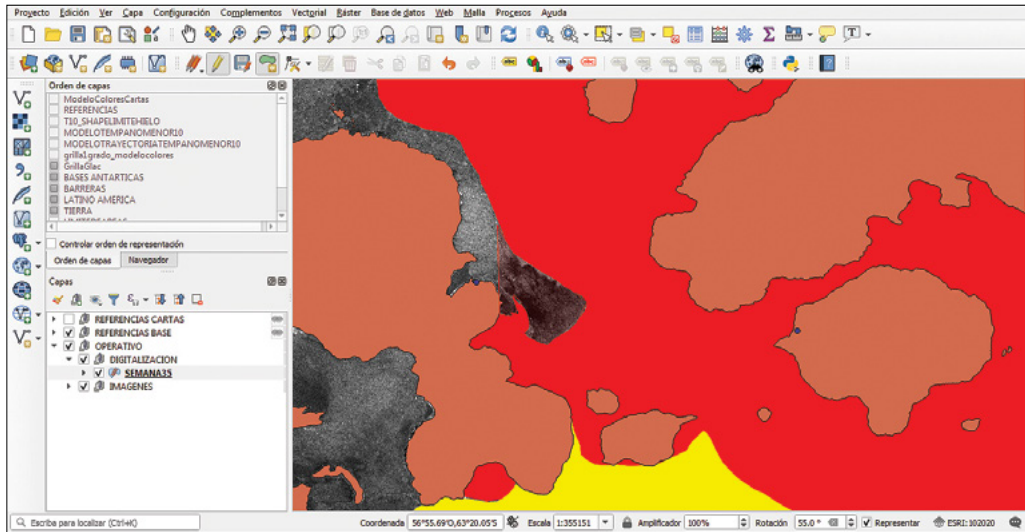
La digitalización de la información se basa en la interpretación de las imágenes actualizadas de diversas resoluciones espaciales y observaciones in situ recibidas en tiempo real

FIGURA 1: ZONAS DE LAS CARTAS DE HIELO DEL SERVICIO DE HIDROGRAFÍA NAVAL



desde las bases y buques antárticos. A partir de la interpretación visual los analistas de hielo del SHN, utilizando el software libre QGIS, crean los polígonos de concentración de hielo marino generando semanalmente la respectiva Carta de Hielo (Figura 2 y 3).

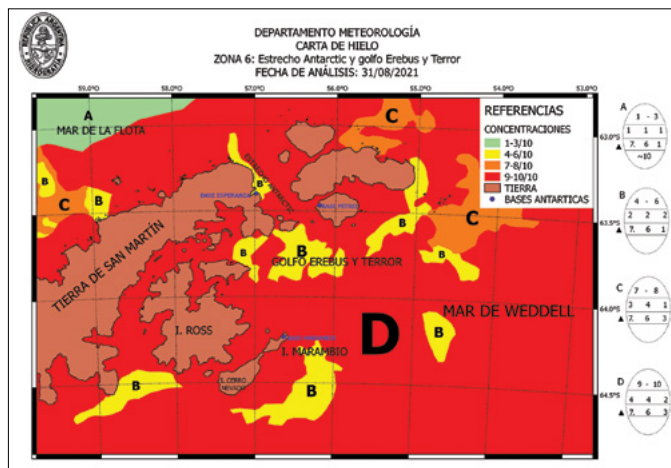
FIGURA 2: EMPLEO DEL SOFTWARE QGIS PARA GENERACIÓN DE CARTAS DE HIELO. DIGITALIZACIÓN DE CONCENTRACIONES EN EL ESTRECHO ANTÁRTICO SOBRE IMAGEN SENTINEL-1 DEL DÍA 31 DE AGOSTO DE 2021.



Según el código de colores, se diferencian las concentraciones y a cada polígono se le asigna una letra para referenciar el “Código Oval” (Egg Code, su denominación en inglés), esta descripción refiere a la simbología del hielo marino por estándares internacionales (WMO, 2004). A modo de ejemplo en la Figura 3 se presenta la carta del día 31 de agosto del 2021 para la zona 6 correspondiente al estrecho Antártico y Golfo de Erebus y Terror. En el “Código Oval”, el polígono A muestra en la parte superior la concentración total de hielo marino (1-3/10), en el siguiente la partición de las concentraciones parciales (1 1 1), según los estados de desarrollo o espesores (7.6 1), y en la última división se informa la forma del hielo (sólo en caso de que sean visualizadas), como, por ejemplo, cintas o fajas de hielo (10). A su vez, el triángulo negro a la izquierda del “Código Oval” indica la presencia de témpanos en el área del polígono correspondiente.

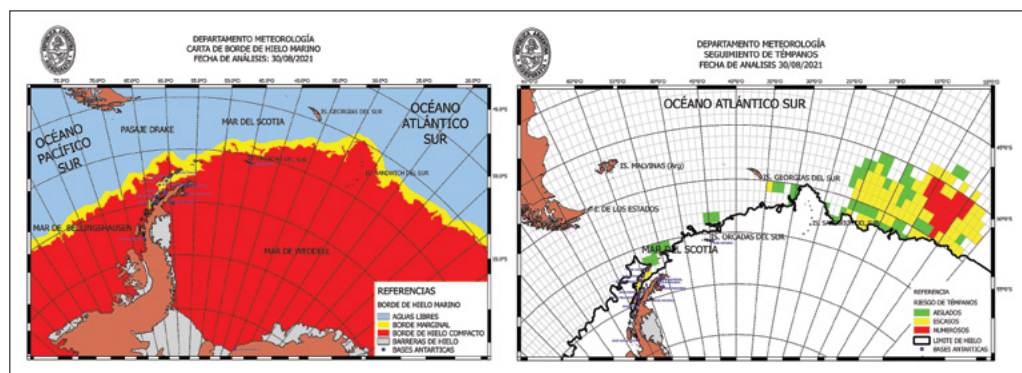
Bisemanalmente se generan la Carta de Borde de Hielo Marino y la Carta de Témpanos (Figura

FIGURA 3: CARTA DE HIELO DE LA ZONA 6 DEL 31 DE AGOSTO DE 2021.



ra 4). La Carta de Borde de Hielo Marino establece los límites generales del campo de hielo compacto y del borde marginal, lo que permite a los navegantes conocer cuáles son las zonas navegables libres de hielo marino y seguras de las que no. La Carta de Témpanos visualiza la posición de témpanos con una extensión mayor a 10 millas náuticas, los cuales son clasificados por una letra y número establecido por el U. S. National Ice Center (US NIC); los témpanos menores a las 10 millas náuticas y que pueden ser observados a través de las imágenes satelitales para su seguimiento; y por último las áreas con riesgo de témpanos según la densidad de estos elementos que se observan en cada sector de 1° de longitud por 1° de latitud. El riesgo en estas áreas se clasifica según la cantidad de témpanos con el nombre de "Aislados" si presenta 1 témpano, "Escasos" si se encuentran de 2 a 6 témpanos, o "Numerosos" si el número es igual o superior a 7 témpanos. Los témpanos dentro del campo de hielo compacto no son mostrados en este tipo de cartas.

FIGURA 4: CARTA DE BORDE DE HIELO MARINO (IZQUIERDA) Y CARTA DE TÉMPANOS (DERECHA) DEL 30 DE AGOSTO DE 2021.



En la actualidad, el SAOCOM ya se encuentra operativamente en uso por el SHN siendo las imágenes al sur de 60°S descargadas y procesadas para el reconocimiento del hielo flotante por parte de los analistas de hielo y generación de todos los productos de cartografía glaciológica mencionados. El SAOCOM también ya ha sido utilizado operativamente en el asesoramiento de los buques de la Armada Argentina en la Campaña Antártica de Verano 2020-2021.

Sin embargo, el uso de los SAR requiere de constante investigación, desarrollo y capacitación de personal para su operativa aplicación. Es por ello que en el SHN se llevan a cabo líneas de investigación para el aprovechamiento de estos recursos. Recientemente, se ha realizado un estudio comparativo entre distintas frecuencias de los SAR. El objetivo de este proyecto fue comparar las ventajas y desventajas del uso de cada uno de los satélites de manera de generar conocimiento para la eficiencia en el monitoreo de los hielos flotantes (témpanos y hielo marino).

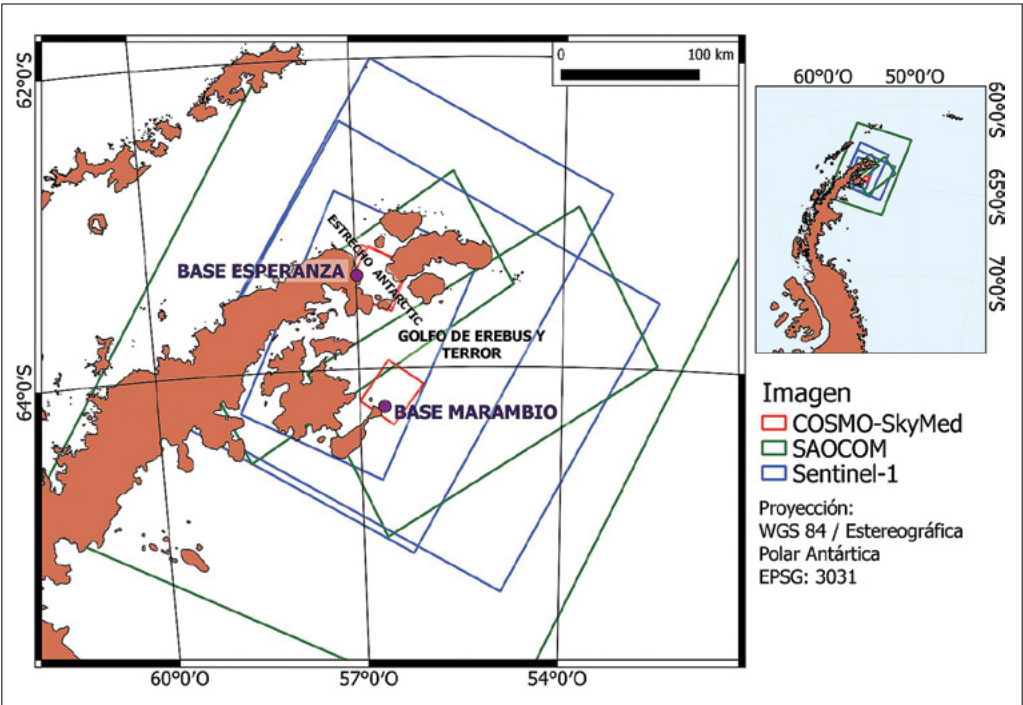
Se trabajó con tres grupos de imágenes SAR provenientes de COSMO-SkyMed, Sentinel-1 y SAOCOM donde estas presentaron una diferencia temporal de adquisición menor a 32 horas (Tabla 1). Estas imágenes fueron procesadas (calibración, multilooking, corrección geométrica y transformación de coeficiente de backscatter a decibels según lo descrito en Filippini 2019) y posteriormente analizadas en conjunto de manera de reconocer el hielo marino y los témpanos en el mismo grupo de imágenes. La polarización utilizada fue HH y HV frente a la cantidad de imágenes adquiridas en Dual Pol, y la combinación RGB empleada para su representación fue de HH-HV-HH. El área de estudio del proyecto fue en los alrededores del golfo de Erebus y Terror y el estrecho Antártico, zonas aledañas a las bases antárticas Marambio y Esperanza

respectivamente (Figura 5). Esta región fue seleccionada por la diversidad de tipos de hielo presentes. Todas las condiciones ambientales se contrastaron con datos meteorológicos de las bases antárticas Marambio y Esperanza.

TABLA 1: IMÁGENES DE RADAR DE APERTURA SINTÉTICA UTILIZADAS EN EL PROYECTO DE INTERCOMPARACIÓN SAR.

Satélite	Fecha	Hora UTC	Modo	Órbita	Resolución [m]	Polarización	Ángulo de incidencia [°]
Sentinel-1	2020/05/10	07:51	EW	Descendente	50.0	Dual Pol	45-30
SAOCOM	2020/05/10	11:09	TOPSAR W	Ascendente	100.0	Quad Pol	17-35
COSMO-SkyMed	2020/05/11	19:10	Ping-Pong	Descendente	33.3	Dual Pol	56-58
Sentinel-1	2020/05/13	08:16	EW	Descendente	50.0	Dual Pol	17-27
SAOCOM	2020/05/13	19:55	TOPSAR W	Descendente	50.0	Dual Pol	24-48
COSMO-SkyMed	2020/05/13	20:09	Ping-Pong	Descendente	33.3	Dual Pol	18-22
SAOCOM	2020/05/21	11:16	TOPSAR W	Ascendente	50.0	Quad Pol	17-35
COSMO-SkyMed	2020/05/21	19:45	Ping-Pong	Descendente	25.5	Dual Pol	39-41
Sentinel-1	2020/05/22	07:51	EW	Descendente	100.0	Dual Pol	33-45

FIGURA 5: ÁREA DE ESTUDIO Y ÁREA DE COBERTURA DE LAS IMÁGENES DE RADAR DE APERTURA SINTÉTICA UTILIZADAS EN EL PROYECTO DE INTERCOMPARACIÓN SAR.



Los resultados de la intercomparación cualitativa mostraron que la banda L proveniente del SAOCOM presentó un mejor reconocimiento de los témpanos de dimensiones menores a 100 metros, principalmente en campos de hielo fijo del primer año y joven, formación de hielo que se corresponde a estadios iniciales e intermedios de desarrollo con espesores que pueden ir

de los 10 centímetros hasta los 2 metros (Figura 6). Puede observarse cómo los témpanos en la imagen SAOCOM se distinguen con coloraciones verdes lo que representa una mayor respuesta en la polarización HV. Este resultado incluso se observó con resoluciones espaciales menores de SAOCOM respecto de otros sensores, revelando una ventaja operativa para el uso de imágenes de mayor extensión como las TOPSAR Wide (Figura 7).

FIGURA 6: TÉMPANOS MENORES A 100 M AL NORTE DE ISLA MARAMBIO. COMBINACIÓN RGB: HH-HV-HH.

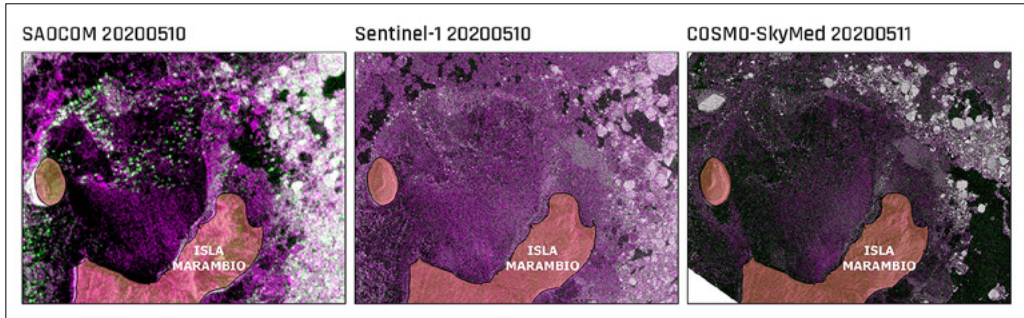
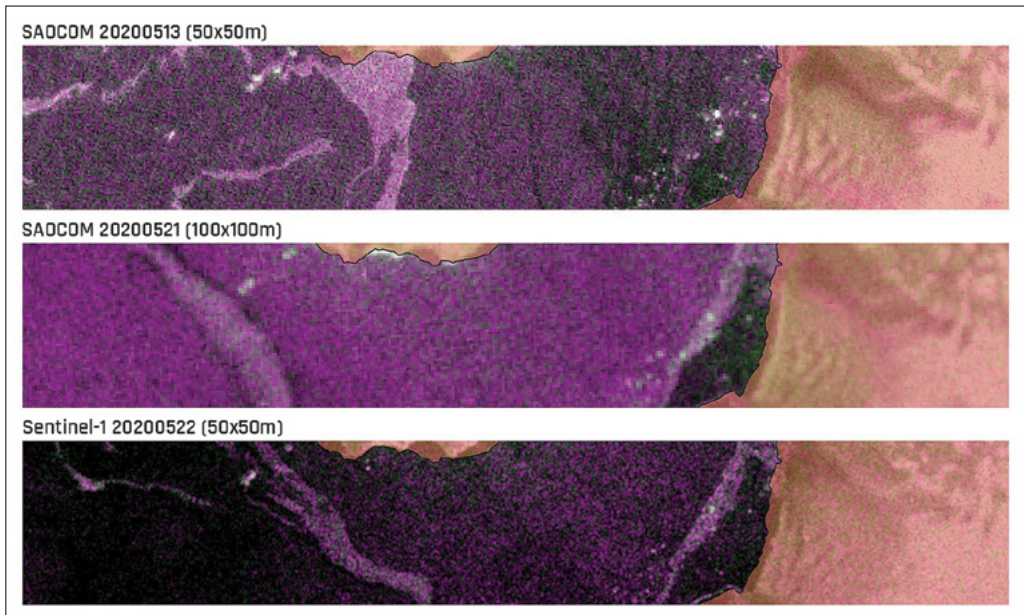
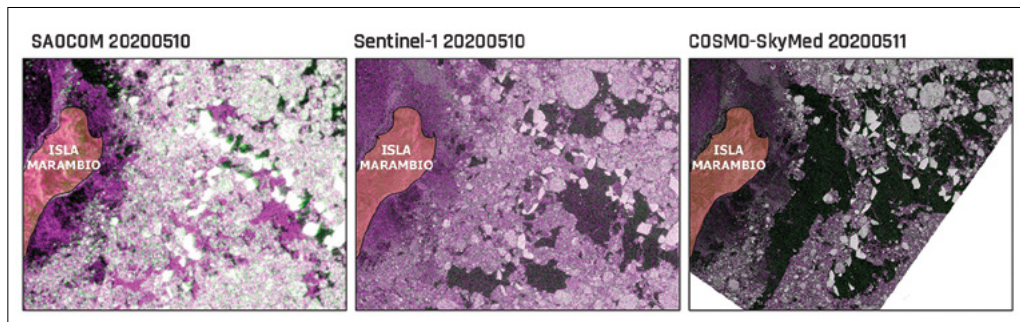


FIGURA 7: TÉMPANOS EN IMÁGENES SAOCOM DE DIFERENTE E IGUAL RESOLUCIÓN A SENTINEL-1. COMBINACIÓN RGB: HH-HV-HH.



Los témpanos de grandes dimensiones, como los tabulares de extensión superior a 300 metros, presentaron valores de retrodispersión mayores que Sentinel-1 y COSMO-SkyMed (Figura 8). La elevada respuesta en la polarización HV de SAOCOM, representada con coloraciones verdes, en conjunto con la polarización HH, que saturan la respuesta de los témpanos con coloraciones blancas intensas, permitieron su distinción dentro del campo de hielo con mejor reconocimiento visual respecto de los demás sensores.

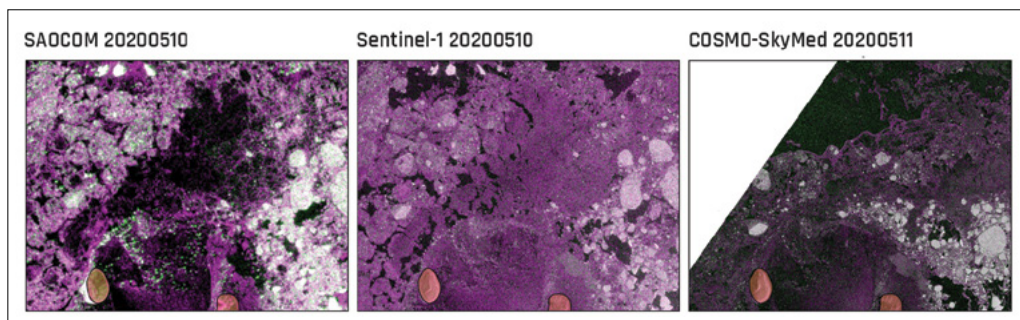
FIGURA 8: TÉMPANOS TABULARES AL ESTE DE ISLA MARAMBIO EN IMÁGENES SAOCOM, SENTINEL-1 Y COSMO-SKYMED. COMBINACIÓN RGB: HH-HV-HH.



Se esperaba que la combinación de la banda L con la banda X o C podría mejorar la detección de témpanos debido a la mayor penetración de las ondas de radar en banda L (Falkingham, 2014). No se han realizado demasiadas investigaciones en el uso operativo de banda L para la detección de témpanos. Sin embargo, los resultados cualitativos aquí obtenidos fueron concluyentes con estudios previos donde la banda L presentó mayor facilidad en la detección de témpanos de diferentes escalas espaciales en comparación a la banda C o X para diferentes resoluciones espaciales y áreas de estudio (IICWG, 2019).

En cuanto al hielo marino, la retrodispersión de las imágenes de la banda C y la X fueron similares mientras que la banda L aportó las diferencias visuales detectables. El SAOCOM mostró gran sensibilidad al hielo joven y del primer año (Figura 9). La mayor sensibilidad del SAOCOM se corresponde con la mayor penetración de la banda L sobre la nieve. Estas diferencias resaltan características intrínsecas al objeto cuyo análisis debe ser estudiado según su aplicación. Para estudios de propiedades fisicoquímicas de cada tipo de hielo, este detalle puede ser de utilidad al ser acompañados con datos in-situ.

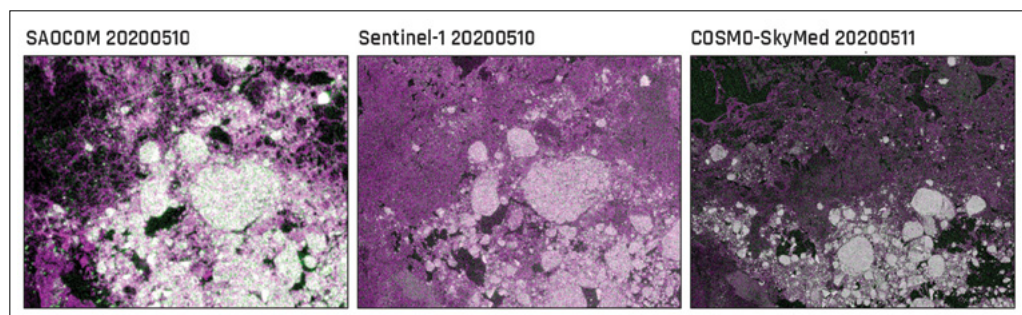
FIGURA 9: HIELO JOVEN Y DEL PRIMER AÑO CON ALGO DE HIELO VIEJO EN LAS IMÁGENES SAOCOM, SENTINEL-1 Y COSMO-SKYMED. COMBINACIÓN RGB: HH-HV-HH.



Para fines operativos, el exceso de detalle ofrecido por la banda L puede, por un lado, favorecer el reconocimiento de distintos tipos de hielo para su posterior digitalización y, por otro lado, puede desfavorecer a una rápida inspección de las imágenes por parte del analista de hielo para su uso en situaciones de urgencia. Esto último se debe ya que la mayor sensibilidad en la

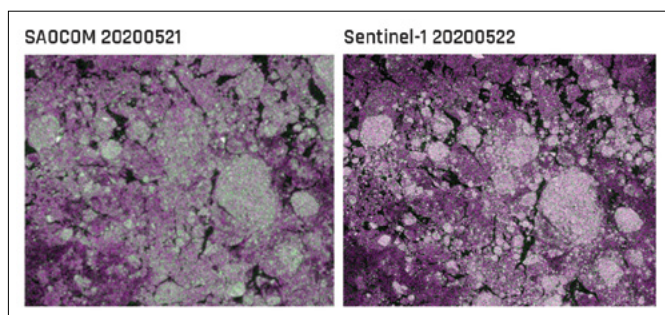
detección por la banda L mostrará una condición compleja para el ojo humano y en ese caso la banda C y X, al homogeneizar la respuesta del hielo, serían de mayor utilidad. Como puede observarse en la Figura 10, Sentinel-1 y COSMO-SkyMed permiten distinguir homogéneamente un campo de hielo viejo, mayor a 2 metros, y otro de menor espesor correspondiente al primer año y joven, mientras que SAOCOM detecta diferentes características de la superficie brindando más información.

FIGURA 10: HIELO JOVEN, DEL PRIMER AÑO Y VIEJO EN LAS IMÁGENES SAOCOM, SENTINEL-1 Y COSMO-SKYMED. COMBINACIÓN RGB: HH-HV-HH.



En el campo de hielo marino con mayores espesores (mayor a 2 metros), se observó que las bandas X y C permiten una mejor distinción de los límites y bordes de las bandejas de hielo en comparación con la respuesta de la banda L (Figura 10 y 11). Este resultado podría deberse a las diferencias en las resoluciones espaciales y no tratarse de una característica intrínseca de la respuesta de cada banda.

FIGURA 11: BANDEJAS DE HIELO VIEJO EN IMÁGENES SAOCOM Y SENTINEL-1 COMBINACIÓN RGB: HH-HV-HH.

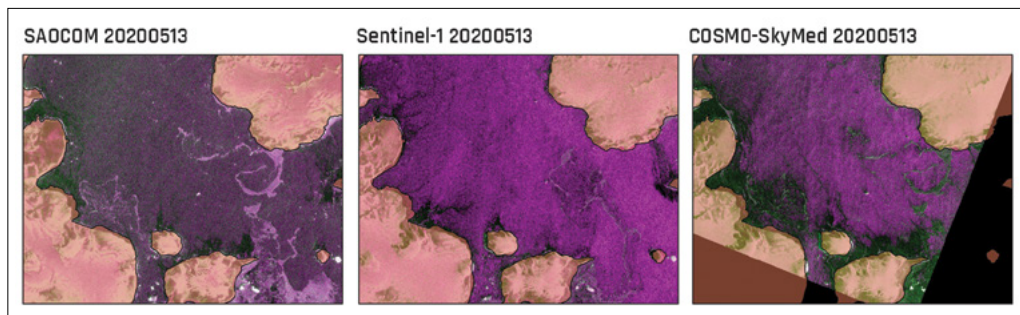


Estos últimos resultados demuestran que la información brindada por la banda C y X resulta complementaria a la información obtenida de la banda L. El uso de imágenes SAR en distintas bandas beneficia las tareas operativas de cartografía de hielo (Dierking, 2010).

En algunas situaciones la respuesta obtenida en las diferentes bandas presentó complejidad para su análisis e inferencia de resultados. En la Figura 12 se muestra un caso particular con cintas de hielo marino de escombros y tortas rodeadas de agua. La distinción entre hielo y agua se observa con mayor claridad en banda L, sin embargo, esto puede deberse a la alta respuesta del agua debido a su rugosidad superficial en banda C y X, que puede ser la misma explicada a condiciones ambientales diferentes. Esto muestra la necesidad de un mayor análisis e investigación comparando las distintas imágenes en diversidad de escenarios para obtener resultados certeros.

Finalmente se concluye que el SAOCOM ha mostrado una mejora en los productos del SHN y los estudios llevados a cabo muestran resultados positivos para su uso y aplicación en el monitoreo del hielo marino y los témpanos. Los resultados en el uso del SAOCOM para los ase-

FIGURA 12: CINTAS DE HIELO EN LAS IMÁGENES SAOCOM, SENTINEL-1 Y COSMO-SKYMED. COMBINACIÓN RGB: HH-HV-HH.



soramientos glaciológicos en la Campaña Antártica de verano 2020-2021 fueron ampliamente exitosos, esto contribuyó a un mayor recurso y disponibilidad de información satelital, la cual es relevante frente a las condiciones ambientales cambiantes del continente Antártico. Para el SHN este hito es un logro de amplio reconocimiento, ya que es la primera vez que los productos glaciológicos cuentan con datos de imágenes satelitales nacionales para la generación de información. Serán necesarias posteriores investigaciones y continuidad en su aplicación para el desarrollo de nuevas mejoras tecnológicas.

Referencias

- > Carballo, F., Masuelli, S., Salgado, H., Labanda M. & Barreira, S. (2015). *Sea Ice Extension and Concentration from SAC-D MWR Data*. 10th Aquarius/SAC-D Science Meeting 2015, 17-19 November 2015, Buenos Aires.
- > Dierking, W. (2010). *Mapping of different sea ice regimes using images from Sentinel-1 and ALOS synthetic aperture radar*. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 48(3):1,045–1,058
- > Falkingham (2014). *Global satellite observation requirements for floating ice*. PSTG-4 Final Report.
- > Filippini, F. (2019). *Sentinel-1 GRD Preprocessing Workflow*. In Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings Vol. 18, No. 1, p. 11.
- > International Ice Charting Working Group (IICWG, 2019). *Rose-L*. Report 1, versión 2, Diciembre 2019.
- > Mehl, H. & Salgado, H. (1995). *Aspectos de interés para la navegación antártica interpretados a partir de imágenes SAR ERS*. Revista SELPER, Vol 11, N° 1-2, Editorial M. Araya, Chile, Mar.-Jun. 1995, pp. 29-33.
- > Salgado H., Picasso, M., Frulla L. & Gagliardini, A. (1995). *Uso de imágenes ERS-1/SAR para la caracterización de hielos flotantes*. Revista SELPER, Vol 11, N° 1-2, Edit.M. Araya, Chile, pp. 93-98.
- > Salgado H. (1998). *Actualización de cartografía náutica antártica (etapa primera)*. Globesar 2 Mid-Term Symposium Radarsat Applications in Latin America, Cartagena, Colombia, pp.368-371.
- > Salgado, H. 2001. *Antarctic nautical cartography updated with Radarsat images*. Canadian Journal of Remote Sensing (CJRS), Vol.27, N°6, pp.691-697
- > Salgado H., Carballo, F., Salvó, C., Lorenzo, B. & Monique, B. *Sea ice SAR backscattering analysis in Antarctic navigation zone*. 20 al 22 de junio de 2017. Earth Observation (EO) Summit 2017, Montreal, Canada.

- > Salvó, C., Salgado, H., Lorenzo, B., Scardilli, A. & Claus, F. *Concentración de hielo flotante en el Mar de Weddell* por medio de imágenes SAR. XIII CONGREGMET. 16 al 19 de octubre de 2018. Rosario, Argentina.
- > Scardilli, A., Claus, F., Miño R. A., Salvó, C. & Salgado H. *Cartas de hielo y témpanos en la Antártida a partir del análisis de sensores remotos y observaciones del Servicio de Hidrografía Naval*. NOVENO CONGRESO DE LA CIENCIA CARTOGRÁFICA "La Cartografía como Herramienta de Decisión". IGN. 24 al 26 de octubre de 2018.
- > WMO. (2004). No. 1215. *Ice chart colour code standard*. JCOMM Technical Report No. 24.

3.3

Entrenamiento Militar en el Continuo de Virtualidad

Por Ing. Santiago Maraggi

Todo entrenamiento, independientemente de la tecnología aplicada, se basa en distinta medida en ensayos realizados en una situación artificialmente generada, que emula un caso de aplicación real de las habilidades a entrenar. Luego, la neurología conductual y la neuropsicología han provisto nuevos marcos de comprensión para los procesos de aprendizaje y entrenamiento, para los que los simuladores brindan experiencias significativas desde sus formas más primitivas. Desde el ámbito de las ciencias de la comunicación se aborda la definición de un “continuo de virtualidad” para caracterizar los entornos en que se desarrolla la acción, que van desde los naturales a los absolutamente sintéticos (“virtuales”), con instancias intermedias de “realidad mixta”. Si bien, sin ser estrictamente una novedad, y tras numerosos éxitos en el mercado masivo de la industria del entretenimiento, se está generando una creciente tendencia de aplicar las tecnologías inmersivas modernas al entrenamiento y capacitación en aplicaciones profesionales, educativas y militares. En el presente artículo se resumen algunas consideraciones clave para el diseño y elaboración de simuladores de entrenamiento inmersivos, cuyo mayor antecedente fueron trabajos de campo realizados en proyectos llevados a cabo con el Grupo de Investigaciones en Ciencias Informáticas (REINVENT) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires y el Environmental Research and Innovation (ERIN) del Instituto de Ciencia y Tecnología de Luxemburgo (LIST), junto a un consorcio de Agencias de Seguridad Europeas ^{[1] [2] [3]}.

Aplicación de Tecnologías Inmersivas al Entrenamiento Crítico

El entrenamiento de agentes críticos de seguridad, personal militar y otros intervinientes en situaciones riesgosas, emergencias y crisis, se ha vuelto más crítico y complejo en el tiempo, en múltiples sentidos. Los costos operativos del entrenamiento se han incrementado, la disponibilidad de recursos estratégicos imprescindibles se ha visto limitada, en particular para grandes despliegues de diversos equipos en grandes áreas, por no mencionar interacciones con actores sociales en áreas urbanas, consideraciones ambientales respecto del impacto de las operaciones, la accidentología, la sensibilidad social extrema respecto de asuntos de seguridad y sanidad pública y la baja tolerancia a fallas son algunos de los factores que han complejizado el entrenamiento especializado en situaciones críticas de seguridad y gestión de riesgos ^{[4], [5], [6], [7]}.

Las tecnologías de realidad virtual (RV) y realidad aumentada (RA), por otra parte, brindan nuevas posibilidades para la implementación de simuladores de entrenamiento^{[8], [9], [10]}, entre otros, en tanto que la disponibilidad de modernas herramientas de desarrollo presenta un escenario inédito en la industria de los simuladores^[11].

Aspectos de diseño para simuladores de entrenamiento

Ciencias cognitivas

El diseño de experiencias para la capacitación y el entrenamiento debe apoyarse en las bases de la neurología conductual y neuropsicología modernas para su mayor efectividad^{[12], [13]}. El aprendizaje, por ejemplo, se encuentra vinculado a la creatividad, y el estrés se considera un factor decisivo para el desempeño bajo presión^{[14], [15]}, entre otros. De las técnicas de “práctica mental”, ampliamente utilizadas en el deporte de alto rendimiento, se pueden extraer recomendaciones prácticas^{[16], [17], [18]}, entre otros, y el “condicionamiento clásico” provee un marco sólido para entender y construir asociaciones mentales^{[19], [20], [21]}.

Para el trabajo efectivo con simuladores como herramientas se deben priorizar los elementos inherentes del proceso de aprendizaje y entrenamiento por sobre aspectos inmersivos no relacionados de la experiencia, aunque todos formen parte del proceso en alguna medida. Otro aspecto importante es la psicología y comunicación en el trabajo con los voluntarios que prueben los sistemas durante el desarrollo y evaluación de las herramientas desarrolladas, mayormente profesionales expertos de quienes se obtendrá retroalimentación.

En general, se hallaron varios conceptos psicológicos clave a tener en cuenta. El primero y más natural es el proceso de automatización de tareas, mensurable en la migración de áreas del cerebro involucradas en la ejecución de tareas aprendidas respecto de la ejecución consciente^{[12], [13]}, la detección de los componentes cognitivos y motores de las tareas a aprender o entrenar^{[12], [16]}, influencia de los tipos de comunicación entre perfiles de personas a fin de estandarizar las pruebas^[12], las funciones ejecutivas y la influencia de la intuición, la confianza y las emociones en el desempeño ejecutivo^[12]. Resulta fundamental, además, el modelado según la naturaleza y las técnicas de afrontamiento del estrés para su inclusión en experiencias con simuladores^{[7], [12], [13], [14], [15], [22], [23]}. La identificación de diversos factores para el alto rendimiento ejecutivo debería ser el fruto de la experiencia de campo^[22] para ordenar la práctica y la aplicación de técnicas de imágenes mentales^{[16], [17], [18], [22]}. Se halló evidencia de que la experiencia en la gestión del estrés es transferible ante diversos y novedosos elementos estresores^[15], por lo que la inclusión de elementos estresores resulta crítica, en tanto que se identificaron algunos factores atenuantes de la efectividad de las prácticas como tiempos de entrenamiento, desarrollo de modelos cognitivos y técnicas aplicadas^[7]. Uno de los primeros marcos conceptuales alrededor de estas temáticas y muy vigente aún es el condicionamiento clásico (“pavloviano”) y su variante instrumental (“thorndikiano”) ^{[19], [20]}.

Simuladores de entrenamiento y tecnologías de juegos

Un abordaje estratégico al campo de los simuladores de entrenamiento implica un conocimiento acabado del contexto tecnológico y de aplicación actual, fruto de la interacción de numerosos actores de diversos rubros en el tiempo, entre los cuales el ámbito militar ha sido un histórico impulsor e innovador.

La simulación, como estrategia pedagógica y de entrenamiento, se remonta en la historia humana a tiempos y formas imposibles de determinar con precisión. En aplicaciones modernas, se distinguen tres niveles de aplicación: “estratégico” (liderazgo, tareas cognitivas, largos plazos reso-

lutivos), “táctico” (gestión, tareas cognitivas y consideraciones operativas, plazos resolutivos cortos) y “operativo” (ejecución de tareas, tendientes a lograr resultados inmediatos). El campo estratégico estuvo tradicionalmente implementado a través del planteo de situaciones teóricas^[24], el táctico por planteo de escenarios concretos, como por ejemplo juegos de guerra^[25], y el operativo por la recreación de situaciones para el ensayo de la ejecución de las operaciones a entrenar.

Para la validación de simuladores de entrenamiento, en los trabajos llevados a cabo, hallamos dos conceptos fundamentales entre la bibliografía especializada: la “validez de constructo”, que se define como la “capacidad de un simulador para evaluar la habilidad técnica de los usuarios”, y la “validez de transferencia” que es la “capacidad de un simulador de generar habilidades trasladables a aplicaciones reales”^[9].

En ámbitos castrenses, se entiende por “sistema de simulación” un “artilugio con cierto grado de sofisticación con el objetivo de capacitar a individuos, secciones u organizaciones”^[7]. A partir de la evolución de los sistemas de simulación para el entrenamiento surgieron soluciones puramente mecánicas, como el subcalibrado de armas, polígonos interactivos, etc. Las principales ventajas de los sistemas de simulación respecto de entrenamiento real son ahorro de costos, conservación de material, impacto ecológico, repetibilidad y variación de situaciones, seguridad operativa y disponibilidad de los medios de entrenamiento, entre otros^[7]. Respecto del estrés, los simuladores favorecen la confianza de los individuos mediante la mejora de habilidades necesarias para su desempeño. No obstante, el exceso en el uso de simuladores y la falta de entrenamiento operativo real puede causar una adaptación inconsciente en el usuario al simulador, en particular hacia las simplificaciones propias del mismo, que siempre existen, afectando la efectividad de su entrenamiento, en función de lo cual sería recomendable una práctica balanceada entre simuladores y distintas formas de entrenamiento operativo real, según plantea Guglielmone^[7].

Los primeros simuladores basados en computadoras presentaron modelos virtuales, en su mayoría numéricos, en los que el usuario podía interactuar principalmente mediante la manipulación de variables por medios primitivos de interacción, que emulaban acciones específicas en un escenario real. Una de las aplicaciones más exitosas de estos simuladores fueron los sistemas de capacitación para seguridad en las centrales nucleares, que presentaban modelos complejos con numerosas variables dinámicas y un conjunto de operaciones que un usuario podía aplicar al sistema^[26],^[27].

Una etapa más avanzada de simuladores, desde el punto de vista de tecnología inmersiva, fueron los simuladores de vuelo. Su historia se remonta al primer simulador, desarrollado por Edwin Link en 1929, y se encuentra ampliamente desarrollada en numerosos estudios específicos^[28]. Un avance de interés para diversas aplicaciones surgido de los simuladores de vuelo fueron las plataformas de movimiento, y la configuración propuesta por Stewart en 1965 resultó la más exitosa, que consta de un sistema de actuadores paralelos que permite mover la cabina del simulador con seis grados de libertad, en un rango acotado, con el fin de proveer estímulos creíbles a la propiocepción del usuario, según las aceleraciones lineales y velocidades de giro del vehículo tripulado^[29],^[30]. Esta solución resultó luego extendida para dar soporte al movimiento de cabinas de simuladores de todo tipo. Actualmente, la inclusión de estas plataformas es lo que diferencia “simuladores de vuelo completos” de “entrenadores de vuelo”, según estándares internacionales^[31],^[32].

Los simuladores de vuelo han liderado la industria no sólo por la aplicación y desarrollo de novedades tecnológicas^[33], sino también por la formalización de su uso como herramientas de capacitación, a través de la especificación de estándares internacionales y programas formales de entrenamiento y evaluación^[31],^[32].

Con la mayor accesibilidad a sistemas gráficos de calidad, también se empezaron a producir simuladores de conducción de vehículos de todo tipo, atendiendo una industria más limitada en términos de recursos por operativo respecto de la aeronáutica. El concepto se extendió también para

simuladores de maquinaria pesada (grúas, guinches, etc.), en tanto estos presentan interfaces similares a las de los vehículos, mediante tableros de control (con volantes, botones y palancas).

A partir de este análisis, hemos propuesto una taxonomía para simuladores según su “tipo de control”. Definimos como “Simuladores de Control Instrumental” (SCI) a aquellos en que el usuario interactúa con el entorno simulado a través de instrumentos en tableros de control. En los “Simuladores de Control Corporal” (SCC), el espacio personal del usuario y el movimiento de su cuerpo se ven involucrados en la acción del simulador de forma natural, en tanto que los “Simuladores de Control Autónomo” (SCA) no involucran interacción humana, y se utilizan para validación de modelos teóricos, ensayos y entrenamiento de sistemas de inteligencia artificial, etc.

Los SCC que actualmente tienen mayor campo de aplicación son los simuladores para entrenamiento médico, en tanto que soluciones modernas han permitido el reemplazo de otras puramente mecánicas como maniquíes, cadáveres y animales. En particular, esta área lidera también la aplicación de RV y dispositivos hápticos (“táctiles”), que presentan ya probadas ventajas de estas tecnologías respecto de otras soluciones [9]. [10]. Técnicamente, se diferencia la retroalimentación de fuerza/torque de la retroalimentación táctil, en tanto que la primera está relacionada con sensaciones nerviosas musculares, tendinosas y esqueléticas asociadas a la propiocepción, y la segunda a sensaciones causadas por terminaciones nerviosas ubicadas debajo de la piel, asociadas al frío, al calor y a las diversas texturas perceptibles por el tacto. La mayoría de los dispositivos hápticos en aplicación se refieren a la retroalimentación de fuerza y torque [10].

La RV también comenzó a mostrar resultados positivos en aplicación a simuladores de entrenamiento para personal operativo de plantas industriales [4], que implementan combinadas interacciones artificiales del sistema con acciones propias de actividades específicas en entornos virtuales. La aplicación de los simuladores a la educación es difícil de distinguir de la aplicación de los videojuegos a este mismo fin. Desde los primeros juegos educativos, como el “Logo Programming” o “The Oregon Trail”, estas prácticas están aún lejos de alcanzar un nivel de estandarización como, por ejemplo, el de los simuladores de vuelo, mientras que numerosos estudios han reportado diversos resultados y factores que atenúan su efectividad. El término “juegos serios” refiere al uso de videojuegos con fines serios, distintos al entretenimiento, en tanto que “Game Based Learning” (GBL) refiere al “uso de tecnología basada en juegos para ofrecer, apoyar y mejorar la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación”, de lo que resulta que la inclusión de videojuegos en el proceso de enseñanza tiene implicancias cognitivas, afectivas y conductuales [34]. Otros estudios han encontrado una correlación en médicos cirujanos entre habilidad en los videojuegos y habilidades quirúrgicas laparoscópicas, con lo que se concluye que los videojuegos podrían ser una herramienta de capacitación para estas operaciones [35]. Otros estudios se han enfocado en el desarrollo de habilidades motoras en niños mediante videojuegos [36], [37].

La “ludificación” (gamification) es definida como un “término general para el uso de elementos de videojuegos (en lugar de juegos completos) para mejorar la experiencia del usuario y su participación y compromiso en servicios y aplicaciones que no son un juego”, apelando a la psicología emocional de los videojuegos y a la “tecnología persuasiva” [38]. Diversos estudios dan cuenta de los resultados positivos obtenidos con técnicas de ludificación, así como también de algunos riesgos e implicancias de su utilización [39], [40].

Zyda [41], estableció que “la aplicación de tecnologías de juegos y simulaciones a dominios que no son de entretenimiento, resulta en juegos serios”. El término fue extendido para referirse también al aprendizaje mejorado por computadora [42], y se volvió objeto de estudio formal [34], [43]. Las áreas más involucradas en juegos serios son militares, gubernamentales, educativas, corporativas y de atención médica, entre otros, y los actores más típicos involucrados son investigadores, desarrolladores de juegos y consumidores en sus roles para el desarrollo del mercado, además de ser los usua-

rios finales^[42]. Los deportes electrónicos (eSports) completan el panorama, e integran una industria del entretenimiento masiva que moviliza mundialmente más recursos que, por ejemplo, el cine, e involucra audiencias que superan a las de los deportes tradicionales^[44].

En los trabajos referidos diferenciamos dos paradigmas para el despliegue e instalación de simuladores: el modelo centralista y el modelo distribuido. El primero es el propio de simuladores complejos, que requieren instalaciones especiales y tienden a instalarse en centros de simulación, como podrían ser simuladores de vuelo completos certificados. El paradigma distribuido apunta al uso de plataformas en la nube para la distribución de contenido de capacitación y entrenamiento que sea pasible de utilizar con hardware relativamente estándar de mercado, como, por ejemplo, a través de dispositivos móviles Android o iOS, visores de RV como Oculus Quest, o de RA como Microsoft HoloLens.

La adopción de tecnologías de videojuegos por parte de diversas industrias ya es una tendencia generalmente aceptada, en particular en ámbitos de la Defensa^{[11], [7]}. Por otra parte, la adaptación de videojuegos para su uso en simuladores dio lugar al término “simuladores ligeros”, en tanto estos no desarrollan su infraestructura tecnológica sino que explotan capacidades de modding de videojuegos lanzados al mercado^[5], mientras que otros enfoques abordan el desarrollo de simuladores a partir de frameworks profesionales provistos por la industria formal^[45], y otros directamente abordan el desarrollo a partir de “motores de juegos”, que son las herramientas profesionales más comunes en la industria de los videojuegos. Estos están siendo asimilados también por la industria del cine, mercadotecnia, arquitectura, varias especialidades de ingeniería, entre otras.

Paul et al. definen “motor de juegos” como una “plataforma para realizar tareas comunes relacionadas con los juegos, como renderizado, cálculos relacionados con la física y entrada de datos, para que los desarrolladores puedan centrarse en los detalles que hacen que su juego sea único”^[46]. Los motores de juegos pueden caracterizarse por la licencia de producto, funcionalidades, periféricos, lenguajes y plataformas soportados, rendimiento, etc. La comunidad de desarrolladores es también un valor agregado importante, ya que los motores de juegos presentan un “efecto de red”, que tiende a favorecer a los que logran una ventaja inicial ante iguales condiciones (“éxito para los que tienen éxito”)^[47]. Los motores de juegos presentan estructuras tendientes a organizar los proyectos y se pueden hallar en su implementación los patrones de diseño de la programación clásica orientada a objetos^{[48], [49]}. Los motores de juegos, de alguna manera, son una gran implementación del patrón “método plantilla”, tal como lo definió la “Gang of Four”^[48].

Diversos motores de juegos ofrecen productos maduros en el mercado para dar soporte a simuladores de todo tipo. Entre ellos, el motor de juegos Unity lidera ampliamente el mercado de desarrollos independientes, de pequeña a mediana escala, así como también por gran ventaja el mercado de aplicaciones de RV y RA^{[50], [51]}, entre otros.

Realidad virtual y realidad aumentada

La inmersión es un fenómeno mental, mayormente deseable a los fines de diversas expresiones artísticas, como la narración y la pintura. Relacionada con la concentración, y a veces también con la imaginación, la inmersión se basa en actividades cognitivas complejas que crean sentido y coherencia a partir de interacciones con factores externos relacionados.

Algunos trabajos estudian la historia de la RV a partir de los primeros estudios de la visión estereoscópica de Wheatstone y Brewster de primera mitad del siglo XIX^{[52], [53], [8]}. Mazurik diferencia la RV “de escritorio” (PC convencional), “de pecera”, basada en sistemas CAVE^[51], e “inmersiva”, basada en cascos (Head Mounted Display, HMD)^[8]. En nuestro caso, tomamos la definición de Steuer de RV: “entorno real o simulado en el que un perceptor experimenta telepresencia”, basado en la “telepresencia” (experiencia de presencia en un entorno a través de un medio de comunicación) y en la

“presencia” (sensación de estar en un ambiente)^[55]. Otros conceptos importantes son la “vivacidad” (riqueza del ambiente), “interactividad” (posibilidades de interacción), “amplitud sensorial” (cantidad de sentidos involucrados) y “profundidad sensorial” (resolución de cada nivel perceptivo)^[55]. A su vez, Morton Heilig, creador de Sensorama, un dispositivo de “cine” multisensorial, atribuyó a cada sentido perceptivo humano una participación en la experiencia total de presencia: vista 70 por ciento, audición 20 por ciento, olfato 5 por ciento, tacto 4 por ciento y gusto 1 por ciento^[8].

Cruz-Neira et. al. introdujeron el concepto de CAVE, un arreglo inmersivo de pantallas envolventes con seguimiento de posición de la cabeza del usuario y gafas con obturación alternada sincronizada con las pantallas, a la vez que presentaron una detallada caracterización de los sistemas de visualización para RV^[55]. Otras soluciones intermedias buscan extender la inmersión más allá de las pantallas renderizables a través de luces estroboscópicas y leds^{[56], [57]}, entre otros.

El mareo por movimiento en RV ha sido ampliamente estudiado y, en determinadas situaciones, puede imponer restricciones de diseño a las experiencias o favorecer soluciones de compromiso, sobre todo relacionadas con la navegación^[8].

Las tres ilusiones de la RV^[58] propuestas por Mel Slater son: “ilusión de lugar” (fenómeno perceptivo), “ilusión de plausibilidad” (fenómeno cognitivo) e “ilusión de encarnación” (fenómeno perceptivo y cognitivo relacionado con la apropiación del cuerpo virtual), vinculada esta última al paradigma de la “ilusión de la mano de goma”^[59]. Estas tres ilusiones son un buen marco de evaluación para experiencias de RV.

Para la medición más objetiva de “presencia” en una RV se toman comúnmente los cuestionarios de presencia (PQ) y de tendencias inmersivas (ITQ)^[60], con las consideraciones propuestas por Schwind, de evitar eventos de “interrupción de inmersión” (BIP)^[61]. La “presencia” en RV continúa siendo investigada a fin de explotar el potencial de esta tecnología en aplicaciones “sociales”, a través de la interacción entre personas mediante avatares expresivos^{[62], [63]} (RV social).

La RA, por otra parte, se remonta en su historia a la “ilusión del fantasma de Pepper”, del siglo XIX, que es una técnica aún hoy utilizada para superponer “fantasmas” en videos sin edición digital de imágenes, a partir de superficies semi translúcidas. Militarmente se aplicó esta tecnología a miras holográficas y de aviones de combate, entre los que resultan paradigmáticos los Head-Up Displays (HUD). La RA se relaciona con la superposición de imágenes^[8], aunque en nuestros trabajos hemos preferido considerarla a partir de una extensión de los conceptos de Steuer de la RV, que abstrae el concepto de la implementación tecnológica, y se entiende finalmente la RA de forma abarcativa como el enriquecimiento de la realidad a través de la presentación de información útil, oportuna e interactiva por diversos medios.

A los dispositivos de RA previamente mencionados, se agregó la novedad de los HMD basados en hologramas con seguimiento de posición y orientación. Aún sin llegar al mercado masivo, se destaca el dispositivo Microsoft Hololens, una variante del cual el Ejército de Estados Unidos ha comprado en 120.000 unidades a Microsoft por 22 mil millones de dólares estadounidenses. Por otro lado, los dispositivos móviles también presentan numerosas aplicaciones basadas en RA no inmersiva.

El “continuo de virtualidad” presenta una visión integradora respecto de los extremos de RV y RA, pasando por un intermedio variable de Realidad Mixta (RM), que puede basarse en la virtualización de entornos y objetos reales o en la interactividad espacial con elementos virtuales^[64].

La RA en HMD presenta potencial para su combinación con un enfoque de “Internet de las Cosas” (Internet of Things, IoT)^[65], a fin de presentar hologramas al usuario y combinarlos con objetos reales interactivos en una experiencia integrada.

Aplicaciones de RV a simuladores de entrenamiento se pueden encontrar ampliamente en diversos ámbitos^{[4], [5], [9]}, entre otros. No obstante, previo a la realización de los trabajos referidos, no se tuvo conocimiento de la aplicación de RA inmersiva a simuladores de entrenamiento, sien-

do las aplicaciones actuales más comunes y en estudio de RA videojuegos georreferenciados^[66], turismo^[67], diseño colaborativo de productos^[68] y militarmente la presentación interactiva de información^[69],^[70],^[71], por lo que nuestro trabajo mencionado aportó cierta novedad al campo en este sentido. El mayor potencial de la RA respecto del entrenamiento, no obstante, parece estar relacionado con el hecho de que esta tecnología está concebida para su aplicación y despliegue en casos reales, por lo que naturalmente deberá ser luego incorporada en igual medida en los entrenamientos y alimentada con situaciones y datos acordes.

Bibliografía y Referencias

1. Maraggi, S.: Realidad Virtual y Realidad Aumentada: Aplicación al Entrenamiento en Escenarios de Alto Riesgo. 49° JAIIO, <https://49jaiio.sadio.org.ar/pdfs/est/EST-03.pdf>
2. Proyecto TARGET (Training Augmented Reality Generalised Environment Toolkit). Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST), financiado por el programa Horizon 2020 de la Unión Europea. <https://www.list.lu/en/research/project/target/> (visited 26/03/2020).
3. Huynen, J.L., McCall, R., y Griffin, M.: Towards design recommendations for training of security critical agents in mixed reality environments. Proceedings of the 32nd International BCS Human Computer Interaction Conference, BCS Learning & Development Ltd., 2018, pág. 84.
4. Patle, D.S., Manca, S., Nazir, S., Sharma, S.: Operator training simulators in virtual reality environment for process operators: a review. Virtual Reality, págs. 1-19, 2018.
5. Backlund, P., Engström, H., Gustavsson, M., Johannesson, M., Lebram, M., Sjörs, E.: SIDH: a game-based architecture for a training simulator. International Journal of Computer Games Technology, vol. 2009, 2009.
6. Raheb, R.: Driver Training Simulators: Strategies and Tactics. Fire Engineering, vol. 165, n.o 8, 2012.
7. Guglielmone, J.: Los sistemas de simulación: otra forma de entrenar para el combate. TEC1000 - Estudios de Vigilancia y Prospectiva Tecnológica en el área de Defensa y Seguridad. 2016.
8. Mazuryk, T., Gervautz, M.: Virtual reality-history, applications, technology and future. Institute of Computer Graphics, Vienna University of Technology, Austria, 1996.
9. Vaughan N., Dubey, V.N., Wainwright, T.W., Middleton, R.G.: A review of virtual reality based training simulators for orthopedic surgery. Medical engineering & physics, vol. 38, n.o 2, págs. 59-71, 2016.
10. Coles, T.R., Meglan, D., John, N.W., The role of haptics in medical training simulators: A survey of the state of the art. IEEE Transactions on haptics, vol. 4, n.o 1, págs. 51-66, 2011.
11. Smith, R.D.: Five forces driving game technology adoption. Proceedings of the Interservice/ Industry Training, Simulation, and Education Conference (I/ITSEC), Citeseer, 2008.
12. Cumpa, J.G.: Neurociencia cognitiva y educación. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Escuela de Postgrado. Facultad de Ciencias Histórico Sociales y Educación. Maestra en Ciencias de la Educación Fondo Editorial FACHSE. Serie: Materiales del Postgrado, 2004.
13. Tirapu-Ustárrroz, J., Luna-Lario, P.: Neuropsicología de las funciones ejecutivas. Manual de neuropsicología, vol. 2, págs. 219-59, 2008.
14. Salas, E., Driskell, J.E., Hughes, S.: The study of stress and human performance. Stress and human performance (A 97-27090 06-53), Mahwah, NJ, Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, 1996., págs. 1-45, 1996.
15. Driskell, J.E., Johnston, J.H., Salas, E.: Does stress training generalize to novel settings?. Human factors, vol. 43, n.o 1, págs. 99-110, 2001.
16. Feltz, D.L., Landers, D.M.: The effects of mental practice on motor skill learning and performance: A meta-analysis. Journal of sport psychology, vol. 5, n.o 1, págs. 25-57, 1983.

17. Driskell, J.E., Copper, C., Moran, A.: Does mental practice enhance performance? *Journal of applied psychology*, vol. 79, n.o 4, pag. 481, 1994.
18. Jackson, P.L., Lafleur, M.F., Maloiun, F., Richards, C., Doyon, J.: Potential role of mental practice using motor imagery in neurologic rehabilitation. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, vol. 82, n.o 8, pags. 1133-1141, 2001.
19. Pavlov, I.P., Thompson, W.H.: *The work of the digestive glands*. Charles Grin, 1902.
20. Bitterman, M.: Classical conditioning since Pavlov. *Review of General Psychology*, vol. 10, n.o 4, pags. 365-376, 2006.
21. Thorndike, E.L.: *Human Learning*, 1931
22. Ruiz, G.: *La cabeza del campeón - Cómo construir una mentalidad ganadora para la vida*. 2017.
23. Violanti, J.M.: Coping strategies among police recruits in a high-stress training environment. *The Journal of Social Psychology*, vol. 132, n.o 6, págs. 717-729, 1992.
24. Tzu, S.: *El Arte de la Guerra*. Editorial Andrómeda, 2010.
25. Von Hilgers, P.: *War games: a history of war on paper*. MIT Press, 2012.
26. Neuman, P.: Power Plant and Boiler Models for Operator Training Simulators. *IFAC Proceedings Volumes*, vol. 44, n.o 1, págs. 8259-8264, 2011.
27. Neuman, P.: Power Plant and Turbogenerator models for Engineering and Training Simulators. *IFAC Proceedings Volumes*, vol. 45, n.o 21, págs. 313-318, 2012.
28. Page, R.L.: Brief history of flight simulation. *SimTecT 2000 Proceedings*, págs. 11-17, 2000.
29. Berger, D.R., Schulte-Pelkum, J., Bühlhoff, H.H.: Simulating believable forward accelerations on a Stewart motion platform. *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)*, vol. 7, n.o 1, pag. 5, 2010.
30. Maraggi, S., Abbate, H.: Framework de control de movimiento de plataforma de seis grados de libertad de tipo Stewart, servicios de movimiento para vehículos en aplicaciones de simulación e integración con simuladores de vuelo. XIX Simposio Argentino de Ingeniería de Software (ASSE)-JAIIO 47, 2018.
31. U. S. D. o. T. Federal Aviation Administration: 14 CFR Part 60. NSP Consolidated Version, dirección: https://www.faa.gov/about/initiatives/nsp/media/14CFR60_Searchable_Version.pdf (consultado el 18 de marzo de 2019).
32. E. A. S. Agency: Certification Specifications for Aeroplane Flight Simulation Training Devices CS-FSTD(A) / Initial issue, dirección: [https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/CS-FSTD\(A\)%20Initial%20Issue.pdf](https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/CS-FSTD(A)%20Initial%20Issue.pdf) (consultado el 18 de marzo de 2019).
33. Woodling, C., Faber, S., Vanbockel, J.J. Olasky, C.C., Williams, W.K., Mire, J.L., Homer, J.R.: Apollo experience report: Simulation of manned space flight for crew training.
34. Vlachopoulos, D., Makri, A.: The effect of games and simulations on higher education: a systematic literature review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 14, n.o 1, pag. 22, 2017.
35. Rosser, J.C., Lynch, P.J., Cuddihy, L., Gentile, D.A., Klonsky, J., Merrell, R.: The impact of video games on training surgeons in the 21st century. *Archives of surgery*, vol. 142, n.o 2, págs. 181-186, 2007.
36. McGlashan, H.L., Blanchard, C.C., Sycamore, N.J., Lee, R., French, B., Holmes, N.P.: Improvement in children's fine motor skills following a computerized typing intervention. *Human movement science*, vol. 56, págs. 29-36, 2017.
37. Chwirka, B., Gurney, B., Burtner, P.A.: Keyboarding and visual-motor skills in elementary students: A pilot study. *Occupational Therapy in Health Care*, vol. 16, n.o 2-3, págs. 39-51, 2002.
38. Deterding, S., Sicart, M., Nacke, L., O'Hara, K., Dixon, D.: Gamification. Using game-design elements in non-gaming contexts. CHI'11 extended abstracts on human factors in computing systems, ACM, 2011, págs. 2425-2428.

39. Hamari, J., Koivisto, J., Sarsa, H.: Does gamification work? - a literature review of empirical studies on gamification. 2014 47th Hawaii international conference on system sciences (HICSS), IEEE, 2014, págs. 3025-3034.
40. Huotari, K., Hamari, J.: Denying gamification: a service marketing perspective. Proceeding of the 16th international academic MindTrek conference, ACM, 2012, págs. 17-22.
41. Zyda, M.: From visual simulation to virtual reality to games. Computer, vol. 38, n.o 9, págs. 25-32, 2005.
42. Susi, T., Johannesson, M., Backlund, P.: Serious games: An overview. 2007.
43. Woodrow Wilson Center: Serious Gaming Initiative Homepage, dirección: <https://www.wilsoncenter.org/program/serious-games-initiative/> (consultado el 22 de marzo de 2019).
44. Electronic Sports Earnings: Top Games Awarding Prize Money HomePage, dirección: <https://www.esportsearnings.com/games> (consultado el 27 de marzo de 2019).
45. AEgis: 2010 Top Simulation and Training Companies. Military Training Technology Journal, published by KMI Media Group, PDFs, dirección: <https://aegistg.com/PDFs/Top%20Simulation%20&%20Training%20Companies%202010.pdf> (consultado el 24 de marzo de 2019).
46. Paul, P.S., Goon, S., Bhattacharya, A.: History and comparative study of modern game engines. International Journal of Advanced Computed and Mathematical Sciences, vol. 3, n.o 2, págs. 245-249, 2012.
47. Senge, P.: The fifth discipline fieldbook: Strategies and tools for building a learning organization. Crown Business, 2014.
48. Gamma, E., Helm, R., Johnson, R., Vlissides, J.: Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software. 1994.
49. Qu, J., Song, Y., Wei, Y.: Applying design patterns in game programming. Proceedings of the International Conference on Software Engineering Research and Practice (SERP), The Steering Committee of The World Congress in Computer Science, Computer, 2013, pág. 1.
50. Cowan, B., Kapralos, B.: A survey of frameworks and game engines for serious game development. 2014 IEEE 14th International Conference on Advanced Learning Technologies, IEEE, 2014, págs. 662-664.
51. Haas, J.K.: A history of the Unity game engine. Faculty of Worcester Polytechnic Institute, 2014.
52. Virtual Reality Society: Virtual Reality History HomePage, dirección: <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html> (consultado el 27 de marzo de 2019).
53. Virtual Speech: History of VR blog, dirección: <https://virtualspeech.com/blog/history-of-vr> (consultado el 28 de marzo de 2019).
54. Cruz-Neira, C., Sandin, D.J., DeFanti, T.A., Keynon, V., Hart, J.C.: The CAVE: audio visual experience automatic virtual environment. Communications of the ACM, vol. 35, n.o 6, págs. 64-73, 1992.
55. Steuer, J.: Denying Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence. Communication in the age of virtual reality, Oxford: Routledge, 1993, cap. 3, págs. 33-56.
56. Hwang, A.D., Peli, E., Development of a headlight glare simulator for a driving simulator. Transportation research part C: emerging technologies, vol. 32, págs. 129-143, 2013.
57. Haycock, B., Campos, J., Koenraad, N., Potter, M., Advani, S.: Creating headlight glare in a driving simulator. Transportation research part F: trac psychology and behaviour, 2017.
58. Slater, M.: Place illusion and plausibility illusion can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments. Philosophical Transactions of The Royal Society, 2009.
59. Botvinick, M., Cohe, J.: Rubber hands “feel” touch that eyes see. Nature, vol. 391, n.o 6669, pág. 756, 1998.
60. Witmer, B.G., Singer, M.J.: Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. Presence, vol. 7, n.o 3, págs. 225-240, 1998.

61. Schwind, V., Knierin, P., Haas, N. Henze, N.: Using Presence Questionnaires in Virtual Reality. 2019.
62. Ruhland, K., Andrist, S., Badler, J., Peters, C., Badler, N., Gleicher, M., Mutlu, B., McDonnell, R.: Look me in the eyes: A survey of eye and gaze animation for virtual agents and artificial systems. Eurographics state-of-the-art report, 2014, págs. 69-91.
63. Ping, H.Y., Abdullah, L.N., Sulaiman, P.S., Halin, A.A., Computer facial animation: A review. International Journal of Computer Theory and Engineering, vol. 5, n.o 4, pág. 658, 2013.
64. Milgram, P., Kishino, F.: A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems, vol. 77, n. o 12, págs. 1321-1329, 1994.
65. T.S.S of International Telecommunication Union (ITU): Next Generation Networks - Frameworks and functional architecture models - Overview of the Internet of Things - Recommendation ITU-T Y.2060. SERIES Y: GLOBAL INFORMATION INFRASTRUCTURE, INTERNET PROTOCOL ASPECTS AND NEXT-GENERATION NETWORKS, vol. Y.2060, n.o 1, págs. 1-22, 2012.
66. T.P.C. Niantic: Pokemon-Go homepage, dirección: <https://www.pokemongo.com/> (consultado el 8 de abril de 2019).
67. Gironacci, I.M., McCall, R., Tamisier, T.: Mixed reality collaborative storytelling. Proceedings of the 32nd International BCS Human Computer Interaction Conference, BCS Learning & Development Ltd., 2018, pág. 85.
68. Shen, Y., Ong, S.K., Nee, A.Y.C.: Augmented reality for collaborative product design and development. Design Studies, Volume 31, Issue 2, 2010, Págs. 118-145, ISSN 0142-694X.
69. Argenta, C., Murphy, A., Hinton, J., Cook, J., Sherril, T., Snarski, S.: Graphical user interface concepts for tactical augmented reality. Head-and Helmet-Mounted Displays XV: Design and Applications, International Society for Optics and Photonics, vol. 7688, 2010, pág. 76880I.
70. You, X., Zhang, W., Ma, M., Deng, C., Yang, J.: Survey on Urban Warfare Augmented Reality. ISPRS International Journal of Geo-Information, vol. 7, n.o 2, pág. 46, 2018.
71. 114. Amburn, C.R., Vey, N.L., Boyce, M.W., Mize, J.R.: The Augmented REality Sandtable (ARES). Army Research Lab Aberdeen Proving Ground MD Human Research and Engineering, inf. tec., 2015.

4. CETPM “Grl. Mosconi” Año 2021

INTEGRANTES

Consejo Directivo

- > Decano FIE: CY OIM Alejandro Köhler (†)
- > Vicedecano FIE: CR OIM Alberto Nadale
- > Dir CEPTM: CR (R) OIM José Guglielmone
- > Subdirector FIE: CR OIM Andrés Orabona
- > Secretario Académico FIE: TC OIM Gustavo Silistria
- > Secretario de Investigación FIE: MY OIM Marcelo Acuña

Director CEPTM “Mosconi”

- > CR (R) OIM José Alberto Guglielmone

Consejo Consultivo

- > CR (R) OIM VGM Juan Carlos Pérez Arrieu
- > GB (R) OIM VGM Alberto Corvalán
- > Dr. Adrián Canzian
- > Dr. Carlos Iglesias Mónica
- > CR OIM Miguel Ángel Juárez
- > Ing. Aristides Domínguez
- > MY(R) Dr. Eduardo Serrano (†)
- > Ing. Nicolás Méndez Guerín (†)

Coordinador del CEPTM “Mosconi”

- > MY OIM Marcelo Acuña

Analistas

- > CR (R) OIM José Alberto Guglielmone: simulación; sistemas artillería de defensa aérea
- > CR (R) OIM VGM Juan Carlos Villanueva: armamento; sistemas de armas de infantería
- > CR (R) OIM Rafael Olivieri: informática; sistemas de comunicaciones
- > CR (R) OIM Alejandro Gazpio: geociencias; emergencias y catástrofes; sistemas de armas de ingenieros
- > CR (R) OIM VGM Juan Carlos Pérez Arrieu: prospectiva tecnológica
- > CR (R) OIM Osvaldo Enrique Azpitarte: armas nucleares y radiológicas
- > CR (R) OIM Carlos Trentadue: armas químicas y biológicas
- > MY OIM Marcelo Acuña: automotores

Nodo Territorial de Defensa y Seguridad y Observatorios

- > Coordinador: CY (R) OIM Héctor Daniel Anfuso

Observatorio Tecnológico Militar Mosconi (OTM) de la FIE

- > Responsable: CR (R) OIM VGM Juan Carlos Villanueva

Observatorio Emergencias y Catástrofes (OEC) FIE

- > Responsable: CR (R) OIM Alejandro Gazpio

Observatorio Tecnológico Aeroespacial (OTA) de la ESGA

- > Enlace: BM (R) Alejandro Moresi

Observatorio Argentino del Ciberespacio (OAC) de la ESGC FFAA

- > Enlace: TC (R) OIM Carlos Federico Amaya

Apoyo

- > TP SCD Fernando Vera Batista
- > Lic. Ignacio de la Torre
- > Lic. María I Silvestre

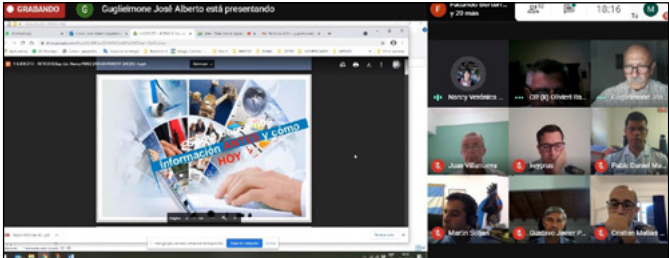
Observadores Tecnológicos

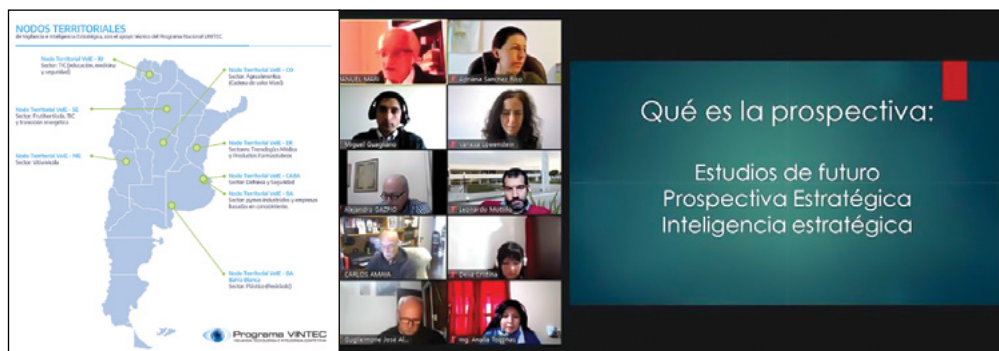
- > CT OIM Victor Julián Díaz – Agrimensura (orientación geográfica)
- > Sr. Facundo Carlos Pattarone – Automotores
- > CT OIM Fernando Daniel Quinodoz – Armamentos
- > CT OIM Luciano Damián Morales– Armamentos
- > CT OIM Sebastián Moreira – Química
- > TP Joaquín Samyn Ducó
- > Sr Axel Sacca
- > Sr Matías Benítez

Colaboradores del CEPTM

- > TC OIM Walter Allende
- > MY (R) OIM Roberto Corti
- > GB (R) OIM Dr. Enrique Rodolfo Dick
- > CY (R) OIM Marcos Horacio Mansilla
- > CR (R) Med Jorge Ferrero
- > Dr Ing Miguel Guagliano
- > Doctoranda MSc. Lic., Nancy V. Perez
- > Lic. Carlos Requena
- > Lic Rodrigo López Lío

4.1 Capacitaciones

- > Durante los meses de abril y mayo se realizó un taller de Vigilancia Tecnológica a cargo de la docente MSc Lic. Nancy Pérez con la colaboración de los analistas del Centro, destinado a cursantes del último año de la FIE, Observadores Tecnológicos, alumnos de la ESGA, ESGN, ESGC y ESG.
- 
- > Durante el mes de agosto analistas del CEPTM “MOSCONI” participaron de las capacitaciones brindadas por el Ministerio de Ciencia, a través de la Subsecretaría de Estudios y Prospectiva a los nodos territoriales, Vintec, sobre prospectiva tecnológica en el marco de las capacitaciones y fortalecimiento de las capacidades de los nodos territoriales de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Estratégica (VT-IE) que integran la Red Nacional de Vigilancia Territorial en Sectores Estratégicos de todo el país.



- > Durante los meses de agosto a diciembre los analistas y observadores del CEPTM “MOSCONI” participaron de talleres y tutorías quincenales sobre distintas temáticas relacionadas con la Vigilancia Tecnológica brindadas por especialistas de la Dirección Nacional de Estudios en el marco del fortalecimiento de las capacidades de los nodos territoriales que conforman la Red Nacional. Dichos talleres abordaron temáticas relacionadas con: herramientas de VT; meto-

dología y búsqueda de patentes; metodologías de búsquedas de publicaciones; elaboración de productos e inteligencia de mercados. Como producto de estas capacitaciones se elaboró un artículo denominado "Impresión 3D" que ha sido incorporado en esta publicación.

4.2 Publicaciones

- > La edición “TEC 1000” año 2019-2020 se publicó en el mes de julio y se terminó de imprimir en septiembre de 2021. En esta edición se presentan los distintos estudios de Vigilancia Tecnológica en el Área de Defensa y Seguridad; elaborados por los Analistas del CEPTM “MOSCONI” y Observadores Tecnológicos. Asimismo, se incluyen artículos de expertos y especialistas del ámbito civil relacionados con diversas temáticas orientadas a la Defensa.

Se puede acceder a su versión digital mediante el siguiente enlace: <https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/wp-content/uploads/2021/08/TEC1000-2019-2020-Digital.pdf>

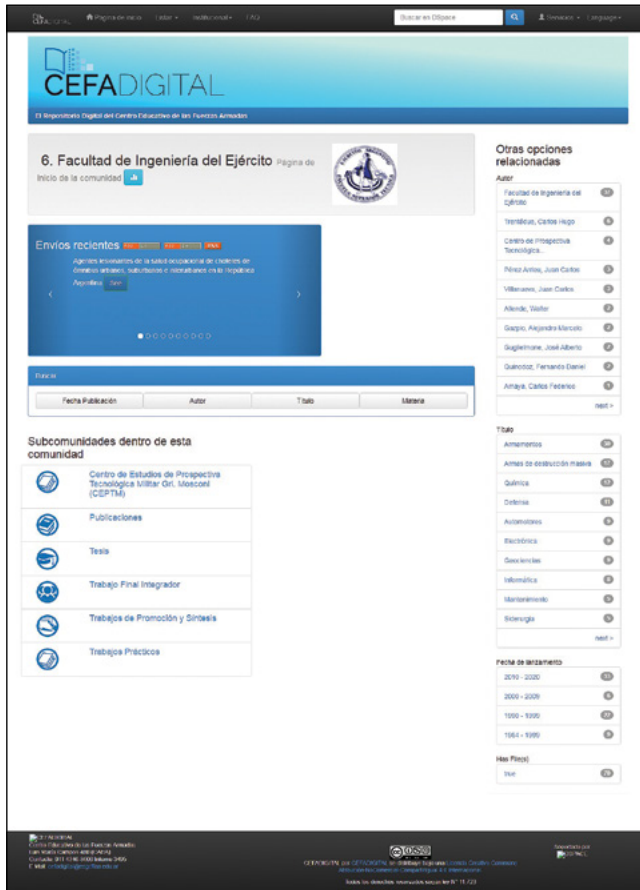


Esta ha sido registrada con los siguientes códigos:

ISBN 978-987-47903-2-3

ISSN 2591-4162

- > La página web del CEPTM "MOSCONI" se encuentra disponible en el siguiente enlace: <https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/>
- > Es miembro activo de la comunidad CEFA Digital. El CEPTM "MOSCONI" contribuye con material de producción propia al portal electrónico del Repositorio Institucional del Centro Educativo de las Fuerzas Armadas.



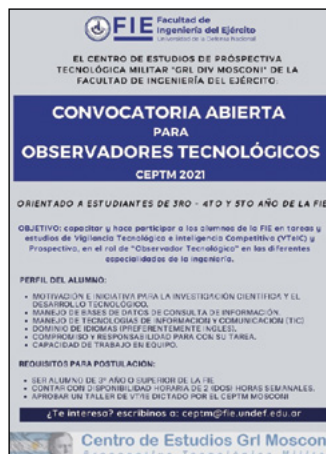
Se puede acceder a través del link:
<http://www.cefadigital.edu.ar/handle/1847939/229>.

4.3 Principales actividades y eventos del CEPTM "MOSCONI"

- En abril se lanzó la convocatoria abierta a docentes, investigadores, alumnos, personal militar y civil y a todo otro interesado en temas tecnológicos relacionados con el ámbito de la Defensa para la presentación de trabajos y artículos de interés académico relacionados con la temática de la Tecnología Militar en uso, en desarrollo, emergente o eventualmente de carácter disruptivo, y la Prospectiva Tecnológica Militar, para su inclusión en la edición 2021 de la revista TEC1000. Los artículos seleccionados a raíz de esta convocatoria forman parte de esta publicación.

<https://mailchi.mp/103dcd06c65f/convocatoria-tec1000-ed2021-8516269>

- Durante el mes de abril se lanzó la convocatoria para la incorporación de alumnos avanzados de la FIE como observadores tecnológicos del CEPTM "MOSCONI". Como resultado se incorporaron tres estudiantes como miembros activos del Centro: TP Joaquín Samyn Ducó, Sr. Axel Sacca y Sr. Matías Benítez.



FIE Facultad de Ingeniería del Ejército
UNDEF Universidad de la Defensa Nacional

EL CENTRO DE ESTUDIOS DE PROSPECTIVA TECNOLÓGICA MILITAR "GRI DIV MOSCONI" DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DEL EJÉRCITO

CONVOCATORIA ABIERTA PARA OBSERVADORES TECNOLÓGICOS CEPTM 2021

ORIENTADO A ESTUDIANTES DE 3RO - 4TO Y 5TO AÑO DE LA FIE

OBJETIVO: Capacitar y hacer participar a los alumnos de la FIE en torneos y estudios de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (OTAC) y Prospectiva, en el rol de "Observador Tecnológico" en las diferentes especialidades de la Ingeniería.

PERFIL DEL ALUMNO:

- MOTIVACIÓN E INICIATIVA PARA LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y EL DESARROLLO TECNOLÓGICO.
- MANEJO DE BASES DE DATOS DE CONSULTA DE INFORMACIÓN.
- MANEJO DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN (TIC).
- DOMINIO DE IDIOMAS (PREFERENTEMENTE INGLÉS).
- COMPRENSIÓN Y RESPONSABILIDAD PARA CON SU TAREA.
- CAPACIDAD DE TRABAJO EN EQUIPO.

REQUISITOS PARA POSTULACIÓN:

- SEER ALUMNO DE 3º AÑO O SUPERIOR DE LA FIE.
- CONTAR CON DISPONIBILIDAD HORARIA DE 2 (DOS) HORAS SEMANALES.
- APROBAR UN TALLER DE 4 (CUATRO) HORAS POR EL CEPTM MOSCONI.

¿Te interesa? escribinos a: ceptm@fie.undef.edu.ar

Centro de Estudios Gri Mosconi
Prospectiva Tecnológica Militar



FIE Facultad de Ingeniería del Ejército
UNDEF Universidad de la Defensa Nacional

Centro de Estudios Gri Mosconi
Prospectiva Tecnológica Militar

CONVOCATORIA TEC1000 EDICIÓN 2021

El Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar "Gri MOSCONI" (CEPTM), de la Facultad de Ingeniería del Ejército "Gri Div Manuel N. Savio", dependiente de la Universidad de la Defensa Nacional (UNDEF) de la República Argentina, invita a docentes, investigadores, alumnos, personal militar y civil, y a todo otro interesado en temas tecnológicos relacionados con el ámbito de la Defensa a la presentación de trabajos y artículos de interés académico relacionados con la temática de la Tecnología Militar en uso, en desarrollo, emergente o eventualmente de carácter disruptivo, y la Prospectiva Tecnológica Militar, para su inclusión en la revista TEC1000 EDICIÓN 2021.

La TEC1000 es una publicación anual, identificada con un número ISBN (International Standard Book Number), cuyo propósito es presentar los trabajos y estudios más relevantes realizados por el CEPTM en sus áreas de interés, y los aportes de otros autores y organizaciones del sistema académico, tecnológico y científico nacional.

Las últimas ediciones publicadas puedes encontrarlas aquí.

FECHA LÍMITE PARA LA RECEPCIÓN DE TRABAJOS: 01 DE SEPTIEMBRE 2021

Toda la información general y de detalle referida a esta convocatoria puedes descargarla en el siguiente enlace:

BASES Y CONDICIONES

CONSULTAR:
Correo electrónico: ceptm@fie.undef.edu.ar
Asunto: Convocatoria TEC1000 - EDICIÓN 2021.

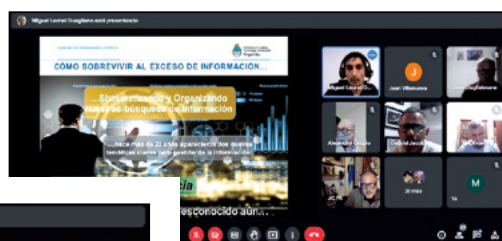
- El CEPTM "MOSCONI" como Nodo Territorial de Defensa y Seguridad participó en el mes de junio del lanzamiento del proyecto "Red Nacional de Vigilancia Territorial en Sectores Estratégicos" – Nodos Territoriales de VT-IE" (ex antenas territoriales), del Programa Nacional de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Estratégica (VINTEC) de la Dirección Nacional de Estudios (DNE), Subsecretaría de Estudios y Prospectiva - MINCyT. Este relanzamiento propone construir un sistema

de vigilancia que articule los nodos territoriales existentes, los fortalezca, y genere nuevas externalidades e interacciones que permitan relevar mayor cantidad de información y mejorar su utilización e impacto institucional y socioproductivo.

- > El 1 de julio el CEPTM "MOSCONI" presentó una charla informativa sobre sus capacidades a los miembros del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería - CONFEDI. Participaron el decano de la FIE, CY OIM Alejandro Köhler, analistas del CEPTM "MOSCONI" y miembros de la Comisión de Ciencia y Tecnología del CONDEFI.



- > El 31 de agosto se realizó una charla de sensibilización sobre VT con apoyo del Dr. Miguel Guagliano, de la Dirección Nacional de Estudios, destinadas a miembros del CEPTM "MOSCONI" e invitados de la FIE.



- > El día 19 de agosto se realizó el encuentro bilateral entre los ejércitos argentino y brasilero, representados por el Centro de Estudio de Prospección Militar "MOSCONI" y la Agencia de Gestión e Innovación Tecnológica (AGITEC). El evento fue presidido por la máxima autoridad de cada elemento en compañía de los especialistas en prospectiva militar. Los miembros del CEPTM "MOSCONI" realizaron una exposición de la misión, organización, capacidades y actividades desarrolladas en el Centro. De igual manera, los especialistas en prospectiva de la AGITEC compartieron su experiencia y temas de interés.

Si bien muchas de las tareas expuestas por ambas organizaciones las realizan en forma similar, se presenta una principal asimetría en el encuadre de la organización, en el caso del CEPTM "MOSCONI" puramente académico dentro de la Facultad de Ingeniería del Ejército (FIE) y el de

la AGITEC, puramente militar que depende del Centro de Enseñanza, Investigación, Desarrollo e Innovación (del portugués Ensino, Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação -EPDI).

También se dialogó sobre aquellos temas más relevantes que se están vigilando y monitoreando, entre los que se pueden mencionar los siguientes: guerra química bacteriológica y nuclear (QBN); catástrofes naturales. Participaron del encuentro, por parte del ejército de Brasil, AGITEC: Jefe del AGITEC: CR QEM Aldelio Bueno Caldeira, Auxiliar: CR QEM Balthazar, Auxiliar: MY Adalberto. Por la FIE estuvieron presentes: el vicedecano de la FIE: CR OIM Alberto Nadale, analista en agrimensura: CR (R) OIM Alejandro Gazpio, analista en armamentos: CR (R) OIM “VGM” Juan Carlos Villanueva, analista en informática: CR (R) OIM Rafael Olivieri, analista en prospectiva: CR (R) OIM Juan Carlos Pérez Arrieu, analista en energía nuclear: CR (R) OIM Dr Osvaldo Enrique Azpitarte, secretario de investigación/ analista en mecánica en automotores y oficial de enlace: MY OIM Marcelo Andrés Acuña



- > El día 28 de octubre se llevó adelante una reunión virtual con miembros del Ejército de Perú con el objetivo de conocer las capacidades del CEPTM y entablar lazos para futuros proyectos conjuntos, asesorías y convenios institucionales. Participaron de esta reunión, por parte del Ejército de Perú, el director de ciencia y tecnología del Ejército, Coronel EP Jorge Sosa Osorio y la subdirectora de gestión del conocimiento, Teniente Coronel EP Gladys Rojas Cangahuala, el director del CEPTM CR (R) OIM José Guglielmone, los analistas: CR (R) OIM “VGM” Juan Villanueva, CR (R) OIM “VGM” Juan Carlos Perez Arrieu y el CR (R) OIM Rafael Olivieri.
- > El día 13 de diciembre, integrantes del CEPTM “MOSCONI” participaron de una reunión virtual con miembros del Programa Nacional VINTEC, el subsecretario de estudios y prospectiva Mg. Eduardo Mallo y la directora nacional Dra. Vanesa Lowenstein. Se hizo un balance de las actividades desarrolladas durante el año en conjunto con los nodos territoriales de VTelE y se compartieron ideas de futuros proyectos de VTelE para el año 2022.

5. NODO TERRITORIAL DE DEFENSA Y SEGURIDAD

5.1 NEWSLETTERS del Observatorio Tecnológico Mosconi (OTM)

Como es habitual en el CEPTM, se envía todos los meses un newsletter en el cual se difunden las principales noticias seleccionadas por los analistas del Centro Grl Mosconi.

Año 2021

> ENERO

<https://mailchi.mp/d2865508b1fc/lw5d0r49gm-7397233>




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.

Enero 2021



HECHOS PORTADORES DE FUTURO
BIOSEGURIDAD FRENTE A LA PRÓXIMA PANDEMIA.
Temen que otro virus salte de la vida silvestre a los humanos, uno que es mucho más letal pero que se propaga tan fácilmente como el SARS-CoV-2, la cepa del coronavirus que causa el COVID-19. Un virus como ese podría cambiar la trayectoria de la vida en el planeta, dicen los expertos.

[Leer >>>](#)



ARMAMENTOS
ARTILLERÍA MÁS ÁGIL, MÁS SOPHISTICADA Y MÁS LETAL.
Las piezas de Artillería son cada vez más livianas, más móviles y con mejores alcances. Desde la guerra de Yom Kippur en 1973, donde todavía se empleó artillería en grandes concentraciones, se desarrollaron piezas más ligeras, fáciles de trasladar y rápidas para entrar y salir de posición. El concepto de "Shoot and Scoot" es la tendencia predominante en la actualidad y que motiva el interés hacia sistemas sobre plataformas a rueda en la artillería autopropulsada. Los blindados a oruga garantizan una excelente movilidad en cualquier terreno, pero las ruedas son más económicas, requieren menos mantenimiento, permiten un rápido despliegue y un traslado más sencillo a la zona de operaciones.

[Leer >>>](#)



QUÍMICA
PEROVSKITAS 2D: NUEVOS MATERIALES PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR.
Las perovskitas son materiales

> FEBRERO

<https://mailchi.mp/d7f2d6435bed/lw5d0r49gm-7401333>




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.

Febrero 2021



HECHOS PORTADORES DE FUTURO
IA - AWS - INTELIGENCIA ARTIFICIAL - SISTEMAS DE ARMAS Y CONTROL HUMANO
Los desarrollos tecnológicos actuales sugieren un papel cada vez más protagónico de la inteligencia artificial (IA) en los sistemas de armas autónomos emergentes (AAVE). Este desarrollo plantea un nuevo conjunto de problemas éticos y legales muy importantes para las relaciones internacionales y la toma de decisiones humanas en la guerra.

[Leer >>>](#)



ARMAMENTOS
EUA Y RUSIA ACUERDAN UNA NUEVA EXTENSIÓN DEL TRATADO START.
EUA y Rusia acordaron extender por cinco años el nuevo tratado START (Strategic Arms Reduction Treaty), solo unos días antes que el mismo expirara, salvaguardando así hasta el año 2026, el compromiso de limitar sus arsenales nucleares. Este tratado establece la cantidad de ojivas nucleares y sistemas lanzadores, que ambos países pueden tener disponibles para su empleo en misiles balísticos intercontinentales (ICBM). Autoriza además, que especialistas de ambos países realicen inspecciones cruzadas para verificar el cumplimiento de lo acordado.

[Leer >>>](#)



QUÍMICA
TEST RÁPIDO DE SANGRE PARA DETERMINAR DAÑO CEREBRAL DE



ELECTRÓNICA

> MARZO

<https://mailchi.mp/5d519eq670db/lw5d0r49gm-7528037>

Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el Centro de Estudios de Prospección 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.

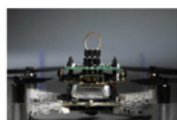
Marzo 2021



HECHOS PORTADORES DE FUTURO NAGORNO-KARABAJ, LECCIONES PARA EL FUTURO DEL ATAQUE Y LA DEFENSA.

Los drones azerbaijanos proporcionaron ventajas significativas en ISR, así como capacidades de ataque de largo alcance. Permitieron a las fuerzas azerbaijanas encontrar, fijar, rastrear y destruir objetivos con ataques precisos mucho más allá de las líneas del frente. Los UAV se integraron operativamente con los fuegos de aviones tripulados y de artillería terrestre, pero también utilizaron con frecuencia su propia munición para destruir varios activos militares de alto valor. Los drones contribuyeron a desactivar una gran cantidad de tanques, vehículos de combate, unidades de artillería y defensas aéreas arménias.

Leer + >>



QUÍMICA DRON "CÍBORO" CAPAZ DE GUIARSE POR OLORES.

Muchos investigadores están interesados en desarrollar robots que puedan desplazarse por diferentes escenarios oliendo sustancias químicas en el aire para localizar supervivientes de catástrofes, fugas de gas, explosivos y otros objetos o sustancias detectables por el olor. Pero la mayoría de los sensores artificiales no son lo suficientemente sensibles ni rápidos ni livianos como para poder captar y procesar olores específicos mientras el vehículo portador sobrevuela la zona. Ahora un equipo de la Universidad de Washington ha desarrollado el Smellcopter, un dron autónomo que emplea material biológico de polillas vivas, para detectar olores y poder volar hacia ellos. El Smellcopter también puede detectar y esquivar obstáculos mientras vuela.

Leer + >>



ARMAMENTOS "GOLDEN HORDE": PROGRAMA DE BOMBAS GUIADAS AUTÓNOMAS CAPACES DE OPERAR EN ENJAMBRES.

El programa "GOLDEN HORDE" que lleva adelante el Air Force Research Laboratory (AFRL), tiene por objetivo lograr que las bombas guiadas del tipo "Small Diameter Bomb", sean capaces de, una vez lanzadas sobre la zona objetivo, operar colaborativamente entre ellas, identificando, seleccionando y asignando los blancos específicos a batir, de manera autónoma como un verdadero "enjambre" y sin necesidad de la intervención del piloto del aeroplano. Mayor eficiencia y una capacidad de fuego extraordinaria para las aeronaves de combate.

Leer + >>



ELECTRÓNICA ARMAS DE ENERGÍA DIRIGIDA (LÁSER) PARA LA USAF. PROGRAMA SHIELD.

El Laboratorio de Desarrollo de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos avanza con el proyecto de ensamble del demostrador tecnológico SHIELD (acrónimo en inglés para Demostrador Láser de Alta Energía de Autoprotección). El programa SHIELD tiene por objetivo desarrollar un Sistema de Armas de Energía Dirigida (DEV) que emplee LÁSER para ejecutar acciones letales sobre eventuales amenazas. El mismo se instalará en un "pod" en la parte externa del aeroplano, para evaluar las capacidades de destrucción de misiles tierra-aire (SAM) y aire-aire (AAM). A diferencia de los medios defensivos anti-misil en servicio, SHIELD es un sistema de defensa "activo" y letal.

Leer + >>

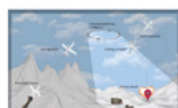


> ABRIL

<https://mailchi.mp/e0914be15616/lw5d0r49gm-7757937>

Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el Centro de Estudios de Prospección 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.

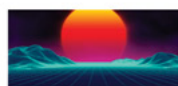
Abril 2021



HECHOS PORTADORES DE FUTURO MUNICIÓN MERODEADORA, SU INCORPORACIÓN AL CAMPO DE COMBATE.

Desde ataques tácticos de corto alcance de 5 km hasta operaciones a 250 km. Adecuado para el despliegue desde el aire, la tierra y el mar. HERO presenta vuelos de tránsito de alta velocidad y merodeo a baja velocidad, según las necesidades tácticas o estratégicas de la misión. El vuelo automatizado a las áreas objetivo permite un control fácil de usar. Los objetivos finales se seleccionan visualmente, lo que garantiza un control total de la misión.

Leer + >>



QUÍMICA PROPULSIÓN NUCLEAR PARA NAVES ESPACIALES.

EUA está considerando convertirse en el primer estado en lanzar un sistema de propulsión nuclear espacial bajo la nueva estrategia nacional. Desde finales de la década de 1960, este país ha aprovechado la tecnología de energía nuclear, para ayudar a impulsar las naves espaciales. Los ejemplos recientes incluyen la misión New Horizon en curso, la misión Cassini a Saturno y la misión Voyager 1 para alcanzar el espacio interestelar por primera vez en la historia. Estas misiones utilizaron sistemas de energía de radioisótopos: tecnología de energía nuclear que convierte el calor en energía aprovechando la desintegración radiactiva natural del plutonio 238. Según la Casa Blanca: Aunque "hasta la fecha no se han lanzado sistemas de propulsión nuclear espacial", estos sistemas son necesarios para la exploración espacial porque acortarán el tiempo de viaje a Marte.

Leer + >>



ARMAMENTOS GUERRA DE DRONES EN EL CAUCASO SUR: LECCIONES APRENDIDAS DE NAGORNO KARABAJ.

El empleo generalizado por parte de Azerbaiyán de una gran variedad de sistemas aéreos no tripulados, tanto en misiones de reconocimiento como de ataque, ha sido clave en la victoria final de esa República. La capacidad de integración de estos sistemas en el seno de sus Fuerzas Armadas, la adaptación doctrinal, así como una correcta aplicación estratégica, han sido esenciales. Armenia, ha sufrido un elevado número de pérdidas en sus filas, sus FFAA han sido incapaces de neutralizar los drones azeríes y de ejercer un control efectivo del espacio aéreo, entre las causas principales se encuentra la falta de sensores, la vetustez de sus sistemas de armas antiaéreas y tácticas deficientes frente a la amenaza dron.

Leer + >>



ELECTRÓNICA INTEGRAR LAS CAPACIDADES DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO EN TODOS LOS NIVELES.

Los adversarios de EUA han prestado mucha atención a cómo ese país combatió en los últimos 30 años, e invirtieron significativamente en soluciones tecnológicas para interrumpir las comunicaciones y crear confusión entre las unidades. Un panel de expertos del Congreso de EUA concluyó que se deben integrar mejor las operaciones del espectro electromagnético en todas sus fases, para tener éxito contra adversarios cercanos, en lugar de relegar las capacidades a un nicho de especialidad.

Leer + >>



> MAYO

<https://mailchi.mp/59e95857c745/lw5d0r49gm-8002117>

Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Grt. Mosconi (CEPTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.

Mayo 2021



HECHOS PORTADORES DE FUTURO RECLUTAMIENTO Y ENTRENAMIENTO MILITAR PARA LAS NUEVAS AMENAZAS.

Hoy en día, cualquier persona con acceso a una computadora o un dron estándar puede causar un daño tan significativo como el armamento convencional, mientras que al mismo tiempo no provoca una respuesta convencional ni es reconocido como un acto formal de agresión. Además, estos actores también son más difíciles de identificar que los enemigos convencionales. Para las organizaciones militares, defenderse de las amenazas emergentes de la zona gris significa asegurarse de que su personal tenga el conocimiento y las habilidades que coinciden con los de los posibles actores de amenazas. Esto requiere un cambio de mentalidad en el proceso de contratación. A medida que se expande la gama de habilidades y roles necesarios en una organización militar, la red debe ampliarse para reclutar a una generación nativa digital que puede no considerar el sector de defensa como el hogar natural para su conjunto de habilidades.

Leer >>>



QUÍMICA
TECNOLOGÍA GENÓMICA: DE BIOARMAS A "SUPER SOLDADOS".
El gobierno de Reino Unido de Gran Bretaña ha anunciado la creación de la Advanced Research and Invention Agency (ARIA). Con un concepto similar a la agencia DARPA de EUA, este organismo tendrá entre sus objetivos, realizar investigación avanzada en el área de Tecnología Genómica. Su empleo en el área de Defensa y la proliferación de programas de este tipo a nivel global, suele motivar preocupación, por su potencial utilización aplicada a incrementar las capacidades de los combatientes, transformándolos en "Super Soldados" o el desarrollo de Armas Biológicas.

Leer >>>



ARMAMENTOS LOITERING MUNITION: LA NUEVA MUNICIÓN DEL SISTEMA DE ARMAS DE ARTILLERÍA.

Las Loitering munitions, también denominadas "municiones merodeadoras", en caso de incorporarse efectivamente a los sistemas de armas de apoyo de fuego de artillería, cambiarán las reglas del juego en este campo y llenarán los vacíos existentes en la capacidad de los fuegos de precisión, de barrera y de oportunidad del campo de combate entre los 40 y 200 km.

Leer >>>



ELECTRÓNICA LOCKHEED MARTIN PRESENTA UNA NUEVA LÍNEA DE SATELITES TÁCTICOS ISR.

La empresa Lockheed Martin ha presentado una nueva línea de satélites de inteligencia táctica, vigilancia y reconocimiento (ISR) LM 400 de tamaño medio. Estos satélites integrados y asequibles están diseñados para satisfacer la creciente demanda de capacidades de guerra desde el espacio, en apoyo del Comando y Control Conjunto "Todo-Dominio" (JADC2). Los satélites permitirán a las tropas de EUA, detectar objetivos en movimiento a grandes distancias y realizar funciones rápidamente en entornos hostiles.

Leer >>>



EMERGENCIAS Y CATASTROFES HYDRO GNSS RECIBE LUZ VERDE PARA UNA MISIÓN CLIMÁTICA.

«El Reino Unido está liderando el uso del espacio para hacer frente al cambio climático, con satélites de observación de la Tierra proporcionando algunos de

> JUNIO

<https://mailchi.mp/9626613128d9/lw5d0r49gm-8032329>

Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Grt. Mosconi (CEPTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.

Junio 2021



HECHOS PORTADORES DE FUTURO BIOSEGURIDAD, VIRUS: MARBURG, NIPAH, EBOLA, HANTAVIRUS.

Un primo mortal del ébola, Marburg puede matar a nueve de cada diez personas que infecta, los viajes internacionales lo han llevado de África a Europa dos veces en los últimos 40 años. ¿La creciente globalización hará que este virus tenga más probabilidades de estar en todo el mundo? El mayor brote conocido del virus de Marburg, ocurrido en Angola en 2004, infectó a más de 250 personas y tuvo una tasa de mortalidad del 90 por ciento. Actualmente no existen tratamientos específicos para el virus de Marburg. También existen otros candidatos para la próxima pandemia, debemos prepararnos.

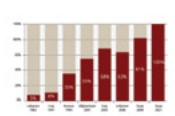
Leer >>>



QUÍMICA LA PRÓXIMA PANDEMIA.

Las pandemias, concluyeron los autores, son una amenaza existencial del orden de un arma química o nuclear, y prepararse para ellas debe ser responsabilidad de los más altos niveles de liderazgo político y no solo de los departamentos de salud. La próxima vez que el mundo se enfrente a un brote de un nuevo patógeno mortal y de rápida propagación, los gobiernos deben actuar con rapidez y estar preparados para restringir los viajes o exigir máscaras, incluso antes de que alguien sepa el alcance de la amenaza, según un par de nuevos informes entregados a la Organización Mundial de la Salud.

Leer >>>



ARMAMENTOS ISRAEL. ESTÁ USANDO MUNICIONES DE GRAN PRECISIÓN.

Las FDI están batiendo récords en cuanto al nivel de precisión de la munición empleada en el conflicto contra la organización terrorista Hamás en Franja de Gaza. Una de las características de este enfrentamiento, es que sólo una de las partes está utilizando proyectiles de gran precisión, con una exactitud de uno o dos metros en el objetivo seleccionado. De esta forma, se reducen los daños colaterales sobre la población civil, ya que los enfrentamientos ocurren en zonas muy densamente pobladas.

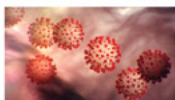
Leer >>>



ELECTRÓNICA LOS MINIDRONES ESPÍA EN LAS OPERACIONES MILITARES.

Decir que los drones han venido para quedarse ya no tiene sentido a estas alturas. Ya están aquí y, para muchas de las operaciones militares, se están volviendo un elemento insustituible. Todos tenemos en mente los grandes drones de vigilancia, los que van armados con misiles y los famosos drones "suicidas", tan utilizados en el reciente conflicto entre Armenia y Azerbaiyán. Pero si hay una canchaca hacia drones cada vez más grandes y armados, hay otra no menos importante que tiende precisamente a todo lo contrario: hacernos cada vez más pequeños.

Leer >>>



EMERGENCIAS Y CATASTROFES SARS COV 2 Y LA GUERRA CONTRA LAS ARMAS DE DESTRUCCIÓN MASIVA (ADM).

> JULIO

<https://mailchi.mp/36c70a3341e4/lw5d0r49gm-8511017>


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.

Julio 2021

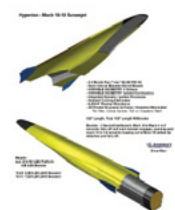


HECHOS PORTADORES DE FUTURO

LOITERING MUNITION

La Compañía israelí Uvision ha obtenido un contrato para proveer al US Marine Corps, sistemas HERO-120 "Loitering Munition" (LM), destinados a equipar dos modelos de vehículos livianos de combate, así como un Sistema Autónomo Marítimo de largo alcance (LURSV). La incorporación de estos LM a plataformas terrestres y marítimas altamente móviles, incrementa la capacidad de fuego orgánico de gran precisión, para los elementos de maniobra y combate cercano.

Leer + >>

QUÍMICA
DESARROLLO DE PROTECCIONES
TÉRMICAS PARA MISILES
HIPERSONICOS.

El Air Force Research Laboratory (AFRL) de EUA, ha adjudicado a la empresa SpaceX, un importante contrato para la investigación avanzada de materiales específicos, así como nuevas tecnologías de fabricación, para el desarrollo de Protecciones Térmicas destinadas a las estructuras y componentes de los sofisticados Misiles Hiperónicos. Una de las principales barreras tecnológicas a superar, por los desarrolladores de estos vectores que se desplazan a velocidades hipersónicas, son las temperaturas extremas que deben soportar durante las diferentes etapas de su vuelo.

Leer + >>



ARMAMENTOS

CARTUCHOS EN CALIBRE 6.8 x 51
MM Y VAINA DE POLÍMERO PARA
FUSILES Y AMETALLADORAS

Dentro del programa del US ARMY "NEXT GENERATION SQUAD WEAPON", la empresa TRUE VELOCITY ha desarrollado un novedoso cartucho calibre 6.8x51mm, que además de sus mejores prestaciones, tiene la particularidad que su vaina incluye polímero entre sus componentes, reduciendo hasta un 30% el peso total de los cartuchos. El objetivo de la empresa, es que esta munición pueda ser empleada además, en ametralladoras M240 calibre 7.62x51mm, así como en Ametralladoras M249 "Minigun", con un simple cambio de cañón para este nuevo cartucho.

Leer + >>

ELECTRÓNICA
RED DE SENSORES ESPACIALES
PARA ENFRENTAR LA AMENAZA
MISILÍSTICA.

El desarrollo de una red de sensores espaciales ubicados en diferentes órbitas, capaces de detectar y realizar el seguimiento tanto de Misiles Balísticos (BM) como de los modernos Misiles Hiperónicos (HM), es un objetivo prioritario de la US SPACE FORCE. El sistema actual de defensa "en capas", incluye sensores terrestres, aéreos, marítimos y espaciales. En este último campo, se están asignando importantes recursos presupuestarios, para la implementación de sistemas capaces de hacer frente a las amenazas emergentes, cada vez más velozes, de mayor alcance y difíciles de neutralizar como los misiles hipersónicos.

Leer + >>



> AGOSTO

<https://mailchi.mp/32d5674a005f/lw5d0r49gm-8605589>


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.

Agosto 2021

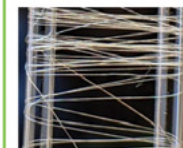


HECHOS PORTADORES DE FUTURO

IA EN APOYO DEL CAMPO DE
COMBATE - CONFLICTO DE GAZA

Israel ha buscado aumentar su éxito operativo en el campo de batalla a través de un gran esfuerzo para digitalizar las Fuerzas de Defensa de Israel. La importancia de esta transformación fue evidente en el reciente conflicto en Gaza que ha llamado la primera « guerra de inteligencia artificial ». Esto es integrar capacidades y servicios para obtener un todo mayor a la suma de las partes.

Leer + >>

QUÍMICA
MÁS FUERTE QUE EL ACERO, MÁS
RESISTENTE QUE EL KEVLAR.

Se suele afirmar que la seda de araña, es uno de los materiales más fuertes y resistentes de origen natural en la Tierra. Los ingenieros de la Universidad de Washington en St. Louis, han diseñado proteínas híbridas de seda amioide y las han producido en bacterias modificadas genéticamente. Las fibras resultantes son más fuertes y resistentes que algunas sedas de araña naturales. La seda artificial, denominada fibra "amioide polimérica", no fue producida técnicamente por los investigadores, sino por bacterias que fueron modificadas genéticamente en el laboratorio de esa institución.

Leer + >>

INEOSMÁTICA
EL EJÉRCITO DE EEUU EVALÚA

ARMAMENTOS

PROYECTO DEL RUOB (UK) DE
CAÑONES LIVIANOSAUTOPROPULSADOS NO
TRIPULADOS.

Los sistemas de Armas de Apoyo de Fuego de Artillería han mostrado su vigencia en los últimos conflictos armados. Sin embargo se ha demostrado también, la gran vulnerabilidad de las piezas y sus dotaciones, en posiciones estáticas de fuego durante el combate. Potencia de fuego, alcance, precisión y movilidad son requerimientos operacionales indispensables. El Ministerio de Defensa del Reino Unido ha revelado que está considerando el desarrollo de cañones autopropulsados livianos y que incorporen diversos grados de autonomía, como posible reemplazo del actual obús L118 de 105 mm del ejército británico.

Leer + >>



ELECTRÓNICA

DIRECT ENERGY FUTURES 2060.

Las FFAA de muchos países se encuentran priorizando el desarrollo y obtención de sistemas "C-UAS", capaces de neutralizar las nuevas amenazas de los drones en el campo de batalla. En el caso de EUA, se analizan los escenarios posibles para el empleo de sistemas de Armas de Energía Dirigida (DEW) en los próximos 40 años. El Air Force Research Laboratory (AFRL) ha presentado un informe denominado "Direct Energy Futures 2060", en el que explora todas las alternativas de DEW, desde los modestos sistemas de corto alcance para la defensa terrestre, hasta los sistemas instalados en sofisticadas plataformas espaciales.

Leer + >>



> SEPTIEMBRE

<https://mailchi.mp/7037e1d47c6/lw5d0r49gm-9285417>

Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Grt. Mosconi (CEPTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.

Septiembre 2021



HECHOS PORTADORES DE FUTURO LA IMPRESIÓN 3D MILITAR, AMENAZA Y OPORTUNIDAD.

Durante el Siglo XX, muchos avances científicos, tecnológicos y en medicina se han iniciado en investigaciones con fines militares, por ello no es raro que una tecnología como lo es la impresión 3D se desarrolle en ámbitos civiles sea usada con fines bélicos. Es así que la impresión 3D militar es un hecho de gran interés. Las FF.AA. de los EEUU están utilizando estas tecnologías para fabricar desde: Drones, motores cohetes, packs de comida para sus tropas, paneles solares flexibles; vestimenta; carpas de campaña, etc. Últimamente se ha firmado una alianza entre 3D Systems y el Laboratorio de la Armada norteamericana para desarrollar en conjunto materiales de uso dual. Finalmente, la impresión 3D que es la que cambia de propiedades en contacto con otros elementos puede ser aplicada para fabricar uniformes que cambien de color en función del ambiente.

Leer >>>



QUÍMICA DARPA - PROYECTO DE DESARROLLO DE BIOMINERÍA PARA "TIERRAS RARAS" (REE).

Los elementos denominados "tierras raras" (REE) son un grupo de 17 metales similares, que constituyen componentes materiales críticos de muchos sistemas de Defensa. Aunque los EEUU disponen de suficientes recursos nacionales de REE, su cadena de suministro es vulnerable debido a la dependencia de entidades extranjeras para la separación y purificación de estos elementos. El programa Environmental Microbes as a BioEngineering Resource (EMBER) tiene como objetivo aprovechar los avances en la ingeniería microbiana y biomolecular para desarrollar una estrategia escalable de separación y purificación de base biológica para REE utilizando fuentes domésticas poco desarrolladas.

Leer >>>



ARMAMENTOS CHINA AUMENTA SU CAPACIDAD MISILÍSTICA - ICBM.

En las últimas semanas, se descubrieron nuevas obras de infraestructura en dos grandes zonas del territorio Chino, aptas para el lanzamiento de Misiles Balísticos Intercontinentales (ICBM). Desde 2017, la PLARF (People Liberation Army Rocket Force) ha incrementado en un 50% sus stocks de estos poderosos sistemas de armas, que otorgan a ese país la capacidad de realizar ataques masivos sobre objetivos estratégicos, a miles de kilómetros de distancia y portando cabezas de guerra con capacidad nuclear.

Leer >>>



ELECTRÓNICA LOS SOLDADOS DE GUERRA ELECTRÓNICA NECESITAN ESTAS 6 COSAS PARA TENER ÉXITO.

Los actuales campos de batalla cada vez son más complejos, el Ejército de EUA debe asegurarse que los soldados de guerra electrónica puedan realizar seis tareas: 1. detectar, identificar y localizar los blancos al máximo alcance, 2. contrarrestar a los objetivos localizados a larga distancia, 3. compartir datos e información con sus aliados, 4. poder elegir al mejor operador para esa misión, 5. filtrar los datos útiles entre toda la información, 6. tener una imagen clara del campo de batalla moderno dentro del espectro electromagnético, esto lo dijo un importante líder de la EVI.

Leer >>>



AUTOMOTORES LA FUERZA AÉREA DE EUA

Leer >>>

> OCTUBRE

<https://mailchi.mp/2d00e7cb12c/lw5d0r49gm-9309685>

Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Grt. Mosconi (CEPTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.

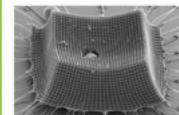
Octubre 2021



HECHOS PORTADORES DE FUTURO GEMELOS DIGITALES, FUSIÓN ENTRE LO VIRTUAL Y FÍSICO.

Un gemelo digital, o digital twin, es una réplica virtual realizada a imagen y semejanza de un producto —la turbina de un avión, las palas de un aerogenerador, la fachada de un edificio, etc.— al que se le incorporan datos en tiempo real que pueden ser captados a través de sensores o de tecnologías relacionadas con el Big Data. Una vez recolectada dicha información, esta es procesada con IA, Cloud Computing y Machine Learning para aminorar una representación viva que siente, piensa y actúa. Gemelo Digital, una tecnología disruptiva que será vital en el desarrollo de la Cuarta Revolución Industrial.

Leer >>>



QUÍMICA NUEVOS MATERIALES DE NANOARQUITECTURA.

Una investigación financiada por el US ARMY identificó un nuevo material que puede resultar apto para producir a armaduras livianas, revestimientos protectores, escudos contra explosiones y otras estructuras resistentes a impactos. En experimentos, las estructuras ultraligeras, llamadas "materiales nanoarquitecturados", los mismos absorbieron el impacto de proyectiles microscópicos, acelerados a velocidades supersónicas. El US Army presenta al Instituto MIT de Nanotecnologías en 2002, como un Centro de Investigación Interdisciplinario, con destacadas capacidades para el desarrollo de proyectos diversos, tendientes a mejorar drásticamente la protección, la supervivencia y las capacidades del Soldado, las plataformas y los sistemas de apoyo al combatiente.

Leer >>>



ARMAMENTOS UCAV - BAYRAKTAR AKINCI ENTRA EN SERVICIO (TURQUÍA).

"El futuro está en los cielos. Porque las naciones que no pueden proteger sus cielos, nunca pueden estar seguras de su futuro" (M.K. Atatürk). El vehículo aéreo de combate no tripulado (UCAV) Bayraktar AKINCI introduce una serie de capacidades novedosas en el campo de la guerra aérea no tripulada. Algunas características que no se habían visto en ningún otro tipo de UAV anteriormente, como la capacidad de lanzar misiles de crucero con 250 km de alcance y misiles A-A (BVRAAM), para objetivos hasta 100 km. Estas capacidades, podrían convertir al AKINCI en el primer avión de combate no tripulado multifunción, en servicio a nivel global. Su enorme capacidad de carga (1.500 kg), la variedad de armas que puede operar y su autonomía de vuelo de 24 hs, lo muestran especialmente apto para multiplicidad de misiones de ataque.

Leer >>>



ELECTRÓNICA ARCAS: NUEVO SISTEMA DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL (AI) PARA FUSILES DE ASALTO.

La empresa ELBIT Systems (Israel), ha presentado un revolucionario sistema en desarrollo, con la nueva plataforma de datos de inteligencia artificial (AI), por el cual los soldados cuando miran a través de los sistemas ópticos de sus fusiles, obtienen una imagen muy similar a las de los ya conocidos videojuegos. Capas de datos de la "Advanced Rifle Combat Application" (ARCAS), se muestran junto con lo que el soldado observa, como un paisaje urbano simulado o un túnel oscuro, etc. Los tiradores presionan botones en una empuñadura, para alternar entre capas de información sobre su entorno, incluida la detección de movimientos, el alcance, los niveles de munición remanente y más datos, con solo un "click" en el botón selector. Desarrollos muy adecuados para las nuevas

> NOVIEMBRE

<https://mailchi.mp/560c3b51752b/lw5d0r49gm-9342645>

Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Grt. Mosconi (CEPTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.

Noviembre 2021

ARMAMENTOS
HECHOS PORTADORES DE FUTURO
REABASTECIMIENTO SEMIAUTÓNOMO EN EL CAMPO DE COMBATE

El proceso de reabastecimiento semiautónomo, comienza con una necesidad en el campo de batalla: alimentos, suministros, municiones o incluso piezas de repuesto para maquinaria pesada. El Comando de Futuros del US Army explora la capacidad del Ejército de utilizar mecanismos de reabastecimiento semiautónomos de sostenimiento conjunto para mejorar la destreza logística y, al mismo tiempo, mitigar la exposición y el riesgo adicionales para los soldados. "El objetivo es asegurar que podamos extender nuestro alcance, en operaciones de múltiples dominios", dijo el Mayor Christopher Jones, líder de pruebas de reabastecimiento semiautónomo en Project Convergence 2021.

[Leer + >>](#)

ELECTRÓNICA
DARPA, ENSAYA UN ENJAMBRE DE 200 DRONES CONTROLADOS POR UN SOLO OPERADOR

La Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa (DARPA-EUA) llevó adelante un ejercicio, en el cual trata de demostrar que un solo operador, puede ser capaz de controlar un enjambre de más de 200 drones. El ensayo es parte de un programa denominado "OFFSET (OFFensive Swarm-Enabled Tactics)", cuyo objetivo es otorgar a las pequeñas fracciones, la capacidad de operar grandes cantidades de drones aéreos y terrestres en forma simultánea, especialmente en ambientes urbanos y en acciones de corto alcance.

[Leer + >>](#)

QUÍMICA
2021, "TOP TEN" TECNOLOGÍAS EMERGENTES EN QUÍMICA

La Unión Internacional de la Química Pura y Aplicada (IUPAC) ha publicado las 10 tecnologías emergentes de mayor impacto para la química en 2021. Entre otras tecnologías se incluyen la superinteligencia, la degradación dirigida de proteínas y la vida semisintética.

[Leer + >>](#)

EMERGENCIAS Y CATÁSTROFES
DIFUSIÓN DE ERRORES RELACIONADOS CON

> DICIEMBRE

<https://mailchi.mp/d0051q806009/lw5d0r49gm-9955085>

Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Grt. Mosconi (CEPTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.

Diciembre 2021

ARMAMENTOS
SMART MANUFACTURING
APLICACIONES MILITARES DE LA IMPRESIÓN 3D

Las fuerzas militares más importantes del mundo han invertido cientos de millones en la investigación y desarrollo de la impresión 3D (3DP), y es fácil ver por qué. En ningún lugar, el control sobre su cadena de suministros, es más vital que en las FF.AA. La capacidad de llevar los repuestos al frente de combate, reduce significativamente los costos y el tiempo de envío de piezas. Las piezas impresas en 3D, están presentes en componentes críticos de aeronaves, blindados, buques y submarinos. También en la Asistencia Sanitaria de los combatientes y en el equipamiento de los soldados de primera línea, en escenarios de combate.

[Leer + >>](#)

ARMAMENTOS
TROPAS RUSAS IMPROVISAN SISTEMAS DE PROTECCIÓN ANTI-DRONE PARA ENTRAR EN COMBATE CON UCRAINA

La posibilidad de una nueva invasión de Rusia a Ucrania, ha motivado que ambas partes se preparen para un enfrentamiento que parece inminente. En este caso, se observaron tanques T-60 y T-72 Rusos con diversos sistemas de protección pasiva, improvisados por las mismas tripulaciones, para hacer frente a la más creciente amenaza de drones letales (UCAS). Municiones de tipo "loitering", así como Misiles Antitanque con capacidad "Top Attack" y cabeza de guerra "en tándem". Es que el reciente conflicto de Nagorno-Karabakh y la enorme vulnerabilidad, que mostraron los blindados de origen ruso de dotación en ambos contendientes (Armenia y Azerbaijani), ha obligado a aguzar el ingenio para sobrevivir frente a ese nuevo tipo de amenazas aéreas, cada vez más presentes en el campo de combate.

[Leer + >>](#)

QUÍMICA
ARMAS DE DESTRUCCIÓN MASIVA (ADM): Defensa QBRN - QBRN

A raíz de las experiencias adquiridas durante la pandemia del Covid-19, se estima que creará la demanda de inversiones y adquisiciones en investigación contra amenazas químicas, biológicas, radiológicas, nucleares y explosivos (CBRNE). Tecnologías innovadoras como la inteligencia artificial (IA), Internet de las cosas (IoT), materiales avanzados, nanotecnología y telemedicina, serán aprovechadas para desarrollar nuevas soluciones CBRNE, que permitan acelerar el tiempo de reacción contra ese tipo de amenazas, mitigando sus efectos adversos. El presente artículo enumera las tendencias tecnológicas claves, que impactan en el tema de la defensa QBRNE, identificadas por GlobalData.

[Leer + >>](#)

ELECTRÓNICA
HIGH ENERGY LASER WEAPONS SYSTEM (HELWS)

La empresa Raytheon continúa avanzando en el desarrollo de sistemas "Contra Drones" (C-UAS). Su proyecto denominado High Energy Laser Weapons System (HELWS), se basa en el empleo de Sistemas de Armas de Energía Dirigida (Láser) para eliminar la amenaza de enjambres de UAS, cada vez más presentes en el campo de batalla y que proliferarán en el futuro. Es que aún los drones comerciales, con valores del orden de US\$ 500, son cada vez más sofisticados, vuelan más rápido y pueden navegar de manera autónoma, sin necesidad de emplear radiofrecuencias, que los hacen vulnerables al "jamming". Y HELWS resulta una alternativa adecuada para hacer frente a estas amenazas.

[Leer + >>](#)

5.2

Observatorio Tecnológico Aeroespacial (OTA) de la ESGA

Director: BM (R) Alejandro Moresi

El observatorio Tecnológico Aeroespacial, en el año 2021, ha desarrollado su actividad sobre los siguientes ejes de investigación:

1. Poder Aéreo
2. Estrategia
3. Tecnología
4. Armamento
5. Vehículos No tripulados
6. Aeronaves
7. Espacio
8. Historia Aeronáutica y Espacial



Actividades principales

En el presente año mediante los convenios mantenidos con la Facultad de Ingeniería del Ejército Argentino y el Observatorio Mosconi, sede del Nodo de Defensa y Seguridad, se dictó un nuevo curso de observadores tecnológicos, esta actividad resulta de vital importancia para este observatorio, en razón de que los alumnos, futuros observadores, se renuevan anualmente de manera completa, por ser de 10 meses la duración de la especialización en *“Conducción de Fuerzas y Operaciones Aeroespaciales”*.

El observatorio participó de una capacitación con El Reino de España, a través de ENAIRE y el Centro de Formación de la Cooperación Española en Montevideo, acerca de *“Gestión de Tráfico de Aeronaves no tripuladas”*, el citado curso abrió toda una gama de conocimientos que, integrados al observatorio, permitieron posteriormente participar en la presentación plenaria del *“3er. Congreso sobre Medios de Transporte y Sus Tecnologías Asociadas”*, donde se presentó una ponencia sobre *“La Movilidad Urbana Futura, Una Perspectiva Sobre Drones”*. Asimismo, la temática de la movilidad aérea urbana del futuro ocupó varias notas en los boletines.

Otro aspecto de interés trabajado fue el de la sexta generación de aeronaves de caza, la cual fue objeto de algunas conclusiones como:

Como referencia de lo expuesto, revisemos algunos aspectos requeridos a los futuros cazas de la sexta generación, ello nos permitirá avizorar el futuro empleo del poder aeroespacial:

1. Más que aviones serán sistemas de sistemas en una nube de redes de combate con capacidad de vuelo tripulado y no tripulado y conducción de aeronaves no tripuladas que vuelen en conjunto con capacidad de asignar a estos blancos, misiones subsidiarias, ataques de drones en enjambre, mientras proveen de información ISR detallada del campo de combate.
2. Sus performances les permitirán mantenerse en vuelo por varias horas y con alcances considerables, ir desde el vuelo de baja velocidad al hipersónico y su envolvente de vuelo podría permitir el vuelo suborbital.
3. La amplia diversidad de armamentos portados propios o por sus plataformas remotas dan capacidad de configurar diferentes tipos de armamentos produciendo diferentes efectos sobre los blancos. El empleo de armas de energía dirigida, asegura la posibilidad de inutilizar los aviones agresores sin llegar a derribarlos, maximizando el ejercicio de la soberanía a la vez que evitan los derribos no deseados.
4. Su logística deberá ser optimizada, teniendo menor cantidad de componentes, de fácil reemplazo y construcción en impresoras 3D, para abaratar los costos operativos

Estas cuestiones así como otros aspectos de las tecnologías futuras fueron expuestos en notas en revistas de actualidad de la defensa y aeroespaciales.

El observatorio, también participó en el Centro Argentino de Relaciones Internacionales en el "Comité de Política Exterior y Fuerza Armadas" con una ponencia acerca de "El poder Aeroespacial, el debate del contexto".

En el Círculo de la Fuerza Aérea sede central, organizado por el Ministerio de Defensa y el Centro Aeronáutico de Estudios Estratégicos se presentó una ponencia sobre "La DPDN y la Cuestión Aeroespacial".

El Observatorio, dictó clases en el "Curso de trascendencia del Poder Aeroespacial", organizado por la Secretaría General de la Fuerza Aérea, donde se vieron los temas "Concepción del Poder Aeroespacial Nacional" y "El rol de la FAA como integrantes del Poder Aeroespacial Nacional".

Como parte de la Jornada Argentina Aeroespacial, el observatorio presentó en la UNDEF una ponencia sobre "Industria Espacial Argentina, capacidades y desafíos técnicos, ante un escenario sin tratado espacial".

Se dictó con la Escuela Superior de Guerra Aérea del Perú un Curso de "Estrategia Aeroespacial" y en la Escuela de Aviación Militar de la República Argentina se dictaron cursos al



primer año sobre *“Aproximación al Poder Aeroespacial”* y a cuarto año sobre *“Estrategia Aeroespacial, una mirada integral”*.

En el Centro Aeronáutico de Estudios Estratégicos, se presentó la investigación académica *“Hacia el ejercicio de la Soberanía en el Aeroespacio”*.

5.3

Observatorio Argentino del Ciberespacio (OAC) de la ESGC FFAA

Director: BM (R) Alejandro Moresi. Co-director TC (R) OIM Carlos F. Amaya

El Boletín del Observatorio Argentino del Ciberespacio (BOAC), continuó publicándose en 2021 por cuarto año consecutivo, entre los números 31 (enero y febrero) al 41 (diciembre).

<https://www.esgcffaa.edu.ar/esp/oac-boletines.php>

Se encuentra integrado plenamente al nodo de Defensa y Seguridad del MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN - SUBSECRETARÍA DE ESTUDIOS Y PROSPECTIVA - DIRECCIÓN NACIONAL DE ESTUDIOS (DNE), nodo que es administrado por el Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar “Gral. Mosconi” de la Facultad de Ingeniería del Ejército Argentino. En tal sentido se participó de las jornadas de capacitación dictadas por dicho Ministerio entre el 9 de septiembre y el 28 de septiembre de 2021.

Hemos seguido tratando temas que, en especial, sirvan de apoyo a nuestros educandos pretendiendo, a la vez, despertar ideas que aporten para sus tesis de Maestría, sin dejar de lado que nuestro objetivo se reafirma en la intención de llevar a la comunidad ciberespacial distintas perspectivas de este nuevo ámbito operacional, aportando novedades, reportes e informes que permitan a la comunidad educativa y a la sociedad en general conocer más acerca de este.

El diseño de cada boletín permite el acceso rápido y directo a los temas de interés, cliqueando directamente en su índice, hecho este que facilita la consulta.

Continuamos considerando las áreas de Estrategia, Ciberseguridad, Ciberdefensa, Ciberguerra, Ciberconfianza, Ciberforensia, Ciberdelito y Novedades.

Estadísticas de aperturas solo sobre un universo promedio de 1000 suscriptores.

Es dable destacar que no hemos considerado las entradas desde buscadores de internet o por links del Centro de Prospectiva Tecnológica Militar General Mosconi.

Enero febrero 2021 (Número 31)

Tema central tratado:

"La nueva estrategia de ciberseguridad de la Unión Europea"

País	Cantidad de consultas	Porcentaje
Argentina	990	55,6%
Estados Unidos	686	38,6%
Brasil	46	2,6%
México	13	0,7%
Uruguay	10	0,6%
Ecuador	9	0,5%
Alemania	7	0,4%
Panamá	6	0,3%
Francia	5	0,3%
España	3	0,2%

Marzo 2021 (Número 32)

Tema central tratado:

"El fenómeno de las operaciones de influencia"

País	Cantidad de consultas	Porcentaje
Estados Unidos	521	60,3%
Argentina	253	30,4%
Perú	36	4,2%
Brasil	9	1,0%
México	8	0,9%
España	8	0,9%
Uruguay	6	0,7%
Colombia	3	0,3%
Reino Unido	3	0,3%
China	2	0,2%

Abril 2021 (Número 33)

Tema central tratado:

"China, el Ciberespacio y el poder estatal híbrido"

País	Cantidad de consultas	Porcentaje
Estados Unidos	246	48,7%
Argentina	220	43,6%
Perú	14	2,8%
Brasil	4	0,8%
Colombia	4	0,8%
España	4	0,8%
México	3	0,6%
China	2	0,4%
Uruguay	2	0,4%
Reino Unido	2	0,4%

Mayo 2021 (Número 34)Tema central tratado: "Conferencia de embajadores en el Centro Cibernético Blavatnik de la Universidad de Tel Aviv"
"El Foro Económico Mundial presenta un mapa interactivo sobre Ciberseguridad"

País	Cantidad de consultas	Porcentaje
Estados Unidos	408	64,2%
Argentina	189	29,7%
México	11	1,7%
Ecuador	6	0,9%
Uruguay	5	0,8%
Suiza	5	0,8%
Perú	5	0,8%
Francia	3	0,5%
Reino Unido	2	0,3%
Brasil	1	0,2%

Junio 2021 (Número 35)

Tema central tratado:

"Se necesita un enfoque complejo para ganar la Ciberguerra"

País	Cantidad de consultas	Porcentaje
Estados Unidos	205	49,0%
Argentina	181	43,3%
Uruguay	10	2,4%
China	5	1,2%
México	5	1,2%
Chile	2	0,5%
España	2	0,5%
Panamá	2	0,5%
Perú	1	0,2%
Rumania	1	0,2%

Julio 2021 (Número 36)

Tema central tratado: "La legítima defensa del Estado frente a ataques cibernéticos según el Derecho internacional"

País	Cantidad de consultas	Porcentaje
Estados Unidos	551	58,4%
Argentina	351	37,2%
Ecuador	11	1,2%
México	4	0,4%
Perú	4	0,4%
España	4	0,4%
Brasil	3	0,3%
Panamá	3	0,3%
Uruguay	3	0,3%
Reino Unido	3	0,3%

Agosto 2021 (Nro 37)

Tema central tratado: "Tácticas, Técnicas y Procedimientos de los APT40 acusados como asociados con el Departamento de Seguridad del Estado de Hainan del MSS de China"

País	Cantidad de consultas	Porcentaje
Estados Unidos	335	62,6%
Argentina	174	32,5%
Perú	8	1,5%
Brasil	6	1,1%
México	5	0,9%
China	3	0,6%
Colombia	1	0,2%
España	1	0,2%
Reino Unido	1	0,2%
Uruguay	1	0,2%

Septiembre 2021 (Número 38)

Tema central tratado: "Mosaic Warfare de DARPA (Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados de Defensa): operaciones multidominio, pero más rápido."

País	Cantidad de consultas	Porcentaje
Estados Unidos	257	53,0%
Argentina	154	31,8%
Brasil	55	11,3%
China	7	1,4%
Chile	4	0,8%
España	2	0,4%
México	2	0,4%
Uruguay	1	0,2%
Colombia	1	0,2%
República Checa	1	0,2%

Octubre 2021 (Número 39)

Tema central tratado: "Escuadrones de Comunicaciones convertidos a Escuadrones de Ciberdefensa"

País	Cantidad de consultas	Porcentaje
Estados Unidos	257	53,0%
Argentina	154	31,8%
Brasil	55	11,3%
China	7	1,4%
Chile	4	0,8%
España	2	0,4%
México	2	0,4%
Uruguay	1	0,2%
Colombia	1	0,2%
República Checa	1	0,2%

Noviembre (Número 40)

Tema central tratado: "Estrategia OTAN para Inteligencia artificial"

País	Cantidad de consultas	Porcentaje
Estados Unidos	259	59,4%
Argentina	136	31,2%
Brasil	33	7,6%
China	2	0,5%
México	2	0,5%
Panamá	2	0,5%
Chipre	1	0,2%
Uruguay	1	0,2%

Diciembre (Número 41)

Tema central tratado: "Primer acuerdo mundial sobre la ética de la inteligencia artificial"
"Mantener las infraestructuras críticas en períodos de receso"

País	Cantidad de consultas	Porcentaje
Estados Unidos	340	66,1%
Argentina	117	22,8%
Brasil	47	9,1%
China	3	0,6%
Uruguay	3	0,6%
Colombia	2	0,4%
México	1	0,2%
Paraguay	1	0,2%

TEC1000 es una publicación anual que aborda la Vigilancia Tecnológica y el Análisis Prospectivos para afrontar con éxito las amenazas y desafíos tecnológicos futuros.

Nuestras publicaciones



TEC1000 . 2016



TEC1000 . 2017



TEC1000 . 2018



TEC1000 . 2019-2020

