TEC1000
2023/2024

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

Centro de Estudios Grl Mosconi
Prospectiva Tecnológica Militar

EJÉRCITO ARGENTINO
FACULTAD DE INGENIERÍA
FIE

TEC1000
2023/2024

Centro de Estudios Grl Mosconi
Prospectiva Tecnológica Militar

CEPTM "Grl MOSCONI"

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

2023/2024

TEC1000 2023-2024 / José Alberto Guglielmone ... [et al.]. - 7a edición especial. -
Beccar : Jose Alberto Guglielmone , 2025.
276 p. ; 24 x 17 cm.

Edición para Centro de Estudios de Prospectiva Militar General Mosconi
ISBN 978-631-00-9478-6

1. Tecnología Militar. I. Guglielmone, José Alberto
CDD 355.26

DIRECTOR
CR (R) OIM José Alberto Guglielmone

AUTOR
Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar “General Enrique Mosconi”

EDITOR Y PROPIETARIO
Fundación “Grl Div Manuel Nicolás Savio”

ISSN 2591-4162
ISSN –L 2591-4162

Av. Cabildo 15. Palermo. Ciudad Autónoma de Buenos Aires
C1426AAA Teléfono: 4779-3300
ceptm@fie.undef.edu.ar
https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/

Fecha de publicación: 07/2025

ÍNDICE

PRÓLOGO . Decano de la Facultad de Ingeniería del Ejército 7

PRESENTACIÓN . Director CEPTM "Grl MOSCONI" 9

1. LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA A LOS SISTEMAS DE DEFENSA 11
1.1 Uso de modelos probabilísticos para la toma de decisiones en tiempo real: de la programación algorítmica a la inteligencia artificial 11
1.2 La Inteligencia Artificial en los Sistemas de Comando y Control 23
1.3 Inteligencia Artificial y sistemas de armas autónomas letales 29
1.4 Inteligencia Artificial y Armas Nucleares 95
1.5 La Inteligencia Artificial aplicada a la Defensa Aérea: el caso del Sistema "Iron Dome" 101
1.6 Epistemología militar: valores, experiencia y ciencia. El saber militar 119
1.7 Epistemología. La Ciencia Militar 129

2. ARTÍCULOS SELECCIONADOS EN CONVOCATORIA 2023/2024 165
2.1 La importancia estratégica del espacio ultraterrestre en la Defensa Nacional 165
2.2 Almacenamiento de energía no convencional como energía hidráulica Estudio de caso de aplicación práctica 175
2.3 El Valor de la Prospectiva para la Planificación en Seguridad Nacional, las Instituciones y las Empresas 185
2.4 Implementación de sistemas de telemetría en aviónica, cohetes, misiles y satélites 195
2.5 Evaluación del sueño en tropas de montaña y un novedoso camino para optimizar su rendimiento 205
2.6 Catalizadores de combustión para propulsante compuesto: obtención y potencial uso en propulsantes de alta velocidad 215
2.7 El impacto tóxico en la contaminación del ambiente con explosivos y sus productos de degradación 219
2.8 La radio definida por software (SDR) como herramienta para integrar la guerra electrónica y la ciberguerra en la capacitación del personal 231
2.9 Observatorio atmosférico de la patagonia austral: 20 años de monitoreo en el sur argentino 239
2.10 Prospectiva tecnológica sobre el análisis de los explosivos y sus efectos utilizando métodos numéricos 249

3. CETPM "GRL. MOSCONI" 255
3.1 Integrantes Año 2023 255
3.1 Integrantes Año 2024 256
3.2 Capacitaciones y eventos del CEPTM 2023 258
3.2 Capacitaciones y eventos del CEPTM 2024 260

3.3 Publicaciones 2023/2024 **262**
3.4 NEWSLETTERS del Observatorio Tecnológico Mosconi (OTM) 2023 **264**
3.4 NEWSLETTERS del Observatorio Tecnológico Mosconi (OTM) 2024 **270**

PRÓLOGO

Me complace presentarles la "TEC1000 2023/2024", una publicación que ha evolucionado al ritmo de los avances tecnológicos en el ámbito militar. En esta nueva edición toma protagonismo la influencia cada vez mayor de la inteligencia artificial en las fuerzas armadas, así como su estrecha relación con la ingeniería militar.

La relación entre IA y defensa es uno de los temas más relevantes en el ámbito internacional actual. En un mundo marcado por desafíos complejos, es crucial comprender cómo estas disciplinas se entrelazan para impulsar el desarrollo y aplicación de tecnologías avanzadas. Desde sistemas autónomos hasta drones y vehículos terrestres no tripulados, es transformador el papel que juega la inteligencia artificial en las operaciones militares modernas. En este contexto, la IA está siendo aplicada para mejorar y optimizar sistemas existentes, así como para desarrollar nuevas capacidades que permitan a las fuerzas armadas adaptarse a los desafíos modernos. Con un análisis profundo respaldado por investigaciones rigurosas, esta séptima edición ofrece una visión integral de cómo la ingeniería militar y la inteligencia artificial están moldeando el futuro de las fuerzas armadas.

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a todos los analistas y autores que participaron en la elaboración de esta publicación. Su dedicación, experiencia y generosidad posibilitaron enormemente esta obra. Espero que este libro continúe siendo una referencia para estudiantes, académicos y profesionales del sector militar interesados en comprender los desafíos y perspectivas actuales de esta área emergente dentro del campo de la ingeniería y la defensa.

Coronel Alberto Ricardo Nadale
Decano de la Facultad de Ingeniería del Ejército "Grl Div Manuel N Savio"

CABA, diciembre de 2024

PRESENTACIÓN

Estimados lectores:
Es un honor presentar la séptima edición de nuestra publicación anual **TEC1000 2023-2024,** una obra que consolida el compromiso del Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar "Grl MOSCONI" con el análisis y la comprensión de la evolución tecnológica en el ámbito militar.

En primer lugar, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todos los que participaron en nuestra convocatoria enviando sus artículos. La calidad y variedad de los trabajos recibidos han sido excepcionales. Aunque no fue posible incluir todos los artículos que hubiésemos deseado, hemos hecho un esfuerzo por seleccionar un amplio conjunto de ellos. Cada uno aporta perspectivas valiosas que enriquecen este número de **TEC1000.** A quienes no pudieron ser publicados en esta ocasión, les agradecemos profundamente su dedicación y esfuerzo, que sin duda contribuyen al avance del conocimiento colectivo.

El tema central que abordamos en esta edición es la **Inteligencia Artificial (IA),** una tecnología que ha dejado de ser un concepto futurista para convertirse en una realidad palpable con un impacto transformador en numerosos campos, incluido el ámbito militar. Desde nuestra perspectiva especializada, exploramos cómo la IA se está implementando en los sistemas de armas, redefiniendo las operaciones y estrategias militares.

En términos simples, la IA en el contexto militar se refiere a la capacidad de las máquinas para realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana, como el aprendizaje, la toma de decisiones y la resolución de problemas. En el ámbito de la defensa, esto se traduce en sistemas que analizan grandes cantidades de datos, predicen comportamientos enemigos y optimizan estrategias de combate. La IA está impactando el desarrollo de los sistemas de defensa y tiene el potencial de revolucionar las estrategias militares del futuro.

Además, abordamos la intrincada relación entre la **Epistemología Militar** y **la IA,** un vínculo crucial en la modernización de las Fuerzas Armadas. La epistemología militar estudia cómo se genera, valida y aplica el conocimiento en el ámbito militar, abarcando aspectos estratégicos, tácticos, tecnológicos y éticos. En este contexto, la IA se presenta como una herramienta clave que transforma las operaciones y los sistemas de armas. La epistemología de la ciencia militar proporciona los fundamentos teóricos y metodológicos que guían el desarrollo e implementación de la IA, asegurando su alineación con los objetivos estratégicos de las fuerzas armadas.

A través de los artículos de nuestros expertos, exploramos cómo estas tecnologías están transformando la doctrina militar, las operaciones y la estructura misma de las Fuerzas Armadas. En este camino de innovación y desafío, la IA emerge como un recurso esencial para anticipar, comprender y liderar el futuro.

Nuestro gran objetivo en el Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar "Grl MOSCONI" es que todo lo producido, mediante nuestras publicaciones, charlas y exposiciones en diferentes instituciones o ámbitos militares y civiles, o a través de nuestra página web, se convierta en una herramienta valiosa para los diversos actores que toman decisiones estratégicas. A lo largo del tiempo, hemos observado con agrado, que los trabajos elaborados por el nuestro Centro, son considerados en los procesos de decisión, lo cual nos motiva a seguir trabajando con el más alto compromiso.

Un especial mensaje para aquellos más jóvenes: apreciamos profundamente su creciente interés en los temas de tecnología militar, lo cual en variadas oportunidades nos lo hacen saber. Cada vez más, a la luz de los acontecimientos actuales, toman conciencia de la necesidad de capacitarse para reducir la brecha del conocimiento y alcanzar el nivel que esta época requiere.

Agradezco sinceramente a los analistas, colaboradores y expertos que han contribuido a esta edición, cuyo esfuerzo y dedicación han sido fundamentales para consolidar esta publicación como una referencia en el estudio de la tecnología militar

Esperamos que esta nueva TEC1000, continúe siendo una fuente de inspiración para todos aquellos comprometidos con la investigación y el desarrollo tecnológico en el ámbito de la defensa. A lo largo de los años, esta publicación ha marcado tendencias tecnológicas que hoy se evidencian en los conflictos actuales, demostrando la importancia de la Vigilancia Tecnológica y la Inteligencia Estratégica, como así también la Prospectiva. Confiamos en que el conocimiento aquí compartido siga fortaleciendo nuestras Fuerzas Armadas y contribuyendo a su evolución frente a los desafíos del futuro.

CABA , diciembre de 2024

CR(R) José Alberto Guglielmone
Director del Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar "Grl MOSCONI"

1. LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA A LOS SISTEMAS DE DEFENSA

1.1

Uso de modelos probabilísticos para la toma de decisiones en tiempo real: de la programación algorítmica a la inteligencia artificial

Por Axel Emanuel Sacca (*)

Introducción

Contexto y Relevancia

La evolución de los Grandes Modelos de Lenguaje (LLMs, del inglés Large Language Models) ha sido un hito significativo en el campo de la inteligencia artificial. Desde sus inicios, los LLMs han demostrado una capacidad notable para procesar y generar texto de manera coherente y contextualmente relevante. Estos modelos, entrenados con vastas cantidades de datos textuales, han alcanzado un nivel de comprensión del lenguaje natural que les permite realizar tareas complejas como la traducción automática, la generación de texto, y la síntesis de información. La aparición de modelos como GPT-4 y Llama 3.1 ha ampliado aún más el potencial de los LLMs, permitiendo aplicaciones en áreas tan diversas como la educación, la medicina, la seguridad y la defensa.

Uno de los aspectos más innovadores de los LLMs es su capacidad para tomar decisiones de manera "no algorítmica". A diferencia de los sistemas basados en reglas tradicionales, que dependen de estructuras de control explícitas y predefinidas, los LLMs pueden generar respuestas y tomar decisiones basadas en patrones estadísticos y asociaciones aprendidas de los datos. Esto les permite manejar una gama más amplia de situaciones y adaptarse a nuevas condiciones sin necesidad de reprogramación específica. Esta flexibilidad es particularmente valiosa en contextos donde la incertidumbre y la variabilidad son altas, como en la gestión de crisis, la seguridad cibernética y la simulación militar.

Objetivo del Estudio

El objetivo de este estudio es explorar cómo los LLMs pueden ser integrados con sistemas tradicionales para ofrecer soluciones más flexibles y adaptativas en diversas aplicaciones. Nos centraremos en cómo estos modelos pueden mejorar la toma de decisiones en áreas críticas como la defensa, la seguridad, la simulación de entornos virtuales y la asistencia legal. La hipótesis central es que los LLMs pueden proporcionar una capa adicional de inteligencia y adaptabilidad, permitiendo a los sistemas responder de manera más eficiente y efectiva a una amplia gama de situaciones. Este enfoque puede revolucionar la manera en que se abordan los problemas complejos, ofreciendo una alternativa viable a los métodos tradicionales basados en algoritmos.

Fundamentos Teóricos y Tecnológicos

Tipos de Inteligencia Artificial

La inteligencia artificial (IA) se puede clasificar en varias categorías, dependiendo de su complejidad y capacidad para simular aspectos de la inteligencia humana. Las tres principales categorías de IA son:

> **IA Estrecha (ANI - Artificial Narrow Intelligence):** También conocida como IA débil, se especializa en realizar tareas específicas utilizando datos y algoritmos predefinidos. Ejemplos incluyen sistemas de reconocimiento facial y asistentes virtuales como Siri o Alexa.
> **IA General (AGI - Artificial General Intelligence):** A menudo denominada IA fuerte, esta categoría aspira a alcanzar un nivel de inteligencia comparable al humano, capaz de realizar cualquier tarea cognitiva que un ser humano pueda. Sin embargo, AGI sigue siendo un concepto teórico y no ha sido alcanzado.
> **IA Superinteligente (ASI - Artificial Superintelligence):** Este es un nivel hipotético de inteligencia que supera con creces la capacidad cognitiva de los humanos. ASI aún no existe y es objeto de especulación y debate en la comunidad científica.

Aprendizaje Automático y Redes Neuronales

El aprendizaje automático (ML, del inglés Machine Learning) es un subcampo de la IA que se centra en el desarrollo de algoritmos que permiten a las máquinas aprender y mejorar a partir de la experiencia sin ser programadas explícitamente. Los tres tipos principales de aprendizaje automático son:

> **Aprendizaje Supervisado:** En este enfoque, el modelo es entrenado con datos etiquetados. El objetivo es aprender una función que mapee las entradas a las salidas correctas, basándose en ejemplos de entrenamiento. Un uso común es la clasificación de correos electrónicos como spam o no spam.
> **Aprendizaje No Supervisado:** Aquí, el modelo es entrenado con datos no etiquetados y debe identificar patrones y estructuras ocultas en los datos. Un ejemplo es el análisis de clusters para segmentar clientes según comportamientos similares.
> **Aprendizaje por Refuerzo:** Este tipo de aprendizaje implica un agente que aprende a tomar decisiones mediante la ejecución de acciones y la observación de los resultados. El agente es recompensado o castigado según el resultado de sus acciones, con el objetivo de maximizar una recompensa acumulativa.

Redes Neuronales

Las redes neuronales son una arquitectura clave en el aprendizaje automático, inspiradas en la es-

tructura y el funcionamiento del cerebro humano. Estas redes están formadas por capas de neuronas artificiales, que actúan como unidades de procesamiento interconectadas. Cada neurona recibe entradas, las procesa mediante una función de activación, y genera una salida. Las conexiones entre neuronas tienen pesos (relevancia) que se ajustan durante el entrenamiento del modelo, con el objetivo de minimizar el error en las predicciones y mejorar la precisión.

Existen varios tipos de redes neuronales, entre los cuales destacan:

- **Redes Neuronales Artificiales (ANN - Artificial Neural Networks):** Son la forma más básica de red neuronal, compuestas por una capa de entrada, una o más capas ocultas y una capa de salida. Se utilizan en aplicaciones generales de aprendizaje automático, como clasificación y regresión.
- **Redes Neuronales Convolucionales (CNN - Convolutional Neural Networks):** Diseñadas para procesar datos con estructura de tres dimensiones, como imágenes, que se representan en forma de tensores (altura, anchura, y canales de color). Utilizan capas convolucionales para extraer características relevantes y capas de pooling para reducir la dimensionalidad. Son especialmente útiles en visión por computadora para tareas como reconocimiento de objetos y detección de rostros.
- **Redes Neuronales Recurrentes (RNN - Recurrent Neural Networks):** Estas redes son adecuadas para procesar datos secuenciales, como texto o series temporales, gracias a su capacidad para mantener información a lo largo del tiempo mediante bucles internos. Esta característica es crucial para tareas que dependen del contexto, como la traducción automática, el análisis de sentimientos y el reconocimiento de voz. Variantes avanzadas como LSTM (Long Short-Term Memory) y GRU (Gated Recurrent Unit) están diseñadas para abordar problemas de aprendizaje en secuencias largas y mitigar el problema del desvanecimiento de gradientes, mejorando así la capacidad de las RNN para capturar dependencias a largo plazo.

Grandes Modelos de Lenguaje (LLMs)

Descripción y Funcionamiento de los LLMs:

Los Grandes Modelos de Lenguaje (LLMs), como GPT-4 y Llama 3.1, son una aplicación avanzada de redes neuronales, específicamente las basadas en la arquitectura de transformador. Estos modelos están diseñados para procesar y generar texto de manera coherente y contextualmente relevante, utilizando vastas cantidades de datos textuales para entrenar sus millones o incluso billones de parámetros.

Transformadores y Mecanismo de Atención:

El transformador, introducido por Vaswani et al. (2017), es una arquitectura que utiliza un mecanismo de atención para asignar diferentes niveles de importancia a distintas palabras en una secuencia de texto. Este mecanismo permite a los LLMs captar dependencias de largo alcance y mantener el contexto a lo largo de grandes fragmentos de texto.

El proceso de atención se realiza mediante el cálculo de pesos de atención, que son proporcionales a la relevancia de cada palabra respecto a otras en la secuencia. Estos pesos se normalizan usando una función softmax, que convierte un conjunto de valores en probabilidades, asegurando que todos los pesos sumen a uno. Esto permite una interpretación probabilística de la importancia de cada palabra, facilitando la identificación de las palabras más relevantes en el contexto.

Tokens, Embeddings y Representaciones Vectoriales:

En los LLMs, las palabras del texto se dividen en tokens, que pueden ser palabras completas, sub-

palabras o caracteres. Cada token se representa como un vector en un espacio de alta dimensión, conocido como embedding. Estos embeddings se aprenden durante el entrenamiento del modelo y captan características sintácticas y semánticas de los tokens.

Los embeddings permiten que los LLMs transformen el texto en datos numéricos procesables por la red neuronal. La calidad de estos embeddings es crucial para el rendimiento del modelo, ya que determina la precisión con la que puede capturar relaciones complejas y similitudes entre palabras. Por ejemplo, en un espacio de embedding bien entrenado, palabras como 'rey' y 'reina' estarán cerca una de otra, reflejando su relación semántica.

Diferencias entre Toma de Decisiones Algorítmica y No Algorítmica

Toma de Decisiones Algorítmica

La toma de decisiones algorítmica se basa en un conjunto de reglas y condiciones predefinidas que producen resultados determinísticos. Esto implica que, dadas las mismas entradas, el sistema generará siempre la misma salida. Este enfoque es ideal para tareas con condiciones conocidas y estables, donde la precisión y consistencia son cruciales. Sin embargo, su rigidez lo hace menos adecuado para entornos dinámicos o inciertos, donde las condiciones pueden variar rápidamente o no estar completamente definidas.

Por ejemplo, en un sistema de control de tráfico, un algoritmo puede utilizar reglas condicionales (if-else) para cambiar las luces de los semáforos según la hora del día:

```
if hora_actual >= 0600 and hora_actual <= 2200:
  establecer_semaforo("rojo", 30)  # 30 segundos de luz roja durante el día
else:
  establecer_semaforo("rojo", 15)  # 15 segundos de luz roja durante la noche
```

Toma de Decisiones No Algorítmica

Los Grandes Modelos de Lenguaje (LLMs) utilizan modelos probabilísticos para predecir respuestas y tomar decisiones basadas en patrones y asociaciones aprendidas a partir de grandes volúmenes de datos. A diferencia de los sistemas basados en reglas fijas, los LLMs pueden adaptarse a nuevas situaciones y manejar una mayor variabilidad de datos sin necesidad de reprogramación explícita. Esto los hace especialmente útiles en entornos complejos e impredecibles.

Por ejemplo, en la generación de contenidos educativos, un LLM puede adaptar materiales de aprendizaje según el nivel de comprensión del estudiante. Si un estudiante tiene dificultades con un concepto matemático, el LLM puede proporcionar explicaciones adicionales, ejemplos o ejercicios específicos para reforzar el aprendizaje:

Consulta del Estudiante: "No entiendo cómo calcular la derivada de una función." Respuesta del LLM: "Para calcular la derivada de una función, necesitas conocer las reglas básicas de derivación. ¿Te gustaría empezar con una explicación de la regla del producto o ver ejemplos específicos?"

Además, los LLMs pueden generar recursos adicionales como diagramas, gráficos o enlaces a lecturas complementarias, facilitando un aprendizaje más interactivo y personalizado.

Integración de LLMs y Algoritmos Tradicionales

La integración de Grandes Modelos de Lenguaje (LLMs) con algoritmos tradicionales combina las fortalezas de ambos enfoques para ofrecer soluciones robustas y adaptativas en diversas aplicaciones.

Toma de Decisiones Basada en Probabilidades
En situaciones con datos inciertos o incompletos, los LLMs pueden proporcionar distribuciones de probabilidad sobre posibles resultados o acciones. Los algoritmos tradicionales pueden utilizar estas probabilidades para optimizar decisiones mediante técnicas como la maximización de la utilidad esperada o simulaciones de Monte Carlo.

Integración en Arquitecturas de Sistemas
La integración de LLMs y algoritmos tradicionales se puede realizar en arquitecturas de microservicios, donde cada componente cumple una función específica y se comunica a través de interfaces definidas. Por ejemplo, un módulo de preprocesamiento de datos puede utilizar algoritmos tradicionales para estructurar la información antes de que un LLM la procese y pase los resultados a un módulo de análisis de decisiones que utilice técnicas de optimización clásica.

Esta estructura modular facilita la escalabilidad y mantenibilidad del sistema, permitiendo actualizaciones independientes de los componentes. Por ejemplo, es posible mejorar los modelos LLM sin necesidad de reentrenar o modificar los algoritmos tradicionales, siempre que las interfaces de comunicación permanezcan consistentes. Esto permite a los sistemas adaptarse eficientemente a nuevos desafíos y avances tecnológicos.

Aplicaciones en Sistemas de Defensa y Seguridad

Toma de Decisiones en Contextos Militares

En contextos militares, la toma de decisiones eficaz es crucial para el éxito de las operaciones tácticas y estratégicas. Los LLMs pueden proporcionar apoyo significativo en este ámbito mediante el análisis de grandes cantidades de datos de inteligencia y la síntesis de información relevante para los comandantes y estrategas. Estos modelos pueden procesar datos de diversas fuentes, incluyendo informes de campo, comunicaciones interceptadas y análisis de inteligencia, para ofrecer una visión consolidada y contextualizada de la situación.

Análisis de Situaciones:
Los LLMs son capaces de realizar un análisis profundo de situaciones complejas al integrar información de múltiples fuentes. Por ejemplo, en una operación militar, los LLMs pueden analizar informes de campo y datos de sensores para identificar patrones y correlaciones que podrían no ser evidentes de inmediato. Este análisis puede incluir la identificación de movimientos enemigos, la evaluación de riesgos y oportunidades, y la predicción de posibles escenarios futuros.

Una característica clave de los LLMs en este contexto es su capacidad para ser entrenados con doctrinas tanto propias como enemigas. Esto permite al modelo comprender mejor los patrones de comportamiento y tácticas utilizadas por diferentes fuerzas, proporcionando una base sólida para interpretar movimientos de tropas y acciones militares enemigas. Por ejemplo, si un LLM está entrenado con la doctrina de una fuerza enemiga específica, puede prever con mayor precisión sus posibles movimientos y respuestas en situaciones de conflicto.

Además, los LLMs pueden ser entrenados para manejar variables críticas como la cantidad de tropas, munición, combustible y raciones. Al recibir actualizaciones en tiempo real sobre estas variables, el modelo puede sugerir ajustes estratégicos que optimicen el uso de recursos y mejoren la eficacia operativa. Por ejemplo, si se detecta una escasez de munición en una unidad específica, el LLM puede recomendar una redistribución de recursos o una modificación en la táctica para minimizar el uso de munición.

Respuestas Adaptativas:
Una de las ventajas clave de los LLMs en contextos militares es su capacidad para generar respuestas adaptativas. Esto significa que, ante un cambio en las condiciones del campo de batalla o en la inteligencia disponible, los LLMs pueden recalibrar sus recomendaciones en tiempo real. Por ejemplo, si se detecta un cambio en la disposición de las fuerzas enemigas, un LLM puede sugerir ajustes en la estrategia de despliegue de tropas o en las tácticas de ataque.

Los LLMs también pueden asistir en la planificación de misiones al simular diferentes escenarios y evaluar sus posibles resultados. Esto se logra mediante la generación de múltiples "ramas" de decisión, cada una basada en diferentes conjuntos de supuestos y datos disponibles. Al comparar los resultados de estas simulaciones, los comandantes pueden tomar decisiones más informadas y prepararse para una variedad de posibles desenlaces.

Sistemas de Alarma y Vigilancia

Detección de Amenazas:
Los LLMs pueden ser integrados en sistemas de vigilancia para mejorar la detección de amenazas mediante el análisis en tiempo real de datos de sensores, como cámaras de vigilancia, micrófonos y otros dispositivos de monitoreo. Estos modelos pueden identificar comportamientos anómalos o patrones de actividad que podrían indicar una amenaza inminente. Por ejemplo, en un aeropuerto, un LLM puede analizar el comportamiento de los pasajeros y detectar movimientos o comportamientos que coincidan con perfiles de amenaza predefinidos.

Además, los LLMs pueden analizar comunicaciones interceptadas y otros datos textuales para identificar señales de advertencia. Esto incluye la capacidad de detectar palabras clave, frases y patrones de comunicación que podrían indicar la planificación de actividades ilícitas. La capacidad de los LLMs para entender contextos y matices lingüísticos es particularmente valiosa en este aspecto, ya que permite una detección más precisa y menos propensa a falsos positivos.

Respuestas a Amenazas:
Una vez que se detecta una posible amenaza, los LLMs pueden asistir en la coordinación de la respuesta. Esto puede incluir la generación automática de alertas para el personal de seguridad, la recomendación de acciones específicas, como la evacuación de un área o la intensificación de las medidas de seguridad, y la coordinación de la respuesta entre diferentes agencias o unidades. Por ejemplo, en el caso de una amenaza de bomba, un LLM podría ayudar a coordinar la evacuación del edificio afectado, la comunicación con las fuerzas del orden y la gestión de la información pública.

Los LLMs también pueden mejorar la capacidad de respuesta mediante la integración con otros sistemas de inteligencia artificial y análisis de datos. Esto incluye la posibilidad de realizar análisis forenses posteriores al incidente para identificar patrones y mejorar la detección y respuesta futuras. Por ejemplo, al analizar incidentes previos de seguridad, un LLM podría identificar patrones de comportamiento que preceden a las amenazas, mejorando así la capacidad de los sistemas de vigilancia para detectar problemas antes de que ocurran.

Interacciones y Decisiones en Entornos Virtuales

Los Grandes Modelos de Lenguaje (LLMs) han revolucionado la manera en que se diseñan y gestionan las interacciones en entornos virtuales, incluyendo videojuegos, simuladores y aplicaciones de realidad virtual y aumentada. Estos modelos ofrecen una capacidad única para generar respuestas adaptativas y contextualmente relevantes, mejorando significativamente la inmersión y el realismo de estos entornos. La integración de LLMs con algoritmos tradicionales permite crear experien-

cias más complejas y dinámicas, combinando la capacidad de procesamiento de lenguaje natural de los LLMs con la precisión de los scripts algorítmicos.

Generación de Interacciones y Reacciones de NPCs

Integración de LLMs y Algoritmos Tradicionales:

En los videojuegos y simuladores, los personajes no jugadores (NPC - Non Playing Character) desempeñan un papel crucial al enriquecer la narrativa y proporcionar desafíos interactivos. Tradicionalmente, los comportamientos de los NPCs se han programado utilizando scripts predefinidos que limitan sus respuestas a un conjunto fijo de acciones. Sin embargo, la integración de LLMs con algoritmos tradicionales permite una mayor flexibilidad y adaptabilidad en las respuestas de los NPCs.

Los LLMs pueden procesar entradas en forma de texto, como comandos de jugadores o descripciones de eventos en el juego, y generar respuestas textuales que luego se convierten en acciones utilizando lógica algorítmica. Por ejemplo, si un jugador inicia una conversación con un NPC, el LLM puede generar un diálogo coherente y relevante basado en el contexto del juego y las acciones previas del jugador. Esta salida textual se traduce en acciones específicas a través de un conjunto de reglas algorítmicas que determinan el comportamiento del NPC, como gestos, movimientos o decisiones tácticas.

Uso de Flags y Reacciones Adaptativas:

Un aspecto clave de la integración de LLMs es la capacidad de manejar eventos y señales en tiempo real. En un entorno de juego, eventos como explosiones, disparos o interacciones del jugador pueden generar "flags" que indican cambios en el entorno o el estado emocional de los NPCs. Estos flags se utilizan para activar scripts o ajustar el comportamiento de los NPCs en tiempo real.

Los LLMs pueden generar outputs más específicos y simples, como palabras clave o combinaciones de palabras clave que actúan como triggers (disparadores) para estos flags. Por ejemplo, un output del LLM podría incluir términos como "caos" o "pánico" tras una explosión, lo que activa un flag de "estado de pánico" para los NPCs cercanos. Este flag, a su vez, desencadena un script que modifica el comportamiento de los NPCs, haciendo que corran, busquen cobertura o muestren reacciones de miedo. Esta metodología reduce la necesidad de programar manualmente miles de posibles reacciones, permitiendo una mayor flexibilidad y adaptabilidad en las respuestas del juego.

Caso Práctico:

Imaginemos un escenario en un videojuego de simulación militar donde el jugador es un comandante en una misión de combate. Los inputs para el LLM podrían incluir:

> **Diálogo del Jugador:** "Solicitar refuerzos" o "Evaluar la situación de las tropas".
> **Eventos en el Entorno:** Una explosión cercana, disparos o la llegada de refuerzos enemigos.
> **Estado de los Recursos:** Información sobre la cantidad de tropas, munición, combustible y otros recursos.
> **Condiciones del Terreno**: Clima, visibilidad y características del terreno.

El LLM procesa estos inputs y genera outputs textuales, tales como:

> **Respuesta a Diálogo del Jugador:** "Las tropas están bajas en munición. Se recomienda consolidar posiciones y solicitar un reabastecimiento aéreo."

> **Interpretación de Eventos:** "La explosión ha desmoralizado a las tropas enemigas en la zona noreste. Recomendado avanzar con cautela."
> **Recomendaciones Tácticas:** "Debido al terreno fangoso y la baja visibilidad, sugerimos usar drones para reconocimiento antes de avanzar."
> **Outputs Específicos:** Palabras clave como "pánico", "reabastecimiento necesario", o "reconocimiento requerido".

Estos outputs textuales se alimentan a un sistema de scripts algorítmicos que traduce estas recomendaciones en acciones concretas dentro del juego. Por ejemplo:

> **Activación de Scripts de Comportamiento de NPCs:** El flag "pánico" activa un script que ajusta los parámetros de moral de los NPCs, afectando su precisión de disparo y velocidad de movimiento.
> **Generación de Eventos en el Juego:** La recomendación de "reconocimiento requerido" activa un script que ajusta el comportamiento de los NPCs para adaptarse al nuevo contexto, como buscar cobertura o adoptar formaciones defensivas.
> **Gestión de Recursos y Logística:** El flag "reabastecimiento necesario" inicia una secuencia de reabastecimiento, incluyendo la llegada de un camión de carga y la distribución de munición.

Simulaciones en Realidad Virtual y Aumentada

Generación de Eventos y Escenarios Dinámicos:

En simuladores de entrenamiento militar y otros entornos inmersivos, la capacidad de simular eventos y escenarios dinámicos es crucial para una formación efectiva. Los LLMs pueden integrarse con sistemas de realidad virtual (VR - Virtual Reality) y aumentada (AR - Augmented Reality) para crear experiencias más realistas y adaptativas. Esto se logra mediante la generación de eventos en tiempo real basados en la interacción del usuario y las condiciones cambiantes del entorno.

Por ejemplo, en un simulador de entrenamiento para pilotos de combate, los LLMs pueden generar misiones que se adaptan a las habilidades y decisiones del piloto. Si un piloto realiza una maniobra exitosa, el LLM puede adaptar el escenario para aumentar la dificultad o cambiar las condiciones del entorno, como el clima o la presencia de amenazas enemigas. Estas adaptaciones se basan en entradas textuales y se traducen en cambios algorítmicos en el entorno virtual, como la generación de enemigos adicionales o la modificación de los objetivos de la misión.

Interacciones Inmersivas y Personalización:

Además de generar eventos dinámicos, los LLMs pueden mejorar la inmersión en entornos de VR y AR mediante la facilitación de interacciones más naturales con el entorno virtual. Los usuarios pueden interactuar con objetos y personajes virtuales utilizando comandos de voz en lenguaje natural, eliminando la necesidad de interfaces de usuario complejas y permitiendo una interacción más intuitiva. Por ejemplo, en un simulador médico, un usuario podría diagnosticar y tratar a un paciente virtual mediante comandos de voz y gestos, con el LLM proporcionando retroalimentación y sugerencias en tiempo real.

Los LLMs también permiten la personalización del contenido y las interacciones basadas en el perfil y las preferencias del usuario. Esto significa que el simulador puede adaptar los desafíos y las tareas según el nivel de habilidad del usuario, ofreciendo una experiencia de entrenamiento más efectiva y dirigida. Por ejemplo, un simulador de entrenamiento militar podría ajustar la dificultad de las misiones en función del rendimiento del usuario en ejercicios previos, asegurando un nivel adecuado de desafío y fomentando el desarrollo de habilidades.

Aplicaciones en Asistencia Legal y Toma de Decisiones Jurídicas

Análisis y Apoyo en la Decisión

Apoyo en el Análisis de Casos:
Los LLMs pueden actuar como asistentes legales virtuales, proporcionando apoyo en el análisis de casos complejos. Estos modelos, entrenados con una vasta cantidad de documentos legales, pueden procesar consultas en lenguaje natural para buscar y resaltar jurisprudencia relevante, proporcionando acceso rápido a información crítica. Esto permite a los abogados correlacionar detalles específicos de un caso con precedentes legales relevantes, lo que es esencial para preparar argumentos sólidos.

Asistencia en la Emisión de Veredictos:
En la toma de decisiones judiciales, los LLMs pueden organizar y presentar información de manera clara y estructurada. Esto incluye resúmenes de los argumentos de ambas partes, identificación de puntos de acuerdo y desacuerdo, y un análisis comparativo de daños reclamados en relación con casos anteriores. Esta funcionalidad ayuda a los jueces a evaluar con mayor precisión los factores relevantes para emitir veredictos bien fundamentados.

Automatización y Generación de Documentos

Generación de Documentos Legales:
Los LLMs pueden automatizar la creación de documentos legales, como contratos, escritos judiciales y dictámenes jurídicos. Utilizando plantillas y un corpus extenso de texto legal, estos modelos generan documentos que cumplen con los estándares legales y de formato necesarios. Al integrar detalles específicos de un caso o transacción, el LLM puede personalizar el contenido para adaptarse a las necesidades particulares, reduciendo el tiempo de redacción y minimizando errores.

Sugerencias y Recomendaciones Legales:
Además de la generación de documentos, los LLMs pueden ofrecer sugerencias basadas en un análisis profundo de leyes y casos previos. Estos modelos pueden identificar patrones en la jurisprudencia y aplicar estos conocimientos a nuevos casos, proporcionando recomendaciones estratégicas. Esto es especialmente útil en áreas del derecho en constante evolución, como el derecho tecnológico o la propiedad intelectual, donde el LLM puede sugerir enfoques basados en interpretaciones judiciales recientes y tendencias legales.

Aplicaciones en Inteligencia y Gestión de Información

Análisis y Síntesis de Información

Síntesis de Grandes Volúmenes de Datos:
Los LLMs son particularmente eficaces para sintetizar información de grandes volúmenes de datos provenientes de múltiples fuentes, lo cual es esencial en contextos que requieren análisis rápidos y precisos. Por ejemplo, en operaciones de inteligencia, los LLMs pueden procesar datos de fuentes abiertas, informes de campo y comunicaciones interceptadas para crear resúmenes coherentes y detallados. Estos resúmenes pueden destacar puntos clave, tendencias emergentes y posibles amenazas, proporcionando a los analistas una visión consolidada de la situación. La capacidad de los

LLMs para identificar y extraer información relevante es especialmente valiosa en situaciones de crisis, donde es crucial no pasar por alto información crítica.

Identificación de Patrones y Anomalías:
Más allá de sintetizar información, los LLMs pueden detectar patrones y anomalías en los datos, lo cual es vital para la seguridad y el análisis predictivo. Por ejemplo, en inteligencia, los LLMs pueden analizar comunicaciones en busca de patrones lingüísticos inusuales o compararlas con datos históricos para detectar cambios que podrían indicar una amenaza emergente. En el ámbito empresarial, los LLMs pueden monitorear redes sociales y otras plataformas para identificar tendencias del consumidor, menciones de la marca o actividades de la competencia. Esto permite a las empresas ajustar sus estrategias de marketing y operaciones en tiempo real, basándose en información actualizada y precisa.

Distribución de Información y Toma de Decisiones

Priorizar y Distribuir Informes:
Los LLMs juegan un papel clave en la distribución eficiente de información dentro de las organizaciones, priorizando grandes volúmenes de datos para identificar qué es más relevante para cada departamento o nivel jerárquico. Esto es crucial en entornos militares, gubernamentales o empresariales, donde diferentes unidades requieren información específica para decisiones operativas o estratégicas.

Por ejemplo, en una operación de inteligencia militar, un LLM puede analizar los datos recolectados y distribuir informes específicos a diferentes unidades según su especialización y nivel de autoridad. Los comandantes pueden recibir resúmenes estratégicos de alto nivel, mientras que las unidades operativas reciben detalles tácticos relevantes para sus misiones. Este enfoque no solo mejora la eficiencia de la comunicación, sino que también asegura que cada unidad tenga acceso a la información más pertinente para su función.

Apoyo a la Toma de Decisiones:
Además de priorizar y distribuir información, los LLMs pueden facilitar la toma de decisiones al proporcionar recomendaciones basadas en un análisis exhaustivo de datos. Al comparar información actual con datos históricos y patrones conocidos, los LLMs pueden sugerir posibles acciones y prever sus consecuencias. Esto es especialmente útil en situaciones que requieren decisiones rápidas y bien informadas, como en la respuesta a emergencias o en la gestión de crisis.

Por ejemplo, en un escenario de gestión de crisis, un LLM puede analizar datos en tiempo real de múltiples fuentes, como reportes meteorológicos, comunicaciones de emergencia y redes sociales, para ofrecer recomendaciones sobre evacuaciones, despliegue de recursos y comunicación pública. Al integrar estos datos y sugerir acciones específicas, los LLMs pueden ayudar a los líderes a tomar decisiones más rápidas y efectivas, mejorando la respuesta general a la crisis.

Conclusiones

La investigación sobre la integración de Grandes Modelos de Lenguaje (LLMs) en sistemas tradicionales demuestra un potencial significativo para transformar una amplia gama de sectores, incluyendo la defensa, la seguridad, la asistencia legal y la gestión de información. Los LLMs, con su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos textuales y generar respuestas adaptativas y precisas, ofrecen una flexibilidad sin precedentes en la toma de decisiones no algorítmica. Esta ca-

pacidad les permite ajustarse a nuevas condiciones y manejar situaciones complejas y dinámicas de manera más eficaz que los sistemas basados en reglas fijas.

En el ámbito de la defensa y la seguridad, los LLMs pueden mejorar la toma de decisiones tácticas y estratégicas mediante el análisis de grandes volúmenes de datos de inteligencia y la síntesis de información crítica. Su capacidad para predecir y adaptar respuestas a escenarios cambiantes proporciona una ventaja estratégica significativa, mejorando la eficacia y la seguridad de las operaciones.

La integración de LLMs en simulaciones de realidad virtual y aumentada permite la generación de interacciones más inmersivas y personalizadas, mejorando la experiencia del usuario y la eficacia del entrenamiento. Los modelos pueden adaptar dinámicamente el contenido y las interacciones basadas en el desempeño y las preferencias del usuario, proporcionando un nivel de personalización que antes no era posible.

En el ámbito legal, los LLMs pueden asistir en el análisis de casos, la emisión de veredictos y la automatización de procesos legales, como la generación de documentos. Su capacidad para sintetizar grandes volúmenes de información legal y proporcionar interpretaciones coherentes puede mejorar la eficiencia y precisión en la toma de decisiones jurídicas.

Finalmente, en la gestión de información e inteligencia, los LLMs pueden identificar patrones y anomalías, priorizar y distribuir informes de manera eficiente, y facilitar la toma de decisiones basada en datos. Su capacidad para procesar y analizar información en tiempo real es crucial para la respuesta rápida y efectiva en situaciones de crisis.

La integración de LLMs con sistemas tradicionales representa un avance significativo en la capacidad de los sistemas de inteligencia artificial para abordar desafíos complejos en una variedad de sectores. A medida que estos modelos continúan evolucionando, su potencial para mejorar procesos críticos y transformar industrias solo seguirá creciendo, ofreciendo nuevas oportunidades para innovación y desarrollo en múltiples áreas.

Bibliografía:

> Binnendijk, A., Marler, T., & Bartels, E. M. (2020). Artificial Intelligence and Machine Learning in Military Applications. RAND Corporation.
> Brown, J., & Davis, K. (2023). Technological Advancements in AI for Defense Systems. Journal of Defense Technology, 10(1), 107-120.
> Bubeck, S., Chandrasekaran, V., Eldan, R., Gehrke, J., Horvitz, E., Kamar, E., ... & Zhang, Y. (2023). Sparks of Artificial General Intelligence: Early experiments with GPT-4. arXiv:2303.12712.
> Huang, J. (2023). Towards Multi-Modal Decision Making Systems in Autonomous Navigation. Bachelor's Thesis, Department of Computer Science, Stanford University.
> Kumaran, V., Rowe, J. P., Mott, B. W., & Lester, J. C. (2023). SceneCraft: Automating Interactive Narrative Scene Generation in Digital Games with Large Language Models. Proceedings of the Nineteenth AAAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment (AIIDE 2023).
> Lee, C., & Wang, X. (2022). Integration of Large Language Models in Autonomous Systems. Electronics, 10(8), 871. https://doi.org/10.3390/electronics10080871
> OpenAI. (2023). GPT-4 Technical Report. arXiv:2303.08774.
> Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., ... & Polosukhin, I. (2017). Attention Is All You Need. Advances in Neural Information Processing Systems, 30.
> Zhang, X., & Li, W. (2024). LLMs for Predictive Maintenance in Industrial Systems. Journal of Artificial Intelligence in Industry, 12(1), 34-45. https://doi.org/10.1016/j.aiind.2023.01.015

* **Axel Emanuel Sacca** es estudiante Avanzado de Ingeniería Electrónica en la Facultad de Ingeniería del Ejército (FIE - UNDEF). Desde el año 2021 se desempeña como Observador Tecnológico en el CEPTM "Grl Mosconi", además de ser Personal Civil del Ejército Argentino. Tiene experiencia como consultor de seguridad, analista de Ciberseguridad, desarrollador de software, mecánico electrónico, y lideró proyectos de mantenimiento y modernización de Aeronaves No Tripuladas, además de ser operador de las mismas. También se desempeñó en el ámbito de Proyectos Militares, en el Departamento de Presupuesto del Estado Mayor General del Ejército (EMGE).

1.2

La Inteligencia Artificial en los Sistemas de Comando y Control

Por el CR Com (R) OIM Rafael Olivieri (*)
Co-autor: Ignacio Pita (**)

Temario
Resumen.
Introducción.
Desarrollo.
Conclusiones.

Resumen

Los sistemas de Comando y Control adquieren un papel relevante en los ejércitos modernos, teniendo en cuenta la ventaja que estas tecnologías otorgan al que las posee y domina.

Tal es así que estas tecnologías lograron evolucionar la misma doctrina militar, achatando las cadenas de comando y hasta surge un nuevo concepto, el de “Network Centric Warfare”.

Desde el ciclo ODA (Observar – Decidir – Actuar) elemental, estos sistemas son relevantes por cuanto apoyan el proceso de toma de decisiones y el comando, el control de la fuerza y el empleo óptimo de sus capacidades militares. Actuar cada vez mas rápido y con mayor precisión es clave, tanto en el ataque como en la defensa. La “conciencia situacional” (situational awareness) se construye mediante múltiples comunicaciones con las tropas desplegadas y la información de múltiples sensores. Pero la cantidad de información a analizar cada vez es mayor y al comandante ya le cuesta procesarla y tomar decisiones con ella. Asi surge entonces la figura del “oficial de conocimiento” (knowledge officer) que limita la información que ve el comandante a solo lo mas importante. Hace una simplificación de la realidad, similar a cuando en la resolución de un problema de física “despreciamos” ciertos datos, ciertas fuerzas que actúan sobre un cuerpo como el rozamiento para obtener una solución rápida, pero que sin embargo nos describa en forma muy aproximada el experimento, .

Así y todo, esto es una carga importante para las personas y recortar mucho la información puede resultar en un error, tanto como contar con gran cantidad de información no relevante.

La inteligencia artificial, entonces se presenta como una solución al problema de procesar grandes volúmenes de información, y desarrollar la tarea de un experto humano sin cansancio, confor-

me a la metodología y a la doctrina, para brindar al comandante la información que necesita para la toma de decisiones en un tiempo mas corto.

PALABRAS CLAVE: COMANDO Y CONTROL – SENSORES - NETWORK CENTRIC WARFARE

Introducción

En los sistemas de Comando y Control, usualmente C⁴ ISR (Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance) el aprendizaje automático y la IA pueden proporcionar al comandante y a los operadores ventajas tácticas al aumentar la conciencia de la situación, reducir las cargas cognitivas y mejorar el proceso de toma de decisiones.

Por ejemplo, el aprendizaje automático y la inteligencia artificial podrían ayudar a procesar, explotar y difundir datos de inteligencia, vigilancia y reconocimiento. Esa ventaja podría venir en forma de nuevas pantallas disponibles para los operadores en el campo de combate. Esa tecnología también podría mejorar la automatización en los centros de operaciones tácticas, proporcionando a su vez a las unidades de combate predicciones específicas para la misión.

Si bien no conocemos aún ejemplos concretos de sistemas de comando y control que incluyan la IA, si sabemos que se está trabajando para explotar el aprendizaje automático y las tecnologías de inteligencia artificial en un entorno operativo cada vez más complejo.

Hay que tener en cuenta que un sesgo o un mal funcionamiento de la IA en los sistemas de Comando y Control puede inducir al Comandante a adoptar decisiones erróneas, con la consecuente pérdida de vidas humanas, armamento, y la propia misión

Según el Comando de Operaciones Especiales de los Estados Unidos (SOCOM), se busca generar grupos de desarrollo que puedan concretar estos objetivos.[1]

Desarrollo

Los términos Comando y Control hacen referencia a la habilidad del comandante militar para comandar sus tropas. Siempre existió, aunque sin los medios tecnológicos actuales. La suma de Comunicaciones al grupo de términos supone que se requieren comunicaciones para permitir que el comandante ejerza efectivamente esas funciones. En la guerra moderna, la Computación también es un componente clave. Así al primitivo acrónimo "CC o C² " se le van agregando términos, hasta el C⁴ ISR (Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance) mencionado, pero hay otros.

Así podemos ver en la diferente bibliografía los siguientes acrónimos:

Acrónimo	Incluye	Significado en español
C2/C&C	Command, Control	Mando, Control
C2IS	Command, Control, Information Systems	Mando, Control, Sistemas de Información
C3	Command, Control, Communications	Mando, Control, Comunicaciones
C3I	Command, Control, Communications, Intelligence	Mando, Control, Comunicaciones, Inteligencia

1 https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/?p=4471

Acrónimo	Incluye	Significado en español
C4	Command, Control, Communications, Computers	Mando, Control, Comunicaciones, Computación
C4I	Command, Control, Communications, Computers, Intelligence	Mando, Control, Comunicaciones, Computación, Inteligencia
C4I2	Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Interoperability	Mando, Control, Comunicaciones, Computación, Inteligencia, Interoperabilidad
C4ISR	Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance, Reconnaissance	Mando, Control, Comunicaciones, Computación, Inteligencia, Vigilancia, Reconocimiento
C5I	Command, Control, Communications, Computers, Combat Systems, Intelligence	Mando, Control, Comunicaciones, Computación, Sistemas de Combate, Inteligencia

Como sea, los sistemas se basan en el ciclo ODA (Observar – Decidir – Actuar) , e integran tecnologías, con el objeto de poder ver con claridad y precisión la situación, adoptar rápidamente resoluciones y visualizar el resultado de las acciones adoptadas.

El tiempo es importante, cuanto mas rápida sea la decisión y la ejecución, mayor es la probabilidad de éxito. Actuar con rapidez y precisión otorga una ventaja, tanto que la misma doctrina evolucionó para adoptar el concepto de Network Centric Warfare. Esto se basa en conceptos encaminados a aprovechar los principios y tecnologías de la Era de las TICs (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones) para el desarrollo de operaciones militares y para hacer frente a los nuevos escenarios de la guerra moderna. Fue dada a conocer por primera vez por el Vicealmirante Arthur Cebrowski del US DoD, el año 1998 y posteriormente por Thomas Bernett del U.S. Naval War Collage, dando inicio a una de las transformaciones más revolucionarias del aparato de defensa de EE.UU. Esto se da frente a la aparición de nuevos escenarios de combate que requieren el empleo de fuerzas militares o la necesidad de sostener misiones de larga duración, con fuerzas que requieren disponer de nuevas capacidades operativas, para hacer frente a las nuevas acciones de guerra asimétrica del siglo XXI, en que los enfrentamientos no son entre ejércitos regulares sino a través de insurgencias, acciones terroristas o inestabilidad regional, aunque conflictos recientes como la guerra de Ucrania demuestran que si hay también enfrentamientos entre ejércitos regulares.

Pero salvando este y otros cuestionamientos, se reconoce el poder de la información en la toma de decisiones.

La información proviene de distintas fuentes, se analiza, se confirma, valora y se transforma en inteligencia, el insumo que necesita el comandante para la toma de decisiones. Esa información puede venir de sensores desplegados en el campo de combate, unidades de exploración y las mismas tropas entre otros. La cantidad de información es grande, formar la COP (Common Operational Picture) es un problema. Demasiada información “infoxica” o satura la capacidad de decisión del comandante y poca, puede ser un exceso de simplificación y en este caso el comandante podría tomar decisiones descartando algo que no parecía relevante, pero que finalmente lo es y puede llevar al fracaso una operación.

En esto, y basándonos en los conceptos y el estado del arte, la Inteligencia artificial (IA) puede contribuir en dos formas: La primera en el procesamiento de la información, asociada a las técnicas de minería de datos. La segunda forma es la ayuda o apoyo a la toma de decisiones del comandante. Consideramos que en todos los casos es una ayuda, nunca un medio automatizado de tomar decisiones. Por la trascendencia y la responsabilidad, los resultados del proceso de aplicar IA, nunca serán vinculantes, y la decisión y responsabilidad es siempre del comandante.

Así, comenzando por el proceso de adquisición de datos, la IA muestra un gran potencial que se manifiesta en dos formas: la gestión adaptativa de sensores y el proceso y cruce de los datos producidos por los mismos.

La gestión adaptativa se basa en ajustar los procesos y parámetros de medición y coordinar los sensores de acuerdo a los requisitos de la misión y los cambios del entorno. Los nuevos escenarios emergentes (como la guerra híbrida) y las nuevas generaciones de sensores (biométricos, sociales, urbanos) requieren formas avanzadas de gestión adaptativa.

Algunas técnicas, como el análisis de vídeo en tiempo real, o la minería de datos en redes sociales, pueden dar una visión mas amplia del contexto general, sin excluir las técnicas tradicionales basadas en la teoría de control.

Por otro lado, los algoritmos de Aprendizaje Profundo, junto a técnicas estadísticas clásicas, proporcionan un nuevo horizonte para la fusión de datos, siendo especialmente relevantes para la combinación de datos no estructurados (como los datos de voz o el texto en lenguaje natural) provenientes de fuentes heterogéneas, entre cuyos principales desafíos se encuentran el correcto alineamiento o asociación de datos y la gestión de los conflictos entre ellos. A modo de ejemplo, ante informaciones relativas al mismo elemento táctico proveniente de distintos sensores, el algoritmo de IA se encargaría de establecer la relación entre ellas y resolver las divergencias basándose en la evaluación del nivel de credibilidad de cada fuente en distintas situaciones.

La otra forma en que la IA puede incluirse en estos sistemas es la ayuda o apoyo a la toma de decisiones del comandante. No hablamos de la posibilidad de sustituir completamente al humano en la toma de decisiones, está bien clara la responsabilidad del comandante, pero si las herramientas basadas en IA resultan fundamentales a la hora de reducir la carga de trabajo que recae sobre el Estado Mayor y lograr asi un ciclo mas corto. Un ejemplo es la evaluación de la situación o el planeamiento de una marcha sobre el terreno, trazando rutas óptimas.

En este proceso, la evaluación de la situación es entender el escenario de operaciones y las posibles amenazas, con el propósito de determinar objetivos tácticos en el campo de combate. El conocimiento y la inteligencia militar son importantes, mientras que, la IA facilita la tarea asistiendo al humano en el diagnóstico previo, mediante la fusión de datos y el procesamiento y análisis de los mismos, que proveen al Comandante o a los especialistas del Estado Mayor la información de manera estructurada y comprensible, en una mejor forma para su análisis final.

La selección de los diferentes cursos de acción, basada en la evaluación de la situación, está fundamentada en el análisis de las posibles consecuencias de cada una de ellas. En la confrontación de los cursos de acción puede emplearse la IA. No excluye, la experiencia y conocimiento del responsable de la toma de decisiones que son los factores clave. Sin embargo, algoritmos como los de Aprendizaje Automático pueden resultar muy útiles para indicar al responsable correspondiente cuándo se tiene suficiente información para tomar una decisión , dicho de otra forma, cuando deja de ser relevante obtener mas información, con base en la experiencia. Esto es muy importante, y ya dijimos que el tiempo es un factor esencial del Comando y Control,obteniendo mas posibilidades de éxito cuando la decisión se ha tomado en el momento oportuno, sin demoras. Basado en el historial de experiencias, comparando hechos y decisiones en situaciones similares, las herramientas de IA pueden también realizar una estimación cuantitativa del impacto asociado a cada posible alternativa, presentando las hipótesis en que se basa y la correspondiente explicación que permita al humano entender por qué cierta decisión puede dar lugar a cierto resultado. Este historial de situaciones y consecuencias, no solo podría ser aportado por lo producido en el combate real, sino también por la simulación, de manera que podrían realizarse ejercicios que sirvan no solo al entrenamiento sino también a este histórico de experiencias, similar a las lecciones aprendidas, pero en modo IA.

Por último, la presentación de la información en los sistemas de Comando y Control, mediante la COP (Common Operational Picture) proporciona la información operativa relevante para la toma de decisiones, como por ejemplo las posiciones de las unidades propias y enemigas, y el terreno mediante un sistema de información geográfica (SIG) donde todo esta referenciado geográficamente. En los sistemas convencionales, esta información es cargada por el el Oficial de Conocimiento "knowledge officer", que tiene la función de clasificar y cargar solo la información relevante, para no sobrecargar la vista del COP. Aquí pueden contribuir las técnicas de Aprendizaje Automático a partir de la información obtenida de las múltiples fuentes por ejemplo las imágenes satelitales, radares o drones emulando la técnica del experto para clasificar y seleccionar la información relevante. De esta manera, los objetos de interés, como el despliegue de tropas enemigas, artillería o infraestructuras importantes, pueden ser automáticamente detectados, analizados y presentados.

Conclusión

Teniendo en cuenta que estamos lejos de pensar en el reemplazo del Comandante de una fuerza por la IA, en primer término por la enorme responsabilidad que tiene frente al cumplimiento de la misión y de las vidas que de sus decisiones dependen, las herramientas basadas en IA que se pueden introducir en los sistemas de Comando y Control presentan un enorme potencial si lo vemos en la perspectiva del alivio de tareas repetitivas y tediosas, resolviéndolas en menos tiempo, y de esta forma le da al Comandante la ventaja de tiempo mencionada anteriormente.

Sin duda, la IA se irá incorporando a los sistemas de Comando y Control por la simple razón de la ventaja que aportan en el proceso de toma de decisiones, pero no tan rápido por la prudencia requerida por la criticidad de las actividades, activos y vidas que el Comandante maneja con estos sistemas.

Actualmente, vimos un lanzamiento abrumador a nivel global, podemos probar herramientas como ChatGPT y observar sus capacidades, pero aun no están convenientemente estandarizadas y definidas como para depender de ellas[2]. Debe prevalecer la prudencia, por lo menos en este tipo de aplicaciones.

Referencias:

[1] Artificial Intelligence - A Modern Approach - Third Edition - Stuart J. Russell and Peter Norvig Pentice Hall 2010-

[2] Current development and future prospects of multi-target assignment problem: A bibliometric analysis review – ScienceDirect - Shuangxi Liu - Zehuai Lin - Wei Huang - Binbin Yan - https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214914724002228?via%3Dihub

[3] ¿Qué es la inteligencia artificial? - MIT Technology Review - https://www.technologyreview.es/s/16532/que-es-la-inteligencia-artificial

[4] Artificial Intelligence in Command and Control Systems - GMV - Raúl Valencia https://www.gmv.com/en/node/213/printable/print

[5] The challenges of AI command and control – European Leadership Network (ELN) - James Johnson - https://europeanleadershipnetwork.org/commentary/the-challenges-of-ai-command-and-control/

2 https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/?p=15385

(*) 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.

(**) Ignacio Pita es alumno de la carrera de Ingeniería en Informática la Facultad de Ingeniería del Ejército "Grl Manuel N Savio" y observador tecnológico del Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar "Grl Mosconi".

1.3

Inteligencia Artificial y sistemas de armas autónomas letales

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

Temario

Introducción y antecedentes.
Inteligencia Artificial (IA) y su aplicación en el ámbito Militar.
Sistemas de Armas Autónomas Letales (LAWS) e Inteligencia Artificial (IA).
Aplicaciones de IA en LAWS.
Beneficios y Riesgos asociados: Empleo de IA en LAWS.
Consideraciones finales.
Bibliografía y fuentes.

PALABRAS CLAVE: INTELIGENCIA ARTIFICIAL – IA – AUTONOMÍA – ARMAS AUTÓNOMAS LETALES – LAWS - DRONES E IA – ENJAMBRES DE UAS - SWARMS – TARGETING.

Resumen

Los *Sistemas de Armas Autónomas Letales (LAWS)* y la fusión de ellas con la *Inteligencia Artificial* (IA) suelen ser descriptas como la *"Tercera Revolución en la guerra"*, luego de las generadas por *"la Pólvora"* y las *"Armas Nucleares"*. Las aplicaciones militares de la *IA en LAWS*, están generando grandes estímulos para la I&D en IA, por sus características, las áreas de aplicación y el *efecto multiplicador del poder de combate* que aportan a las fuerzas militares. Muchos países avanzan en programas del área y las empresas comienzan a competir, en un mercado potencial creciente y promisorio. No obstante ello, se empieza a cuestionar el grado de autonomía que será finalmente otorgado a estas armas debido a su letalidad. Muchas naciones se esfuerzan por acordar globalmente, la implementación de un marco regulatorio y adecuados mecanismos de control, que contribuyan a minimizar los efectos no deseados de su empleo generalizado en el ámbito militar, así como los riesgos de proliferación de estos disruptivos sistemas.

Objetivo y alcance del trabajo

El Objetivo del trabajo es introducir los conceptos básicos relacionados con Inteligencia Artificial (IA) y su fusión con los Sistemas de Armas Autónomas Letales (*Lethal Autonomous Weapons Systems - LAWS*). A través de trabajos de divulgación sobre tecnologías emergentes, potencialmente disruptivas, tratamos de aportar información y conocimiento, sobre diferentes Áreas de Interés de la Defensa, que puedan resultar de utilidad para futuros planes de recomposición de capacidades de nuestras FFAA.

El Alcance del trabajo se limita a los Sistemas de Armas Autónomas con Capacidad Letal (*Lethal Autonomous Weapons Systems - LAWS*) del tipo convencional.

Introducción – Antecedentes

Los avances en I & D de *Nuevas Tecnologías Digitales* (NTD) han repercutido de manera extraordinaria en todas las áreas del conocimiento a nivel global, obviamente con mayor incidencia en los países más desarrollados.

Algunas de las NTD que podemos destacar son: *Internet de las Cosas (IoT), Big Data, Banda Ancha móvil, Computación en la nube, Blockchain,* dispositivos biométricos para identificación y reconocimiento de personas, etc. Pero tal vez la que más impacto y difusión está teniendo actualmente, es el desarrollo y el empleo masivo de *Inteligencia Artificial (AI)*.[1]

Respecto a ésta última, el término ***"Inteligencia Artificial"*** **(IA)** está cada vez más presente en los medios de comunicación, especialmente en la última década. Y quienes estamos relacionados con diferentes ámbitos de las tecnologías, nos preguntamos cómo seguirá la evolución de esa integración de IA con muchas de las NTD antes mencionadas, para su aprovechamiento en infinidad de aplicaciones. Y de qué manera todo ello repercutirá globalmente, teniendo en cuenta el enorme crecimiento que se observa, relacionado con los programas y desarrollos específicos, que tienen por objetivo incorporar las capacidades de la IA en todas las áreas tecnológicas.

Si bien es difícil precisar una fecha cierta del nacimiento del concepto de IA, existe bastante acuerdo en asignar a *Alan Turing*[2] y su equipo, los primeros trabajos tendientes a desarrollar una máquina capaz de emular la inteligencia humana. Contratados por el Servicio de Inteligencia Británico en los inicios de la Segunda Guerra Mundial, su objetivo era descifrar los mensajes que producía una máquina encriptadora denominada "Enigma' y operada por el servicio secreto alemán.

El complejo sistema que ideó Turing para entender y resolver el comportamiento de Enigma, puede considerarse como uno de las primeras aproximaciones posibles, al intento de emular el comportamiento de la Inteligencia humana, mediante una máquina con *"Inteligencia no humana"*.

Sus trabajos que siguieron en ese campo de la ciencia, sentaron las bases para el desarrollo moderno de la computación digital. Es considerado por muchos expertos, como el creador de la IA, la ciencia cognitiva moderna y uno de los primeros científicos en plantear la hipótesis de que *"el cerebro humano es en gran parte, una máquina de computación digital"*.[3]

Desde ese momento hasta la actualidad, las ideas de Turing y otros científicos siguieron creciendo en diferentes áreas. Pero podemos afirmar que es en el siglo XXI, donde especialmente las aplicaciones de la IA están mostrando un gran impulso, con desarrollos y productos que de manera más natural, van formando parte de nuestra vida cotidiana, individual y colectiva, privada y laboral.

---

1 Inteligencia artificial: una mirada multidisciplinaria / Manuel A. Solanet. Academia Nacional de Ciencias Morales y Políticas, 2021.

2 https://historia.nationalgeographic.com.es/a/alan-turing-arma-secreta-aliados_16352

3 Ibid.

Muchos expertos consideran que estamos ante verdadera *"Revolución de la IA"* y no somos completamente conscientes del impacto que la misma está produciendo y producirá en el futuro, sobre la vida y el bienestar de los seres humanos, la economía global y las relaciones entre los países.

Todo está por desarrollarse y con expectativas de ser incorporado, siendo el argumento optimista que promueve ese crecimiento, el hecho de que en un futuro cercano y con los aportes de la IA, la calidad de vida de la humanidad se verá extraordinariamente beneficiada en todos los órdenes. Este parece ser el aporte *"indiscutible"* de la IA, como impulsor principal del desarrollo futuro.

Como analistas en las diferentes áreas de interés de la Defensa, la tarea sistemática de *Vigilancia Tecnológica* (VT) que realizamos en el CEPTM *"Grl Mosconi"* nos impulsaron este año, a incursionar en el emergente y potencialmente disruptivo tema de la *Inteligencia Artificial y su Empleo Militar.*

El proceso metodológico integral de VT, nos llevó a tratar de comprender los alcances de estas tecnologías y lo que es más importante, aprender sobre ellas. Intentamos a través de estos trabajos de divulgación, aportar otra mirada más sobre diferentes Áreas de Interés de la Defensa, que puedan resultar de utilidad para los planes de recomposición de capacidades de nuestras FFAA.

Por ello, lo importante es que *"No podemos desconocer que existen"* y que la presencia de IA en los sistemas militares en los próximos conflictos, incluso en el corto plazo, serán una realidad. Este análisis y la explotación de la información disponible, nos pueden dar ideas y herramientas que permitan *implementar mejoras en las propias organizaciones.* Nos permiten además, *identificar tendencias tecnológicas*, así como nuevas amenazas y las implicancias de las mismas sobre nuestras capacidades y doctrina.

Comenzamos entonces con la pregunta **¿Qué entendemos por *INTELIGENCIA ARTIFICIAL?***

El Diccionario de la RAE define como *Inteligencia Artificial: "Una disciplina científica que se ocupa de crear programas informáticos que ejecutan operaciones comparables a las que realiza la mente humana, como el aprendizaje o el razonamiento lógico".*[4]

Tal es la importancia que se da al advenimiento de estas tecnologías y a los efectos que producen la aplicación de las mismas en diversas áreas de la vida de los seres humanos, que en el año 2022 la *"Fundación del Español Urgente"* (FundéuRAE) otorgó el título de ***"Palabra del año"***, a la expresión compleja *"Inteligencia artificial"* (IA).[5]

Fuera del ámbito de la lengua hispana, en el documento denominado ***"Guías éticas para una Inteligencia Artificial fiable"***[6], la Comisión Europea define a los Sistemas de Inteligencia Artificial como *"sistemas de software (y en ocasiones hardware) diseñados por humanos que, ante un objetivo complejo, actúan en el mundo físico o digital percibiendo su entorno a través de la adquisición e interpretación de datos estructurados, semiestructurados o nada estructurados, razonando con el conocimiento, procesando la información derivada de estos datos y decidiendo las mejores acciones a realizar para alcanzar el objetivo. Los sistemas de IA utilizan modelos simbólicos para razonar, aprender mediante modelos numéricos y adaptar su comportamiento analizando cómo se ve afectado el entorno por sus decisiones previas".*[7]

A modo de síntesis, podríamos decir entonces que un *Sistema de IA* es *"un software diseñado y desarrollado para aprender a pensar y tomar sus propias decisiones, de la misma forma que lo hace un ser humano pero a velocidades extraordinariamente mayores".* Y que ese proceso de aprendizaje, está basado en el *procesamiento de grandes cantidades de datos*, que permitan simplificar el proceso de toma de decisiones y ejecución de acciones específicas.

---

4 https://dle.rae.es/inteligencia?m=form#2DxmhCT

5 https://tynmagazine.com/artificial-intelligence-cual-es-la-definicion-de-ia-segun-la-rae/

6 European Commission (2019): Ethics Guidelines for Trustworthy AI. https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/ethics-guidelines-trustworthy-ai

7 Ibid.

Seguramente podrán encontrarse otras definiciones, más acordes a los diferentes campos de aplicación de la IA. Pero lo cierto es que la idea original, de una IA que simplemente reúne y procesa información de manera veloz y eficiente, que resulta además de gran ayuda para las acciones y decisiones de los humanos, con el tiempo se ha ido transformando.

Actualmente ha pasado a convertirse en una IA, que es capaz de evaluar diferentes cursos de acción frente a un problema, tomar resoluciones propias, aprender de anteriores intervenciones y en base a un complejo proceso de realimentación, hasta ejecutar las acciones más convenientes en cada caso. Las resoluciones que adopta y las acciones que finalmente ejecuta, estarán basadas en enormes cantidades de información y antecedentes existentes, lo que normalmente sería imposible de realizar para la mente humana, ni siquiera trabajando en grandes grupos de individuos y con la rapidez que la IA lo hace.

Inteligencia artificial y su aplicación en el ámbito militar

A grandes rasgos y con una visión muy optimista, lo expresado antes parece maravilloso y con enorme potencial de beneficios para la humanidad. Obviamente, eso siempre y cuando su aplicación *está orientada a hacer el bien*, fortalecer la industria y el comercio global, mejorar los estándares de vida de las personas y gestionar eficientemente lo recursos disponibles en caso de catástrofes o pandemias.

Pero **¿Qué ocurre con los *Riesgos Asociados*, que estas nuevas tecnologías también muestran y que pueden tener efectos y alcances aún desconocidos?.** Riesgos que puedan provocar consecuencias no deseadas, como resultado de *su aplicación a herramientas o sistemas que integren IA*, para su empleo con fines delictivos o para ejercer poder sobre individuos y países, al actuar sobre la vida, los recursos y los bienes de los seres humanos a nivel global.

La incorporación de IA, en *sistemas capaces de causar daño o destrucción de vidas y bienes*, o la posibilidad *de su empleo con fines delictivos* por parte de actores no estatales o terrorismo, ha dado lugar desde hace años a serios debates a nivel global, por parte de organismos, instituciones, ONG's y representantes del ámbito académico y de la C&T.

Principalmente, en aquellos ámbitos que formulan la necesidad de la prohibición de los *"Sistemas de Armas Autónomos Letales"* (LAWS)[8], o al menos la estricta regulación de su desarrollo y empleo, mediante la *Instrumentación de un severo Control Internacional* de los programas relacionados con IA, que se llevan adelante tanto en el ámbito púbica como privado de los países.

Esas discusiones han mostrado que estamos ante una tecnología que debe abordarse y tratarse con cautela, de la que aún queda mucho por aprender en relación con su poder real, pero también acerca de sus límites. Limites que aún no conocemos, pero sobre los que deberíamos intentar imaginar, reflexionar, definir y establecer de manera concreta, *Acuerdos Comunes* entre los países que permitan seguir avanzando de manera coordinada y sobre todo segura, en programas orientados a la incorporación de la IA en *"Sistemas con Capacidad Letal".*

La inteligencia artificial en sistemas de armas autónomas letales

En esta parte del trabajo, nos referiremos particularmente a la IA integrada a los denominados ***Sistemas de Armas Autónomas Letales*** (LAWS).

Pero ***¿Qué entendemos por Autonomía?*** En términos sencillos *"Autonomía"* puede ser definida como: " la habilidad de una máquina de ejecutar tareas sin la participación del humano, utilizando las interacciones de lo establecido en programas de computadora, con el medio ambiente".[9]

---

8 Lethal Autonomous Weapons Systems.(LAWS). Colocamos su acrónimo en idioma inglés por ser el utilizado como referencia internacional

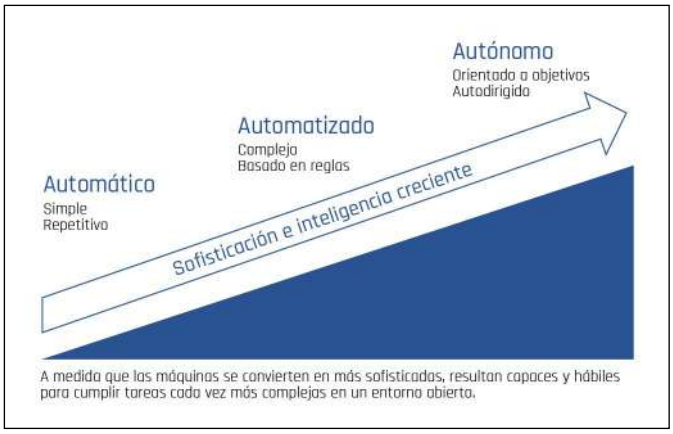
9 A. P. Williams and P. D. Scharre, "Autonomous Systems: Issues for Defence Policymakers". (NATO: Norfolk, VA, 2015)

Podemos decir entonces que un ***"Sistema Autónomo"*** es todo sistema, ya sea hardware o software, que una vez iniciado, puede realizar sus tareas por sí mismo y sin que sea necesaria la intervención humana.

Entendemos asimismo que el *"Concepto de Autonomía"*, puede resultar una expresión interpretada de diferentes maneras, por distintos individuos y según sea el ámbito de aplicación. Por ello nos pareció adecuado complementar el esquema anterior, tomando como referencia la *"Categorización de los Sistemas Autónomos"* que se presenta en el trabajo de V. Boulain sobre IA en el ámbito nuclear. [10]

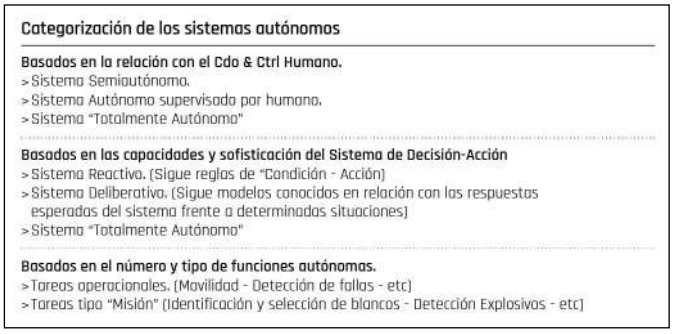
Ya definimos al principio del trabajo lo que entendíamos por ***Inteligencia Artificial***, y lo cierto es que *su incorporación en muchas áreas de interés de las organizaciones militares*, ha pasado a ser un objetivo altamente apreciado. Así lo demuestran, la cantidad y variedad de programas en curso, que promueven el desarrollo de nuevas capacidades sustentadas en la aplicación de IA, en diversas áreas de empleo militar.

FIGURA 1: ESPECTRO DE INTELIGENCIA DE LAS MÁQUINAS



Fuente: Adaptación de P. Scharre "Army of None". 2018

FIGURA 2: CATEGORIZACIÓN DE LOS SISTEMAS AUTÓNOMOS



(Adaptación de V. Boulain; et al. "Artificial Intelligence") (SIPRI-2020)

Por los *efectos disruptivos* de ciertas capacidades que la IA podría otorgar, su incorporación progresiva es considerada imprescindible para los responsables de las áreas de defensa de los países. Especialmente las grandes potencias y los países más avanzados tecnológicamente, que convocan para sus programas a los más destacados especialistas en la materia del ámbito científico, académico y la industria.

De esa manera, las aplicaciones militares de la ***IA en Sistemas de Armas Autónomas Letales***, generan grandes estímulos para el I&D específico, por sus características, su variedad de aplicaciones y el *efecto multiplicador del poder de combate* que aportan a las organizaciones.

Los *Responsables de las Organizaciones Militares* evalúan la posibilidad de incorporar tecnologías que aportan capacidades específicas, que se equiparen e incluso superen a las capacidades de sus potenciales oponentes. Como ocurre normalmente, se trata de *"una carrera interminable"*, con final incierto y con infinitas posibilidades.

10 V. Boulain; et al. "Artificial Intelligence, Strategic Stability and Nuclear Risk". (SIPRI-2020) p.14

Los mayores avances en los últimos años, se han orientado principalmente a las aplicaciones en sistemas de armas cada vez más sofisticadas. Los países líderes en los programas de aplicación de IA, avanzan en su incorporación en diversas áreas y funciones específicas. Desde sensores de alerta y vigilancia, sistemas de comando y control de todo tipo de armas, Defensa Aérea y Drones de todas las categorías, terrestres, aéreos y marítimos, con opciones de empleo individual y en enjambres (*Swarms*).

Además, la demanda creciente de sistemas *"cada vez más autónomos, más versátiles y más económicos"*, han potenciado de manera extraordinaria el *interés de la Industria, Estatal y Privada*. La misma observa en estas tecnologías emergentes, una *"fuente sostenida de recursos económicos"*, con asignaciones presupuestarias plurianuales en el área de proyectos para la defensa de los países. Esto es lo que está ocurriendo en Rusia y Ucrania, con la formación de cientos de nuevas empresas locales y el aporte de inversiones extranjeras, para atender la demanda de I&D y producción de Sistemas Autónomos.[11]

Los conglomerados de empresas que componen la *Base Industrial de Defensa (BID)* de los países, se asocian con las empresas tecnológicas más avanzadas en el campo de la IA, para unirse en proyectos conjuntos de gran envergadura. Los enormes presupuestos que se están destinando al desarrollo y aplicación de IA en la defensa, hace que las empresas encuentren un extraordinario mercado potencial, con gran crecimiento y márgenes de rentabilidad.[12]

Nadie quiere quedarse rezagado en *"esta carrera"*, pero la variedad de opciones que se abren en las distintas etapas de un desarrollo, pueden tener también objetivos que se sitúen en *"zonas grises"*, al incorporar capacidades que estén reñidas con las reglas y normas que deben respetarse, de acuerdo a lo establecido en el *Derecho Internacional Humanitario* (DIH)[13] que rige para los conflictos armados.

Como bien nos enseña además la historia de la humanidad, las guerras inexorablemente continuarán entre los seres humanos, ya sea por poder, riquezas, religión o conquista de territorio entre otras causas. Y los medios empleados para ganar en esas guerras, han adquirido y adquirirán cada vez más poder de destrucción y letalidad. *Las Armas de Destrucción Masiva* (ADM), ya han sido utilizadas en conflictos y pese a las Convenciones y Acuerdos multilaterales e intentos de regulación, están siempre *"presentes como una amenaza latente"* entre nosotros.[14]

Esto nos da argumentos suficientes para pensar que, en caso de guerra, quien disponga de armas más poderosas que su enemigo, aunque existan acuerdos y compromisos multilaterales, y su empleo sea rechazado por la comunidad internacional, *"en caso de extrema necesidad serán utilizadas como último recurso"*. En un mundo convulsionado y con conflictos en curso, se mantiene siempre latente el peligro potencial de la Escalada Nuclear de las ADM.

Nos preguntamos entonces **¿Qué ocurre entonces si a la amenaza latente de las ADM, le incorporamos los riesgos asociados a la *incorporación de IA* en los sistemas de C&C de esas armas?**

Lo mencionado en el párrafo anterior en relación con IA y ADM, es uno de los asuntos presentes en la agenda de temas del más alto nivel, de los países que disponen de armamento con capacidades nucleares.[15] Como podemos ver, el campo general y las áreas de aplicación de *IA en el Ámbito Militar* es muy amplio, pero no avanzaremos en lo relacionado con *"IA +ADM"*, ya que ello excede el alcance del presente trabajo.

---

11 https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/?p=12381

12 https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/?p=11748

13 https://www.icrc.org/es/doc/assets/files/other/dih.es.pdf

14 https://edition.cnn.com/2024/05/06/europe/putin-tactical-nuclear-weapon-drill-russia-ukraine-intl/index.html

15 https://thebulletin.org/2024/07/humans-should-teach-ai-how-to-avoid-nuclear-war-while-they-still-can/

Como mencionamos antes, solo desarrollaremos aspectos relacionados particularmente con los *"Sistemas de Armas Autónomas Letales" (LAWS).*

Paul Scharre, un reconocido experto en el análisis del impacto de las tecnologías en el ámbito militar, los Sistemas de Armas Autónomas y la IA, ha desarrollado ampliamente el tema en su libro *"Army of None: Autonomous weapons and the future of war"*.[16] Los conceptos y concusiones vertidos en el citado trabajo, nos han resultado de gran interés para aportar claridad a los conceptos que tratamos de difundir aquí.

El autor, que además es un soldado ya retirado con vasta experiencia de guerra y un estudioso del efecto de las nuevas tecnologías en las guerras actuales y futuras, sintetiza en una frase *el criterio que debería regular la utilización de estas tecnologías en el Ámbito Militar*: *"Debemos adoptar la Tecnología que pueda hacer la guerra más precisa y humana, pero cuando la elección es sobre la vida o la muerte, no hay sustituto que reemplace al corazón Humano"*.[17]

Comenzamos entonces formulándonos las siguientes preguntas:

¿Con que finalidad se puede incorporar la IA **a los Sistemas de Armas Autónomas Letales?.**

¿Existen desarrollos y proyectos **que incluyan la incorporación de IA en Sistemas de Armas Autónomas Letales?.**

¿Cuáles son *los Beneficios y también los Riesgos*, asociados a la incorporación de IA en Sistemas de Armas Autónomas Letales?.

Trataremos de responder estos interrogantes en los apartados que a continuación desarrollamos:

> Sistemas de armas autónomas letales e inteligencia artificial
> Aplicaciones de inteligencia artificial en sistemas de armas autónomas letales
> Beneficios y riesgos asociados con el empleo de inteligencia artificial en sistemas de armas autónomas letales

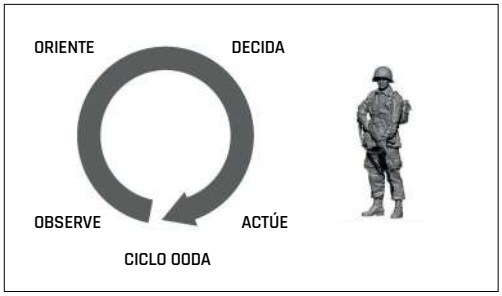
Sistemas de armas autónomas letales e inteligencia artificial: Conceptos de Interés

Los Sistemas de Armas Autónomas Letales (*Lethal Autonomous Weapon System – LAWS*[18]) son ingenios desarrollados para identificar, seleccionar - adquirir y neutralizar objetivos considerados *"blancos de interés"*, sin la intervención del componente humano.

Existen diferentes tipos y grados de autonomía de los sistemas de armas, siendo el más extremo aquel en el cual el ***componente humano queda fuera del ciclo de decisión*** para *"detectar - identificar – seleccionar - adquirir – neutralizar"* un blanco de interés.

Ese ciclo se suele llevar a la práctica utilizando el muy conocido concepto del "Ciclo OODA", de gran difusión en el ámbito militar y de la seguridad a nivel global. Las letras del acrónimo OODA se refieren a las siguientes acciones: Observe - Oriente – Decida – Actúe.

FIGURA 3: CICLO OODA



(Adaptación de P. Scharre "Army of None: Autonomous weapons and the future of war". 2018)

16 P. Scharre "Army of None: Autonomous weapons and the future of war". (2018) W.W Norton & Co

17 Ibid.

18 Mantenemos el acrónimo con el cual globalmente se suele referir a estos sistemas, LAWS (Lethal Autonomous Weapons Systems)

Según afirma P. Scharre,[19] *"en este paradigma clásico del combate y enfrentamiento entre fuerzas, aquella parte que más rápidamente complete el ciclo OODA, será la que normalmente obtenga la victoria"*.

Pero ocurre también, que con la evolución de los sistemas computarizados y la incorporación de IA a los sistemas de armas, ante la necesidad y demanda de las partes de *"cada vez más velocidad"* para completar el "Ciclo OODA", esto llevará a que el operador / decisor humano, queden inexorablemente fuera del ciclo. Y lamentablemente, lo que por lo general estará en juego en el caso de sistemas letales, son decisiones con efecto directo sobre la vida o la muerte de seres humanos.

Tomamos como referencia la forma en que P. Scharre presenta la *"Categorización de los Sistemas Autónomos"*, planteando el concepto de *"Las tres Dimensiones de la Autonomía"*.[20]

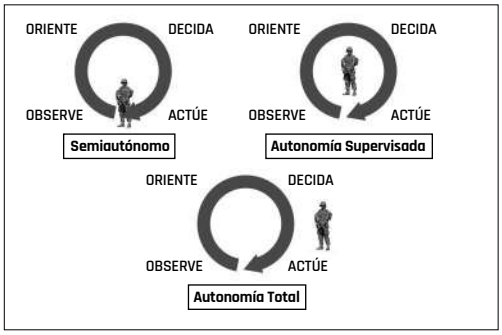
Para la determinación de las ***Tres dimensiones de Autonomía***, se tiene en consideración el tipo de tarea que deberá realizar la máquina:

> La máquina solo hace la tarea que se le ha indicado previamente. (*Semiautónomo*)
> La relación del humano con la máquina, cuando ésta hace la tarea. (*Autónomo Supervisado*)
> La sofisticación del proceso de toma de decisiones y acción de la máquina, cuando ella hace la tarea de manera totalmente independiente. (*Autonomía Total*)

Vemos entonces que la incorporación progresiva de IA, tendrá su caso más extremo *cuando el sistema dispone de su grado máximo de autonomía*, que es la que denominamos *"Autonomía Total"*.

La mayor complejidad con la que se desarrolla un sistema autónomo, trae como consecuencia aspectos que deben ser rigurosamente considerados durante el proceso. A medida que el sistema tiene más autonomía e incorpora más complejidad, resulta más difícil predecir su comportamiento frente a situaciones inesperadas o que simplemente nunca han ocurrido antes, como para poder preverlas en el desarrollo de los programas computacionales que regulan el funcionamiento del sistema.

FIGURA 4: LAS TRES DIMENSIONES DE LA AUTONOMÍA



(Adaptación de P. Scharre "Army of None: Autonomous weapons and the future of war". 2018)

Porque puede ocurrir que la máquina, aún la más sofisticada, adopte una decisión errónea frente a una situación inesperada o no prevista. *¿Qué ocurre entonces frente al error, si la tarea que le estoy delegando al sistema autónomo incluye la decisión de "Matar – No matar"?*

Aclarado el concepto sobre *"A que nos referimos cuando hablamos de Armas Autónomas Letales" (LAWS), presentamos a continuación la opinión y definiciones de algunos organismos e instituciones* sobre el particular.

En su documento ***"Posición del Comité Internacional de la Cruz Roja – CICR"***[21], expresa: *"Los sistemas de armas autónomos seleccionan y emplean la fuerza contra objetivos sin intervención humana. Tras la activación inicial o el lanzamiento ejecutados por una persona, un sistema de armas autónomo inicia por sí mismo un ataque en respuesta a la información del entorno recibida a través de*

19 P. Scharre "Army of None: Autonomous weapons and the future of war". (2018) W.W Norton & Co

20 Ibid.

21 https://www.icrc.org/es/document/posicion-del-cicr-sobre-los-sistemas-de-armas-autonomos

sensores y sobre la base de un perfil de objetivo generalizado. Esto quiere decir que el usuario no elige o ni siquiera sabe cuáles son los objetivos, ni el momento, ni la ubicación exactos de la aplicación de la fuerza del arma en cuestión".

Por lo expresado entonces, la IA otorga *nuevos niveles de performance y autonomía* a los Sistemas de Armas Autónomos. Y por el estado de avance alcanzado en los desarrollos, se afirma que *los LAWS ya estarían presentes*, en escenarios de guerra actuales. (*Ucrania/Rusia; Hamas / Israel, Conflicto en el Mar Rojo, etc*).

Por su parte el documento ***"US National Security Commission on Artificial Intelligence (NSCAI) – Final Report (2021)***"[22], expresa: *"Las Tecnologías de IA son algunas de las herramientas más importantes que las últimas generaciones han tenido a su disposición, para expandir el conocimiento, incrementar la prosperidad y enriquecer la experiencia humana. Pero también es la Tecnología de "doble uso" por excelencia. La capacidad de una máquina para percibir, evaluar y actuar con mayor rapidez y precisión que un ser humano, representa una ventaja competitiva en cualquier campo, ya sea civil y militar. Las tecnologías de IA serán una fuente de enorme poder para las empresas y también para los países que las aprovechen".*

El citado documento expresa además: *".....las capacidades de los sistemas potenciados por la IA, serán las herramientas utilizadas como primer recurso en una nueva era de conflictos estratégicos. Pero los competidores desarrollan tecnologías y conceptos para usos militares y además para otros usos malignos, utilizando aplicaciones de IA económicas y disponibles comercialmente, como los drones letales, los ciberataques o la desinformación.....Defenderse contra adversarios con capacidades de IA en sus sistemas, que operan y resuelven a velocidades que solo las máquinas pueden alcanzar, sin emplear AI los sistemas de las propias fuerzas**, es una invitación al desastre***".[23]

Por todo lo anteriormente citado, si bien la mayoría de los desarrollos existentes hoy, *"incluirían"*[24] aún al Operador Humano (OH) en la decisiones finales de empleo, lo cierto es que el *Estado del Arte de la Tecnología*, ya ha alcanzado un grado tal de madurez, que permitiría en un plazo no muy lejano, quitar al OH del *"ciclo de operación – vigilancia – adquisición - ejecución"*.

Ya mencionamos en párrafos anteriores, la necesidad que tienen las partes enfrentadas en un conflicto militar, de disponer de *"cada vez más velocidad"* para completar el *Ciclo OODA* propio, lo que inevitablemente *llevará a que el operador / decisor humano queden fuera de ese Ciclo*.

Y esto es, como veremos más adelante, lo que motiva debates y severos cuestionamientos, sobre la *"Legitimidad – Moralidad – Aceptabilidad"* de estas revolucionarias armas, a las que el mismo hombre que las desarrolla, *les está cediendo la decisión final* sobre asuntos que afecten la vida de los seres humanos.

Relacionado con ello, P. Scharre afirma: *"La fuerza letal debe quedar siempre bajo control del humano, en el marco de un futuro previsible. Pero con el desarrollo de una IA que avanza a una velocidad extraordinaria, ¿Qué grado de certeza pueden realmente tener nuestras previsiones acerca del futuro?*[25]

Aplicaciones de inteligencia artificial en sistemas de armas autónomas letales

Los últimos conflictos entre FFAA convencionales como *Azerbaijan - Armenia (Nagorno Karabaj)*, la invasión de Rusia a Ucrania y las operaciones de Israel contra Hamas en GAZA, resultan una ex-

---

22 "Final Report- US National Security Commission on Artificial Intelligence". (2021). https://reports.nscai.gov/final-report/

23 Ibid

24 Por el grado de reserva y confidencialidad que tienen los desarrollos relacionados con IA en LAWS en los diferentes países, se desconoce a ciencia cierta el grado real de avance en este tipo de programas de armas letales.

25 P. Scharre "Army of None: Autonomous weapons and the future of war". (2018) W.W Norton & Co.

traordinaria fuente de experiencias y lecciones aprendidas, sobre la vigencia de los sistemas de armas tradicionales como Blindados, Artillería de tubo, cohetes y misiles, armas de combate cercano y guerra electrónica.

Pero también y tal vez lo más destacado, es la relevancia que han tenido las nuevas tecnologías como drones UAS, UCAS, FPV[26], Loitering Munition y Misiles Hipersónicos, herramientas que cambian las relaciones de poder relativo entre fuerzas, al aportar nuevas capacidades a quién las dispone.

Además, si tanto a las armas convencionales como a estas últimas, las integramos e incorporamos las capacidades extraordinarias que aporta la IA, los resultados pueden ser decisivos en el campo de batalla.

En un artículo publicado por *The Conversation*, titulado *"LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL YA SE ESTÁ FUSIONANDO CON LA ROBÓTICA…"*,[27] se menciona que el interés por la incorporación de robots en el ámbito de seguridad y militares, ha tenido un fuerte crecimiento en los últimos años. Se trata de un sector que está siendo explorado en muchos países y varias compañías desarrollan programas específicos. Para el caso de los productos que operan sistemas letales, los mismos están siendo evaluados y en algunos casos cuestionados, cuando disponen de *"Autonomía total"*.[28]

Además, la fusión de los Robots con la Inteligencia Artificial (IA), que posibilite a los sistemas en forma individual o en equipos, realizar misiones de ataque o gestionar el ciclo de neutralización de amenazas sin la intervención humana, constituye una capacidad que todos ambicionan por las ventajas que otorgan.

En esta parte del trabajo nos referiremos particularmente a algunos casos de *Aplicaciones de la IA en LAWS.* El concepto de LAWS es muy amplio y como una primera aproximación general, podemos agruparlos en tres grandes categorías:

- Misiles y Municiones Guiadas.
- Plataformas Autónomas. (Terrestres, aéreas, navales. fijas y móviles).
- Sistemas operacionales con grados de autonomía: (Adquisición de blancos / Targeting; Defensa Ae & Mis, Asistencia a la puntería y disparo del combatiente individual, etc)

Si nos interesa profundizar un poco más el concepto, podemos tomar como referencia los trabajos presentados por SIPRI:[29] *"Mapping the development of Autonomy in Weapons Systems" (Boulanin–Verbruggen. 2017),*[30] y también *"Artificial Intelligence, Strategic Stability and Nuclear Risk"* (V. Boulain; et al. 2020),[31] en los que sus autores describen las *posibles aplicaciones y áreas de desarrollo*, para la incorporación de "*Mas Autonomía*" en LAWS.

Sintetizando los conceptos e ideas expuestos en los documentos citados, los sistemas con capacidades letales y distintos *"Grados de Autonomía"*, pueden agruparse básicamente en:

- Sistemas de Adquisición de Blancos y "Targeting".
- UCAS - Loitering Munitions – FPV Drones.32
- Enjambres (Swarms) de Drones.

---

26 UAS (Unmanned Aerial System) – UCAS (Unmanned Combat Aerial System) – FPV (First Person View) drones.

27 https://theconversation.com/ai-is-already-being-melded-with-robotics-one-outcome-could-be-powerful-new-weapons-216576

28 https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/?p=13599

29 SIPRI – Stockholm International Peace Research Institute

30 V. Boulanin – M. Verbruggen. "Mapping the development of Autonomous Weapons Systems". SIPRI (Nov 2017). Pg 62.

31 V. Boulain; L. Saalman; T. Topychkanov; F. Su; M. Carlsson. "Artificial Intelligence, Strategic Stability and Nuclear Risk". (SIPRI: Stockholm, jun 2020) p.38

32 UCAS: Unmanned Combat Aerial System– FPV (First Person View) dron.

> Armas Centinela Robóticas (Robot Sentry Weapons.). Weapon Remote Station (WRS).
> Sistemas de Asistencia a la puntería y disparo para armas portátiles.
> Sistemas de Defensa Aérea & Misiles.
> Sistemas de Protección Activa (APS) para Vehículos Blindados.
> Misiles y Municiones Guiadas de Artillería.

Por la extensión del presente trabajo y solo a modo de referencia, *describiremos brevemente algunos casos y ejemplos*, de sistemas que se encuentran en desarrollo, experimentación e incluso parcialmente operativos. Por tratarse de programas reservados, la información disponible es limitada a lo publicado en medios de difusión, los que aportan algunos aspectos generales de las mismas. No obstante ello, la descripción general de estos desarrollos, sirven para destacar la importancia y la prioridad en recursos y financiamiento, que les asignan los países que disponen de programas que fusionan LAWS e IA.

Un aspecto destacable en algunos países (*EEUU, Unión Europea, etc*), es la convocatoria de las autoridades del área de defensa, a las *Instituciones de I&D y Universidades, públicas y privadas*, para sumarse a los diferentes programas. Las expectativas de importantes recursos económicos y financieros disponibles en un futuro cercano, generan asimismo el interés por participar, de las *Empresas públicas y privadas* relacionadas con la *Base Industrial de Defensa* de esos países.

Otro aspecto importante a mencionar, es la *tendencia a acelerar los procesos de desarrollo* de estos sistemas, su incorporación rápida en diferentes plataformas, los que incluso prematuramente son enviados para su experimentación al mismo campo de batalla. Esto lo hemos visto tanto en el conflicto de *Nagorno –Karabaj (Azerbaijan / Armenia)*, como en la *guerra Ucrania / Rusia* y posiblemente esté ocurriendo también en el conflicto *Hamas / Israel* en GAZA.

Sistemas de reconocimiento, adquisición de blancos y "targeting".

Plataformas y sensores - Procesamiento de la información con IA / ML- Misiones de apoyo de fuego.

Mencionamos la palabra *"Targeting"* por resultar un término muy difundido en el ámbito militar. Consiste en *"el proceso analítico que permite vigilar, identificar, procesar y ejecutar acciones sobre los objetivos, necesarios para alcanzar los efectos deseados por el Comando de Fuegos Conjunto (JFC)"*.[33] El concepto de "*Targeting*" en el nivel de Fuerzas Conjuntas, resulta un elemento clave para la planificación y ejecución de toda operación militar.

FIGURA 5: RECONOCIMIENTO, IDENTIFICACIÓN, ADQUISICIÓN DE BLANCOS - "TARGETING"

Fuente: Army Press – EDA Europa

33 Joint Publication (JP) 3-60, Joint Targeting (Washington, DC: U.S. Government Publishing Office [GPO], 28 September 2018)

Más allá del aprovechamiento que las fuerzas militares realizan de la información proporcionada por satélites y las grandes plataformas aéreas de vigilancia, en las últimas guerras se ha observado el extraordinario aporte y los resultados obtenidos, del empleo masivo de UAS / UCAS en apoyo de los fuegos de artillería y aéreos, operando como sensores ISR para vigilancia, identificación y ubicación de los blancos de interés. En los escenarios de guerra actual y futura, estas capacidades resultan indispensables y ninguna fuerza armada puede carecer de ellas.

La dinámica de las guerras ha cambiado completamente y hoy resulta poco conveniente, el establecimiento de posiciones estáticas en el terreno, dejando a disposición del enemigo la ventaja de identificar emplazamientos propios, para que luego la artillería de tubo y cohetes del enemigo *"hagan su trabajo"* con extrema precisión. Eso fue lo que ocurrió en el conflicto de *"Nagorno-Karabaj"* entre Ucrania y Azerbaijan, donde este último empleó todo tipo de sistemas UAS de última generación, adquiridos a Turquía e Israel, lo que otorgó a Azerbaijan un dominio absoluto del aire, desde los primeros días del conflicto.[34]

Y también es lo que ocurre hoy en Ucrania por la invasión rusa de Feb 2022, donde ambas partes están utilizando cientos de sistemas UAS de uso militar y comerciales, con diferentes grados de autonomía y capacidades, que de a poco comienzan a incorporar IA para la identificación de blancos de interés.

Desde hace años, algunas plataformas utilizan diferentes tipos de software relacionados con lo que se suele identificar como *"Automated Target Recognition"* (ATR).[35] Los mismos proveen al sistema UAS de *"patrones de identificación"* de objetivos, en algunos casos rudimentarios, pero que le permiten reconocer un blindado, una pieza de artillería, lanzadores de cohetes (MLRS) o una instalación radar, entre otros.

Se trata básicamente de programas desarrollados con ese fin, que operan en las plataformas con la misión de reconocer diferentes tipos de blancos, sobre la base de perfiles de imagen o señales predefinidos. El proceso de toma de decisiones es simple: *"Si la firma del objetivo coincide o no con la plantilla de firmas almacenada en la biblioteca de identificación de objetivos de interés"*, el blanco se adquiere.[36]

Los avances alcanzados hoy con la implementación de *"Machine Learning"*, en especial los relacionados con *reconocimiento de imágenes*, su procesamiento y clasificación, abren un camino que inexorablemente potenciará las capacidades para el reconocimiento y adquisición de blancos.

La incorporación de IA, particularmente la revolucionaria *"Inteligencia Artificial Generativa"* (IAG), permite avanzar de manera más eficiente en un proceso automatizado de identificación de blancos. De esa forma, el sistema puede ir aprendiendo y adaptándose de manera interactiva en el proceso, mejorando en la medida que el oponente cambia también sus tácticas de movimiento, enmascaramiento y empleo.

Progresos en las técnicas de empleo de enjambres de LAWS, pronto *"otorgarán capacidades a grupos de plataformas"*, de manera tal que ellas sean capaces de ejecutar ataques en enjambres, en forma completamente autónoma.[37]

El aporte que está haciendo la IA en éste área, se relaciona no solamente con esas capacidades de identificación cada vez más precisas, sino además con el procesamiento de la enorme cantidad de información que el Elemento de C & C, recibe de todos los sensores que saturan el campo de batalla

---

34 https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/wp-content/uploads/2022/10/TEC1000-2021-Digital.pdf

35 ATR: Reconocimiento automatizado de blancos.

36 V. Boulanin – M. Verbruggen. "Mapping the development of Autonomous Weapons Systems". SIPRI (Nov 2017). Pg 24.

37 H. Roff, 'Sensor-fused munitions, missiles and loitering munitions: speaker's summary', Autonomous Weapon Systems: Implication of Increasing Autonomy in the Critical Functions of Weapons, Expert Meeting, Versoix, Switzerland, 15–16 Mar. 2016, pp. 33–34

moderno. Sensores cada vez más accesibles y eficientes, están presentes en todos los niveles, desde el táctico inferior (*Gpo Tir*) hasta los sistemas *SIGINT* del nivel operacional y estratégico.

Y *toda esa información debe ser procesada en escaso tiempo*, asignando las misiones de fuego sobre cada blanco, a los sistemas de armas disponibles y de la manera más eficiente.

ISRAEL es un país que lidera a nivel global el desarrollo de sistemas de uso militar que incorporan las tecnologías más avanzadas. Son reconocidos y probados en combate los sistemas de Def Ae & Mis *"Iron Dome"* y *"David Sling"*, los Sistemas de Protección Activa (APS) para blindados *"Trophy"*, referente en el mercado de APS, que equipan los tanques Merkava (Israel) y a los Abrams M1 (EEUU). También la familia de UAS, UCAS y Loitering Munition israelíes como el Harop y Harphy, que operados por las FFAA de Azerbaijan en el conflicto del *Nagorno Karabaj*, hicieron estragos en las fuerzas de Armenia.[38]

En el conflicto anterior de May 2021 en la Franja de Gaza, fuentes oficiales de Israel manifestaron que su país había combatido en *"La Primera guerra con IA"* utilizando *"Machine Learning"* y *"Computación avanzada"*.[39] Como ocurre en muchos conflictos, resulta difícil poder confirmar lo que las partes expresan, principalmente cuando se hace referencia a los *"éxitos obtenidos"* al emplear nuevas tecnologías en el campo de batalla. Sea por disuasión o estrategia de marketing, *"la verdad es también una de las víctimas de la guerra, siempre"*.

Describiremos a continuación algunos desarrollos de *Sistemas de Adquisición de Blancos y Targeting.* Citaremos incluso como referencia, los conflictos recientes en Ucrania y en GAZA, en los que se menciona la utilización de sistemas de vigilancia, reconocimiento y adquisición de objetivos que incorporan IA.

Habsora (The Gospel). (ISRAEL)

Uno de ellos es el *"Targeting Adquisition System"* Israelí denominado *"The Gospel" (Habsora).* El conflicto en desarrollo en Gaza ha dado la oportunidad a las Fuerzas de Defensa de Israel (FDI) de usar esta herramienta de adquisición de blancos que emplea IA. La misma ha acelerado el ciclo completo de gestión de los blancos, al punto que por su velocidad de procesamiento y entrega de opciones de ejecución, sus usuarios lo describen como una *"Fábrica de blancos en línea"*.[40] [41]

El citado artículo de *"The Guardian"* expresa: *"La imagen que muestra de que manera las FDI están aprovechando la IA, ocurre en un contexto de crecientes preocupaciones acerca de los riesgos que se presentan, en la medida que los ejércitos más avanzados del mundo amplían el uso de Sistemas Autónomos complejos en el campo de batalla"*.[42]

En una declaración en el sitio web de las FDI, expresan que se está utilizando en la guerra contra Hamas, un sistema asistido por IA denominado *"The Gospel" (Habsora),* el que es capaz de *"generar objetivos a un ritmo muy veloz"*. Y agrega que, *"mediante una rápida y automatizada obtención de información, The Gospel produce recomendaciones de objetivos para los analistas, a fin de asegurar una coincidencia completa entre lo recomendado por la máquina y la identificación realizada por el humano"*.[43]

---

38 https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/wp-content/uploads/2022/10/TEC1000-2021-Digital.pdf

39 https://www.theguardian.com/world/2023/dec/01/the-gospel-how-israel-uses-ai-to-select-bombing-targets?utm_source=Newsletter&utm_medium=email&utm_content=Edge+of+Defence+%2326+%7C+The+Gospel&utm_campaign=Edge+of+Defence+%2326

40 Ibid.

41 El medio de prensa de RUGB "The Guardian", afirma que la información presentada en sus artículos revela detalles del "Gospel",su rol central en la guerra en Gaza y que sus fuentes son entrevistas con personal de inteligencia y afirmaciones de FDI y oficiales retirados.

42 https://www.theguardian.com/world/2023/dec/01/the-gospel-how-israel-uses-ai-to-select-bombing-targets?utm_source=Newsletter&utm_medium=email&utm_content=Edge+of+Defence+%2326+%7C+The+Gospel&utm_campaign=Edge+of+Defence+%2326

43 Ibid.

Por lo expresado, si bien el sistema acelera el proceso de clasificación de los blancos, se deduce que *aún se mantiene la decisión final de las acciones letales*, bajo responsabilidad de operadores humanos.

Aviv Kochavi, ex jefe de FDI, comentó que *"La División Objetivos está fortalecida por la incorporación de capacidades de IA pero incluye también en la tarea a cientos de oficiales y soldados".*[44]

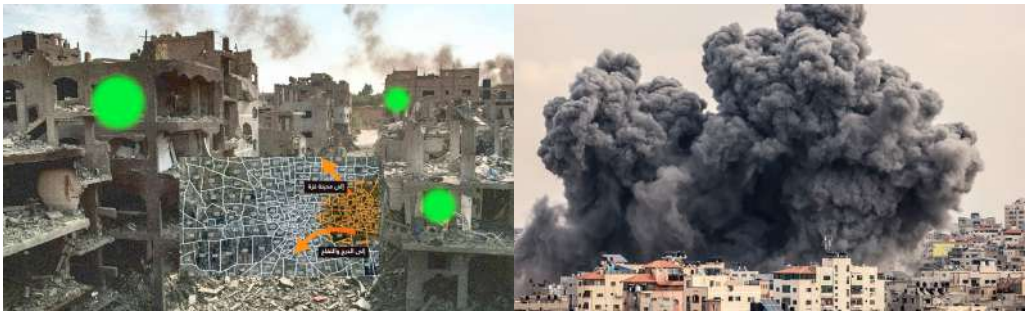
En una entrevista publicada antes de la guerra en Gaza, Kochavi expresó: *"Es una máquina que produce enormes cantidades de datos de manera más efectiva que cualquier humano y los transforma en objetivos a atacar". "Cuando The Gospel fue empleado por primera vez en Gaza (2021), generaba decenas de objetivos por día. En el pasado y sin IA nosotros producíamos 50 objetivos al año. Ahora The Gospel produce 100 Objetivos diarios, de los cuales el 50% de ellos son finalmente atacados".*[45]

Obviamente, la manera en que funciona el ciclo completo de la gestión de la información y su transformación en *"Objetivos"* es completamente reservada, por lo que solo podemos describir cómo funcionaría el sistema, en base a la información publicada en medios de prensa.

FIGURA 6: INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA) PARA ANÁLISIS DE IMÁGENES Y OBTENCIÓN DE OBJETIVOS. IMAGEN SATELITAL DE UN CAMPAMENTO PALESTINO EN GAZA. UN SISTEMA CON IA PUEDE ANALIZAR UNA IMAGEN DE ESTE TIPO Y SELECCIONAR OBJETIVOS DE INTERÉS, MUCHO MÁS RÁPIDO QUE UN OPERADOR HUMANO. (MAXAR TECHNOLOGIES).

Fuente: Adaptación de P. Scharre "Army of None". 2018

FIGURA 7: MIENTRAS LOS VIEJOS SISTEMAS PRODUCÍAN UNOS POCOS OBJETIVOS DIARIOS, THE GOSPEL PERMITE A LAS FDI OBTENER 100 OBJETIVOS/DÍA. (GETTY IMAGES)



Fuente: newarab.com

44 Ibid.

45 https://www.theguardian.com/world/2023/dec/01/the-gospel-how-israel-uses-ai-to-select-bombing-targets?utm_source=Newsletter&utm_medium=email&utm_content=Edge+of+Defence+%2326+%7C+The+Gospel&utm_campaign=Edge+of+Defence+%2326

Según menciona *"The Guardian"*, expertos en *Sistemas de Apoyo a las decisiones sobre Objetivos* basados en IA, coinciden en que estos sistemas normalmente reúnen y analizan grandes cantidades de información. Las mismas provienen de variedad de sensores y fuentes como: *Drones ISR – Interceptación de Comunicaciones – Vigilancia de datos – Información obtenida de monitorear los movimientos y patrones de comportamiento de individuos y grandes grupos de personas,* entre otros.[46]

Por su parte, Blaze Misztal del *"Jewish Insitute of National Security of America"* menciona que, pese a que no se conoce exactamente cuáles son los datos, que en cada caso *"The Gospel"* utiliza para sugerir los objetivos a batir, los mismos se obtienen de mensajes de telefonía celular, imágenes satelitales, videos de UAS y hasta sensores sísmicos.

En el conflicto anterior contra Hamas (2021), el grupo de trabajo de B. Misztal documentó el empleo de *"The Gospel"* y otros programas de IA, los que fueron utilizados para la identificación de objetivos como lanzadores de cohetes y diferentes tipos de armas. El sistema era capaz de identificar objetivos estáticos y móviles, habiendo concretado cientos de blancos a neutralizar.[47]

En el informe posterior al conflicto de 2021, B. Misztal expresó: *"pese a que el sistema de IA disponía de enorme cantidad de información para ser entrenado y aprender, acerca de las características que definen un objetivo de interés, faltaban también datos que los analistas humanos empleaban, para decidir qué cosas no eran objetivos"*. De esa forma, si el sistema no fue entrenado *también con la información de los objetivos a descartar*, es posible que el aprendizaje del sistema haya tenido *"cierto grado de sesgo y error".*[48]

En la actual guerra que se inició en Oct 2023, las FDI comentan en un blog post del 02nov23, la manera en que *"The Gospel"* está siendo empleado en el conflicto.[49]

La Dirección de Objetivos del Ejército está utilizando IA para producir blancos de la manera más rápida, con la última información de Icia disponible. *"The Gospel"* provee recomendaciones de objetivos a los analistas humanos, que deciden si las pasan como misión de ataque a los elementos de combate. *"No es un sistema automatizado"*, enfatiza Mitszal. *"Si el sistema encuentra algo que podría ser un potencial objetivo, lo envía al analista de inteligencia para su revisión y adoptar la decisión final"*.[50]

Debe tenerse en cuenta que las acciones militares que las FDI llevan adelante en Gaza, se ejecutan en un escenario totalmente urbano, en el que los combatientes de Hamas se encuentran conviviendo y mimetizados entre civiles. Las autoridades de las FDI, afirman que *los fuegos no son indiscriminados* y que las decisiones sobre la ejecución de los ataques, quedan siempre bajo la responsabilidad de la autoridad militar a cargo. O sea que *el humano seguiría estando presente* en el ciclo de *"Decisión – Acción"*.

Relacionado con ello, la Dra Marta Bo, investigadora del **SIPRI** (*Stockholm International Peace Research Institute*), expresó que, por más que *"el humano se encuentre en el ciclo"*, existe el riesgo que los operadores desarrollen *"un sesgo de automatización"* y confíen demasiado en sistemas de IA, que por sus características, pueden llegar a tener influencia sobre decisiones humanas complejas.[51]

---

46 Ibid.

47 https://www.npr.org/2023/12/14/1218643254/israel-is-using-an-ai-system-to-find-targets-in-gaza-experts-say-its-just-the-st?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_content=edge+of+defence+%2326+%7c+the+gospel&utm_campaign=edge+of+defence+%2326

48 https://www.npr.org/2023/12/14/1218643254/israel-is-using-an-ai-system-to-find-targets-in-gaza-experts-say-its-just-the-st?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_content=edge+of+defence+%2326+%7c+the+gospel&utm_campaign=edge+of+defence+%2326

49 Ibid.

50 Ibid.

51 https://www.theguardian.com/world/2023/dec/01/the-gospel-how-israel-uses-ai-to-select-bombing-targets?utm_source=Newsletter&utm_medium=email&utm_content=Edge+of+Defence+%2326+%7C+The+Gospel&utm_campaign=Edge+of+Defence+%2326

Por su parte, A. King, profesor de la Universidad de Exeter (RUGB) afirma: *"Los militares de todo el mundo han estado experimentando con IA por más de una década. La atracción por la IA es muy clara"*. Y agrega: *"Las fuerzas militares más modernas se están reduciendo en tamaño y necesitan a la tecnología para ayudarlos a "cerrar la brecha". Y los sistemas de IA son los que pueden ayudar a buscar y procesar enormes cantidades de información y datos de inteligencia, para intentar encontrar al enemigo"*.[52]

Ampliando lo anterior, diversas fuentes comienzan a mencionar que junto con *"The Gospel"*, se habría desarrollado un nuevo programa basado en IA, denominado *"LAVENDER"*. Este sistema tendría un rol central en la identificación y seguimiento preciso de blancos humanos, constituidos por *combatientes y referentes de las ramas militares de Hamas y Jihad Islamica Palestina (PIJ)*, los que progresivamente van siendo identificados y registrados como posibles blancos a neutralizar.[53]

Según la fuente citada, el sistema habría comenzado a emplearse desde los primeros días del conflicto actual. Se menciona que en algunos casos, *solo se requieren 20 seg* entre que se identifica el blanco y se da la autorización para atacarlo.

La diferencia fundamental entre *"LAVENDER"* y "The Gospel", es que mientras éste último adquiere como blancos edificios o estructuras de interés especial, donde puede encontrarse equipamiento, puestos de comando o fracciones operativas del enemigo, 'LAVENDER" identificaría específicamente individuos, que resultan blancos potenciales de interés para ser neutralizados.[54]

El empleo de *"The Gospel"* y *"LAVENDER"* por parte de Israel, está siendo seguido con mucha atención por los analistas y expertos de todo el mundo, particularmente en lo relacionado con el grado de *participación real de los operadores humanos en la decisión final* de ataque a los objetivos.

Probablemente, este escenario de conflicto y la utilización de nuevas tecnologías emergentes y potencialmente disruptivas por una de las partes, constituya una referencia muy aproximada, de la forma en que se desarrollarán los *"Escenarios de Guerra Futuros"* en el corto plazo.

Fire Weaver (ISRAEL)

Otro proyecto interesante que lleva adelante Israel es el *Sistema **Fire Weaver***, desarrollado por la empresa *RAFAEL* de ese país. Se trata de un revolucionario sistema interconectado *"Sensor – Operador"*[55] que vincula en una red integrada en tiempo real, a todos los sistemas ISR disponibles, con los sistemas de armas y las fuerzas desplegadas en el campo de combate. El mismo se enmarca en el proceso de *"Digitalización del campo de batalla"* de las FDI.[56] En el 2020 el Ministerio de Defensa adquirió este nuevo sistema en red, que a partir del 2021 comenzó a ser utilizado por las unidades del FDI.

Fire Weaver complementa al BMS (*Battle Managment System*), al *conectar a todos los sensores y a los operadores de armas en tiempo real*, presentando la información relevante mediante *"realidad aumentada"* en los sistemas de puntería de las armas. De esa manera, el sistema es capaz de *seleccionar el operador / arma* más relevantes para cada objetivo, optimizando el empleo de los recursos disponibles y permitiendo la ejecución de fuegos simultáneos de precisión en diferentes blancos.[57]

---

52 https://www.npr.org/2023/12/14/1218643254/israel-is-using-an-ai-system-to-find-targets-in-gaza-experts-say-its-just-the-st?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_content=edge+of+defence+%2326+%7c+the+gospel&utm_campaign=edge+of+defence+%2326

53 https://www.972mag.com/lavender-ai-israeli-army-gaza/

54 Ibid.

55 Cuando citamos "Operador", nos referimos a quien opera un sistema de arma letal. Puede ser una Pieza de artillería / Mor, Arma Atan, Drone letal, etc

56 https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3126544/israel-adquiere-sistema-combate-red-fire-weaver-rafael

57 https://www.rafael.co.il/es/worlds/tierra/fire-weaver/

FIGURA 8: FIRE WEAVER (RAFAEL - ISRAEL). A) IMAGEN DEL TERMINAL DONDE SE MUESTRAN LA INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DE FUEGOS. B) IMAGEN DEL OPERADOR IDENTIFICANDO Y ADQUIRIENDO OBJETIVOS

Fuente: Rafael Advanced Defense Systems

Fire Weaver localiza e identifica posiciones enemigas, notifica a la unidad de combate que considera está en la mejor posición como para batir el blanco, incluso colocando en el retículo de puntería del operador, el icono señalando el blanco que debe batir.[58] El rol del operador humano, acorde a lo presentado en un video[59] que explica el funcionamiento del sistema, es elegir entre dos botones: *"Aprobar o abortar"*.[60]

El beneficio principal de *Fire Weaver*, es otorgar a las unidades operativas un lenguaje táctico común, que está basado en una estructura geo-pixelada indepediente del GPS, lo que se logra a través de la integración de toda la información generada por sensores, sistemas de armas y municiones asociadas a esa red.[61]

Según expresa su fabricante, se trata de un producto completamente maduro, que cumple con los más exigentes estándares para los sistemas de armas y que además, permite a los combatientes recibir y compartir datos, mediante iconos de *"Realidad aumentada"* en los sistemas de puntería de las armas.[62]

RAFAEL ha vendido este producto a las FDI, e incluso ha realizado demostraciones a autoridades militares de EEUU y de Alemania.

Además de Israel, otros países llevan adelante el desarrollo e implementación de sistemas de Análisis de Información e Icia asistidos por IA, en apoyo de las operaciones terrestres, aunque por lo general, se trata de proyectos cuya información se mantiene bajo mucha reserva.

Project Maven (EEUU)

En 2017, la búsqueda de capacidades que permitieran *"ganar guerras utilizando algoritmos computarizados e IA"*, era uno de los temas prioritarios a desarrollar del DoD (Pentágono) de EEUU.[63]

Ello dió lugar a un programa denominado *"Project MAVEN"*, que se orientó al desarrollo de un sistema que utilizando algoritmos computarizados[64] e IA, aprovechara las capacidades que aportan las denominadas Big Tech's como *'Machine Learning", "Deep Learning" y "Big data"*.[65]

---

58 Ibid.

59 https://youtu.be/gJHjcukNbpw

60 https://www.technologyreview.com/2023/08/16/1077386/war-machines/

61 https://www.defensa.com/africa-asia-pacifico/ejercito-israel-digitaliza-campo-batalla-fire-weaver-rafael

62 https://youtu.be/gJHjcukNbpw

63 https://www.defense.gov/News/News-Stories/Article/Article/1254719/project-maven-to-deploy-computer-algorithms-to-war-zone-by-years-end/

64 Un algoritmo computarizado es un conjunto de reglas que se deben seguir durante las operaciones de resolución de problemas.

65 https://www.defense.gov/News/News-Stories/Article/Article/1254719/project-maven-to-deploy-computer-algorithms-to-war-zone-by-years-end/

FIGURA 9: PROYECT MAVEN. UN SISTEMA QUE AYUDA A LOS OPERADORES, A LIDIAR CON LA CANTIDAD EXTRAORDINARIA DE INFORMACIÓN Y DATOS EN FORMATO DE IMÁGENES Y VIDEO QUE INGRESAN A LOS ÓRGANOS DE C&C

Fuente: Defense.gov – Daily Mail

El objetivo inicial era que el sistema resultante, permitiera el escaneo de imágenes obtenidas por todos los sistemas sensores (*Satélites, drones, aeronaves, fuerzas en el terreno, etc*), con la finalidad de realizar la identificación y reconocimiento de objetivos en el campo de batalla. Se buscaba que el sistema ayudara a los operadores y analistas, a procesar la cantidad extraordinaria de información y datos en formato de imágenes que ingresaban a los órganos de C&C, lo que incluía además miles de horas de video de múltiples sistemas sensores operando en todos los niveles.

El equipo de proyecto se puso como meta para fines del 2017, disponer ya instalados en plataformas, algoritmos computarizados avanzados que fueran capaces de identificar, objetos reconocidos a partir de cantidades masivas de datos, provenientes de imágenes estáticas y en movimiento. Se esperaba que con este soporte, los analistas militares en operaciones, pudieran hacer su tarea hasta 2/3 veces más rápido.[66]

Desde el principio el proyecto presentó grandes interrogantes, por existir el dilema de *"si era conveniente y legítimo"*, que las FFAA utilizaran programas capaces de realizar reconocimiento automático de objetivos en las guerras. *"No ayudaba mucho además, el poco espacio que existía para la innovación en el DoD"* expresó Will Roper, profesional que trabajaba en la Oficina de Capacidades Estratégicas del Pentágono y afectado al programa.[67]

Se analizó la posibilidad de acordar con las empresas tecnológicas de Silicon Valley, líderes globales en estos temas, la forma en que las mismas podrían integrarse con el DoD en este objetivo. Una alternativa, era *adaptar desarrollos* que las empresas habían alcanzado, en áreas relacionadas al empleo militar.

Inicialmente el proyecto implicó el uso de tecnologías que incorporaban IA desarrolladas por *Google*, aplicándolas al análisis de las imágenes obtenidas por drones. La finalidad era disponer de la capacidad de seleccionar las imágenes de mayor interés o aquellas que cumplieran con determinadas características de los potenciales objetivos, para su revisión posterior por los analistas militares.

El *Proyecto MAVEN* se orientó entonces hacia desarrollos de *"Computer Vission"* existentes, área en la cual *Google* tenía el liderazgo en I&D. Por ello era muy importante para el DoD asociarse con esta empresa.

Sin embargo, la posibilidad de que estos desarrollos fueran destinados al *Uso militar asociado con Sistemas Letales*, provocó en el 2019 un reclamo de los empleados de Google a las autoridades.

---

66 https://www.bloomberg.com/news/newsletters/2024-02-29/inside-project-maven-the-us-military-s-ai-project

67 Ibid.

Cientos de ellos realizaron una petición, para que la compañía terminara su contrato con el DoD, e incluso muchos renunciaron directamente a su participación. Pocos meses más tarde, Google decidió dar por terminado su acuerdo millonario con el Pentágono.[68]

De todas maneras y pese a este percance, varias compañías e instituciones académicas de EEUU, ya estaban trabajando también en lo más avanzado del estado de arte de *"Computer Vission"* de uso civil. Por esa razón, impulsados por la posibilidad de inversiones por US$ 36.000 Millones previstas, la respuesta del Sector Tecnológico fue inmediata. Pronto se logró incorporar el Know- how de I&D de las Universidades de *California-Berkeley, Stanford, Carnegie Mellon y el Instituto de Tecnología de Massachusetts* (MIT).[69]

Apoyarse en los avances alcanzados por las grandes empresas del Sector Tecnológico, era una eficiente manera de acelerar los procesos de desarrollo en el DoD, disponiendo en los equipos de proyecto a los tecnólogos y desarrollistas del ámbito civil, más destacados en todas las ramas de aplicación de la IA. El concepto que prevaleció era que *"mucho de lo que la industria estaba por hacer, como tratar de identificar edificios, rutas y objetos, tenía gran similitud con lo que son las necesidades militares en el campo de batalla. Después de todo, identificar un automóvil o un tanque tienen muchas cosas en común"*.[70]

En el 2020 el *US ARMY* realizó ejercicios en el terreno, empleando munición de guerra con el fin de evaluar los avances alcanzados. El *"18th Airborne Corps"* fue la unidad de combate designada para el proceso de ensayos y experimentación del *Project MAVEN*.

En el citado ensayo funcional y operativo, los soldados recibieron en las computadoras del Puesto Comando las imágenes satelitales de los blancos. También estaba recibiendo esas imágenes el sistema MAVEN, con instrucciones de escanearlas, identificar y sugerir objetivos a batir. El sistema indicó a los operadores su sugerencia de blanco, en este caso un tanque de batalla, solicitando autorización para batirlo. Cuando la misión de fuego se autorizó, el sistema envió un mensaje a un sistema lanzador de misiles M142 HIMARS[71] con la orden de hacer fuego. Minutos después, el tanque había sido destruido.[72]

Se afirma que fue en estos ejercicios (2020), la primera oportunidad en que soldados del US Army *batieron un blanco localizado e identificado por un "Programa de IA"*.[73]

Posteriormente se realizaron otros ejercicios más complejos con fuego real, en los que se pudo observar que el *desempeño de estos sistemas no siempre es perfecto*. Se verificó que, mientras el 84% de los soldados identificaban bien las imágenes de un tanque, los algoritmos de IA / ML[74] de *MAVEN* lo hacían correctamente solo en un 60%. Los expertos determinaron que el nivel de certeza en la identificación se reducía hasta un 30% en un día con nieve.[75] Los desarrollistas *"tomaron nota"* de estas experiencias, ya que la *"selección de objetivos de interés"* normalmente incluye *decisiones en la aplicación de fuerza letal.*

---

68 https://www.engadget.com/waymo-gets-approval-to-deploy-its-robotaxi-service-in-los-angeles-100018409.html

69 https://www.defense.gov/News/News-Stories/Article/Article/1254719/project-maven-to-deploy-computer-algorithms-to-war-zone-by-years-end/

70 https://www.bloomberg.com/news/newsletters/2024-02-29/inside-project-maven-the-us-military-s-ai-project

71 High Mobility Artillery Rocket System. Sistema de Lanzadores múltiples de cohetes a rueda. Un sistema relevante para la artillería de cohetes y misiles de EEUU.

72 Ibid.

73 https://www.bloomberg.com/news/newsletters/2024-02-29/inside-project-maven-the-us-military-s-ai-project

74 AI /ML: Artificial Intelligence / Machine Learning

75 https://www.bloomberg.com/news/newsletters/2024-02-29/inside-project-maven-the-us-military-s-ai-project

Como funciona el Sistema MAVEN.76

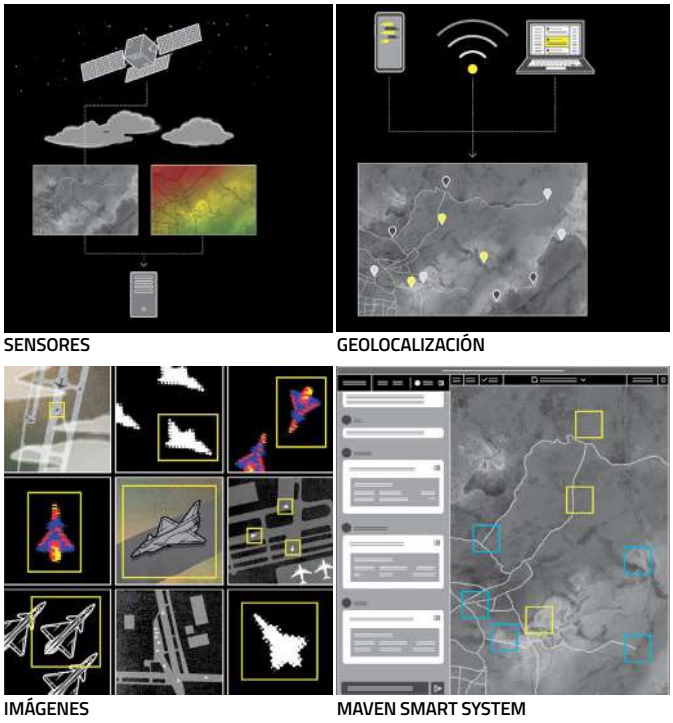
En el esquema de funcionamiento de MAVEN y presentado de manera simplificada, participan los siguientes componentes y subsistemas integrados:

SENSORES: Además de las imágenes y video obtenidos por diferente tipos de sensores aéreos y terrestres, un Radar de Apertura Sintética *"puede ver"* a través de nubes, lluvia y humo. Los Sensores infrarrojos (IR) detectan calor.

GEO TAGS: Se obtienen, integran y procesan multiplicidad de fuentes de Direcciones IP, Smartphones y contenidos de redes sociales, las que permiten obtener información precisa de Geolocalización.

IMÁGENES: El componente de IA de MAVEN es entrenado con diferentes bibliotecas actualizadas de imágenes de equipamiento militar, por lo que puede aprender a identificar objetos específicos, de manera similar a lo que realizan actualmente los CAPTCHA.

COMPONENTES DEL SISTEMA MAVEN (SENSORES – GEOLOCALIZACIÓN – IMÁGENES – MAVEN SMART SYSTEM) Fuente: Bloomberg



SENSORES | GEOLOCALIZACIÓN | IMÁGENES | MAVEN SMART SYSTEM

MAVEN SMART SYSTEM: En la interface de Smart System, se presenta multiplicidad de información y datos, de forma tal que los comandantes pueden observar todo el campo de batalla en tiempo real. Esto permite a los comandos respectivos conocer y evaluar la situación y su evolución, para analizar, resolver y ordenar las acciones pertinentes, incluyendo la ejecución de los fuegos.

En estos años de desarrollo, participaron en el área de la plataforma principal de fusión de datos, empresas como: *Palantir Tech, Amazon Web Services, ECS Federal, L3Harris, Maxar Tech y Microsoft.*

En colaboración con otros organismos de EEUU y aliados como RUGB (UK), el *"18th Airborne Corps"* ha seguido ensayando a *MAVEN* integrado a otros sistemas de armas como bombarderos, aviones de combate, artillería y drones, para destruir blancos.[77]

Ya han transcurrido 7 años desde el lanzamiento del programa y si bien todavía no se ha oficializado su despliegue en operaciones, existe información de que ya estaría participando en diferen-

76 https://www.bloomberg.com/features/2024-ai-warfare-project-maven/?srnd=homepage-americas&sref=62t700ZI

77 https://www.bloomberg.com/features/2024-ai-warfare-project-maven/?srnd=homepage-americas&sref=62t700ZI

tes escenarios de conflicto. El ataque de Hamas a Israel del 07Oct23, fue un importante incentivo para que el DoD, de un nuevo impulso al desarrollo, para la incorporación de MAVEN a las unidades operativas.[78]

En Feb 2024, EEUU atacó más de 85 objetivos en Irak y Siria en respuesta a un ataque de milicias pro- iraníes a tropas estadounidenses y ha bombardeado también objetivos de las milicias Houthis en Yemen, como respuesta a los ataques a buques mercantes en el Mar Rojo. Se desconoce el empleo de MAVEN en este caso, pero extraoficialmente se menciona que el empleo de MAVEN en escenarios de conflicto real, ha permitido verificar que aún falta tiempo y experiencia para que esté en condiciones operativas.

En Agosto 2024 el CSET (*Center for Security and Emerging Technology*) presentó un informe relacionado con las experiencias y lecciones aprendidas, en nuevas ejercitaciones operacionales del US Army *"18th Airborne Corps"* empleando el MAVEN Smart System.[79]

Mientras el DoD continúa ensayándolo e intentando acelerar el proceso de optimización del sistema, se observa que países como Ucrania o Israel, ya están usando tecnologías similares en los conflictos en curso. Esto ha realimentado un gran debate en el ámbito de defensa de EEUU y muchos otros países, acerca de *"si el mundo está realmente listo ya para incorporar a la IA en la guerra"*. [80]

Proyecto Titan (PALANTIR – US ARMY)

La empresa *PALANTIR Technologies* anunció durante el 2023, el desarrollo de un Software denominado *"ARTIFICIAL INTELLIGENCE PLATFORM"*(AIP),[81] que permite la integración de *"Large Language Models"* (LLM) con otros productos de uso dual (*civiles y militares*), que esa compañía desarrolla y produce.[82]

En demostraciones de video del AIP en You Tube,[83] se presentan diferentes aplicaciones en Def & Seg. En uno de ellos se demuestra el aporte de AIP para hacer más eficiente el ciclo completo de toma de decisiones de un comando operacional.[84] (*El detalle se puede ver en el video de la referencia*)

El 06mar24, siguiendo la tendencia de las empresas tecnológicas de incursionar en proyectos que aprovechen las capacidades de la IA, PALANTIR USG anunció el desarrollo conjunto con el *US Army*, de un programa denominado TITAN (*Tactical Intelligence Targeting Access Node*) Ground Station System.

El sistema a desarrollar, constituirá la nueva generación de plataformas integradoras de sensores avanzados asistidos por IA/ML, con la que experimentarán elementos operacionales del US Army.[85]

TITAN consistirá en una Estación Terrestre, con acceso a toda la información proporcionada por los múltiples sensores espaciales, de gran altitud, aéreos y terrestres, que proveen datos de valor sobre potenciales objetivos. El sistema procesa todo ello, a fin de presentar un cuadro de la situación en tiempo real, entregando además las opciones posibles para accionar, con el fin de mejorar el ciclo de decisiones del Cdo Op, así como la velocidad de ejecución y precisión de los fuegos precisos de largo alcance (LRPF).[86]

---

78 Ibid.

79 https://cset.georgetown.edu/publication/building-the-tech-coalition/

80 Ibid.

81 https://www.palantir.com/

82 https://www.technologyreview.com/2023/08/16/1077386/war-machines/

83 https://youtu.be/rxKghrZU5w8

84 https://youtu.be/XEM5qz__HOU

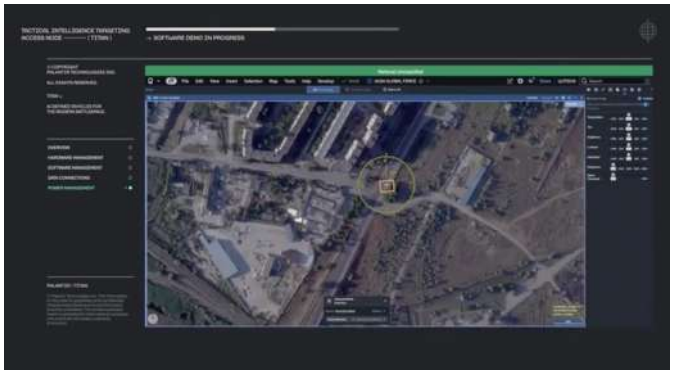
85 https://intelligencecommunitynews.com/palantir-secures-us-army-titan-prototype-agreement/

86 Ibid.

El ambicioso acuerdo entre ambas partes (*US Army – PALANTIR*) por un monto de US$ 178.4 Millones, incluye el desarrollo del sistema y, como *"producto entregable"* para su evaluación, la cantidad de 10 (diez) TITAN (Prototipos), de los cuales 5 son de la versión *"Avanzada"* y 5 de la *"Básica"*.

TITAN provee inteligencia en tiempo real, empleando AI/ML para procesar a extraordinaria velocidad, grandes cantidades de datos de diversos tipos, proporcionados por diferentes sistemas sensores, de utilidad para su empleo en el nivel táctico. Esto otorga la capacidad de fusionar, correlacionar e integrar, datos de inteligencia que permitan a las fuerzas operativas, disponer una imagen general del estado de situación de su zona de acción, para tomar mejores decisiones en tiempo real. Además, esto incrementará notablemente la precisión y efectividad de los fuegos artillería y de otros sistemas de armas.[87]

FIGURA 11: PROYECTO TITAN (TACTICAL INTELLIGENCE TARGETING ACCESS NODE)

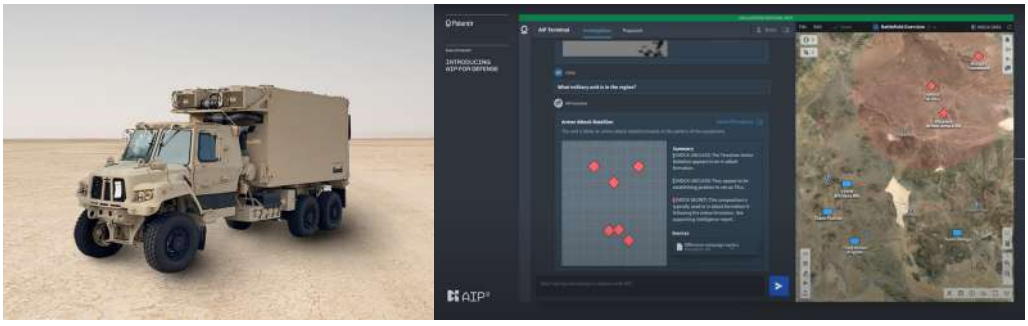


Fuente: PALANTIR

Además, provee *asesoramiento acerca de las mejores opciones de empleo de los recursos disponibles*, de acuerdo a las características del terreno, condiciones operacionales, así como las características y ubicación de las fuerzas enemigas.

En May 2024, *PALANTIR* informó la asociación con importantes empresas globales *Anduril, Northrop Grunman, L3Harris* y otras, para el desarrollo e implementación del sistema TITAN incorporado en una *Estación Terrestre Vehícular* flexible y escalable, capaz de acompañar en el movimiento las operaciones de los elementos del US Army.[88]

FIGURA 12: SISTEMA TITAN VEHICULAR. ESTACIÓN TERRESTRE VEHICULAR FLEXIBLE Y ESCALABLE, CAPAZ DE ACOMPAÑAR A LAS UNIDADES EN EL MOVIMIENTO EN OPERACIONES



Fuente: PALANTIR

87 Ibid.

88 https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/?p=14340

De esta manera PALANTIR junto con las empresas citadas, desarrollarán una estación terrestre vehicular, que puede operar sistemas que incorporan IA / ML, fusionando los sensores ISR a largas distancias, con los sistemas de armas y sus operadores. Esto permite una gestión más eficiente de los fuegos precisos de largo alcance, así como de otros medios de combate que operan hoy en el campo de batalla moderno.

El sistema TITAN operando desde sus estaciones móviles otorgará además indudables beneficios tales como: Flexibilidad y movilidad del elemento de Cdo; incrementar la supervivencia del Cdo; reducir los tiempos *"Sensor – tirador"*; mayor eficiencia en los fuegos; reducir la carga de trabajo y carga cognitiva de los operadores, entre otros.[89]

Ucrania: el empleo de algoritmos de ia en la guerra

A pocos meses de iniciada la invasión rusa en Feb 2022, las fuerzas ucranianas comenzaron a utilizar diversos sistemas informáticos de apoyo a las operaciones. Uno de ellos es el *"Sistema de Información Geográfica para Artillería" (GIS "Arta"),*[90] que procesa e integra los datos de coordenadas GPS de objetivos rusos en el campo de batalla, generando la información necesaria para evaluar y determinar los elementos de artillería, en mejores condiciones de ejecutar las misiones de fuego. Su empleo principal asistiendo a las unidades de artillería, satisface necesidades específicas del planeamiento de los fuegos, su ejecución y la explotación de la información de los resultados obtenidos.

Según el sitio web del producto,[91] el mismo habría comenzado a utilizarse en Ucrania en 2014 durante la invasión rusa a Crimea y el conflicto separatista en el Donbas, habiendo demostrado una gran eficiencia en comparación con otros sistemas de C & C tradicionales.

Luego de sufrir Ucrania el severo revés del 2014 frente a Rusia y la pérdida de parte de su territorio en Crimea, las FFAA realizaron una revisión de sus capacidades y desempeño. Dentro de las *Lecciones aprendidas* en ese conflicto, las principales deficiencias encontradas en el caso de los fuegos de artillería, fueron:

- *La poca precisión de sistemas de armas obsoletos.*
- *La cartografía desactualizada e incompleta.*
- *Las tropas escasamente entrenadas.*
- *Y la Información Geoespacial muy poco confiable.*

No obstante ello, un aspecto a favor que ya se mencionaba hace 10 años, eran los beneficios que había aportado el empleo GIS "Arta", para balancear la inferioridad de capacidades frente al enemigo. Se destacaba particularmente, una operación muy riesgosa de apoyo de fuego a propias tropas en retirada, en la localidad de *Debaltseve*, donde la utilización del sistema *GIS "Arta"* optimizando el empleo de los escasos fuegos propios de artillería a disposición, había contribuido a salvar muchas vidas.[92]

En 2017 fue creada la *"Liga de Empresas de Defensa de Ucrania"*,[93] para coordinar los esfuerzos de 75 fabricantes privados, contratistas de defensa y empresas tecnológicas, con el objetivo de ponerse inmediatamente a disposición para satisfacer las necesidades futuras de la Defensa Nacional.

Entre los proyectos listados como necesidad, se encontraban los de la empresa GIS "Arta" LLC. La compañía estaba constituida por un pequeño grupo de desarrolladores de software liderados por

---

89 https://www.palantir.com/offerings/defense/titan/

90 Geographyc Information System of Artillery

91 https://gisarta.org/en/

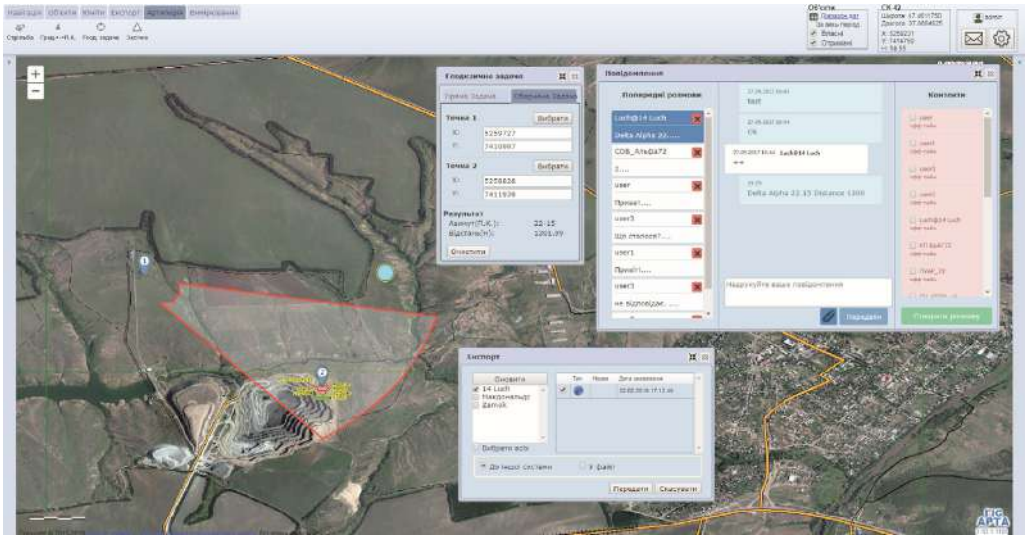
92 https://themoloch.com/conflict/uber-for-artillery-what-is-ukraines-gis-arta-system/

93 https://ldc.org.ua/en/

Yaroslav Sherstyuk. En esa oportunidad, se presentó la propuesta de un software militar para las tropas en el terreno, que funcionara de manera muy similar al *concepto de las aplicaciones de movilidad automotor*.

La idea básica era *un sistema que centralizara la información de Icia del campo de batalla* y que con ella produjera información de *"Objetivos a batir"*.[94] *La Demanda* a satisfacer era la reunión y el procesamiento de la información. *El Producto* a entregar era la selección de los *"blancos a batir"*.

FIGURA 13: SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA ARTILLERÍA. GIS "ARTA". (UCRANIA)



Fuente: GIS Arta.org

Según un informe del periódico británico *"The Times"*, GIS "Arta" funcionaría de manera similar a los algoritmos de Uber que relacionan conductores y pasajeros. Pero en este caso, relacionando e integrando *"Sistemas de Armas con Blancos a Batir"*, se reduce enormemente el tiempo desde que el blanco es detectado y adquirido, hasta que el mismo es alcanzado por los proyectiles.

El sistema ha demostrado ser un buen instrumento para mantener actualizada la situación de las operaciones en los centros de C&C. Se destaca además, que *el programa está en desarrollo permanente* y es *actualizado de manera constante*, en base a un trabajo muy cercano de los desarrollistas con las tropas en los frentes de combate, lo que realimenta el proceso de mejora del sistema.

Se menciona comparativamente que, antes de disponer de GIS "Arta", el proceso *"adquisición del blanco – misión de fuego cumplida"* en frentes de combate, demandaba unos 20 minutos. Hoy lleva solo 1 minuto.[95]

También desde los inicios del conflicto actual (2022) y con la asistencia militar proporcionada por EEUU y aliados, Ucrania estaría empleando versiones de software de gestión de la información, principalmente la geográfica, como los desarrollados por la empresa estadounidense PALANTIR.

94 https://themoloch.com/conflict/uber-for-artillery-what-is-ukraines-gis-arta-system/

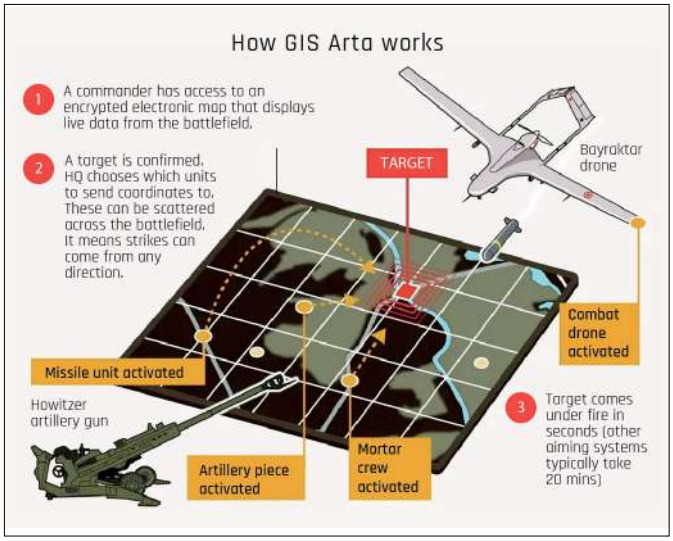
95 https://www.technologyreview.com/2023/08/16/1077386/war-machines/

Como funciona GIS "Arta"

Los Observadores adelantados, sistemas ISR como UAS y otros elementos de exploración, comparten con el elemento de C & C la información de objetivos en tiempo real, a través de una red encriptada. Esa red es multibanda y puede utilizar satélites, internet e información de radio definida por software (SDR), mediante el empleo de diferentes dispositivos, disponibles en los todos los escalones de la organización.

Esto permite al elemento de C & C la verificación de la información situacional y de los objetivos, para tomar la decisión de ejecutar los fuegos más eficientes en el menor tiempo posible. En función de la ubicación del blanco y sus características, se evalúa cual el sistema de armas más adecuado y en mejores condiciones para accionar. El requerimiento de fuego, se realiza entonces al *elemento que se encuentre en la condición más favorable* por su ubicación, situación y disponibilidad.[96]

FIGURA 14: CÓMO FUNCIONA GIS "ARTA".



Fuente: Researchgate.net

El CEO de Palantir Alex Karp, expresó que *"la guerra en Ucrania había cambiado el clima político en Silicon Valley"*.[97] Los cuestionamientos acerca de los riesgos de desarrollar sistemas militares que integran tecnologías derivadas de AI / ML, ha dado lugar a muchos debates. En los mismos, A. Karp y otros CEO's de empresas tecnológicas, manifestaron que *"la defensa que realiza Ucrania de su territorio, es una buena guerra"*, que ha impulsado a muchas empresas a avanzar más rápidamente en sus desarrollos.[98]

La asociación público-privada implementada bajo la presión del esfuerzo de guerra, es la que ha dado un impulso extraordinario al desarrollo de cientos de proyectos tecnológicos de aplicación militar.

Por lo expresado, observamos que muchos países siguen con atención los detalles de esta larga guerra, analizando las experiencias y lecciones aprendidas con la incorporación de herramientas tecnológicas emergentes, para su empleo en el nivel táctico y operacional. Las enseñanzas que se observan para la gestión más eficiente de la *"Kill Chain"*[99] por parte de Ucrania, sirven además a los países de la NATO para adquirir sus propias experiencias y realimentar sus desarrollos y sistemas.

---

96 https://themoloch.com/conflict/uber-for-artillery-what-is-ukraines-gis-arta-system/

97 https://www.washingtonpost.com/opinions/2022/12/19/palantir-algorithm-data-ukraine-war/

98 Ibid.

99 "Kill chain": "Cadena de muerte". Es un concepto militar que identifica la estructura involucrada y las etapas de un ataque con sistemas de armas letales: Identificación del objetivo – Designación de los medios a emplear – Ejecución del ataque – Destrucción del objetivo – Evaluación de resultados.

"El poder de los datos es el nuevo motor de la guerra y los sistemas están siendo actualizados constantemente.", expresa D. Ignatius, columnista del Washington post.[100] Y agrega: *"Con cada ataque de artillería, las evaluaciones de datos se retroalimentan en la red digital, para favorecer los modelos predictivos"*.

Como síntesis de este apartado de *"SISTEMAS DE TARGETING"*, nos pareció interesante citar lo expresado por Alex Karp (Palantir): *"El poder de los Sistemas Algorítmicos Avanzados en la guerra es ahora tan grande, que podría compararse con la diferencia de disponer de armas tácticas convencionales o nucleares entre dos fuerzas enfrentadas. El público en general, tiende a subestimar esto. Nuestros adversarios no lo harán!"*.[101]

Loitering Munition – UCAS - DRONES "FPV"

La Guerra en Ucrania ha sido llamada por muchos analistas y expertos como la *"Primera guerra de drones"* y también la *"Primera Guerra de StarLink"*, considerando el rol que estas tecnologías tienen en las guerras modernas.[102] En Jul 2023 un titular del Washington Post afirmaba: *"El conflicto en Ucrania está causando una Revolución en la guerra, con drones de ataque que emplean Inteligencia Artificial"*.[103]

Durante ese año, muchos informes de ese conflicto, describían que tanto Rusia como Ucrania, estaban utilizando pequeños drones de bajo costo, muchos de ellos comerciales, a los que se les incorporaba IA a fin de mejorar sus prestaciones operacionales, para vigilar, identificar objetivos y ejecutar de manera autónoma misiones de ataque. Si los sistemas llevan incorporados algoritmos de IA a bordo de la plataforma, implica que los mismos dispondrían actualmente de *"un alto grado de autonomía"* para el cumplimiento de su misión.

Los antecedentes de los últimos conflictos y la proliferación de UAS en el campo de batalla, nos permiten considerar entonces, que los modernos UCAS, *Loitering Munition (LM)* y drones "FPV"[104] hoy en desarrollo y muchos ya en servicio, tendrían incorporados algoritmos de IA en sus módulos de vigilancia, reconocimiento y toma de decisiones, mejorando así su performance y letalidad.

Ya en 2020, un informe de ONU mencionaba que un ataque con drones letales en Libia contra las fuerzas del *Libyan National Army*, empleando el *"Drone Kamikaze"* STM Kargu-2[105] de origen turco, se había realizado sin dirección ni supervisión humana.[106] Este informe consideraba incluso, que ese evento fue el 1er caso documentado de empleo de LAWS, de la categoría denominada *"Slaughterbot"*[107] drones.

En la parte del presente trabajo, relacionada con *"Enjambres de drones"*, ampliaremos algunos conceptos relacionados con el empleo del Kargu-2. Pero de ser cierto que éste fue el primer caso documentado de empleo de LAWS con *"Autonomía total"*, es muy probable que esas capacidades se hayan seguido utilizando en otros ataques individuales selectivos.

La precisión de los mismos al atacar su objetivo, depende del nivel de información que el sistema disponga y a su vez, de la calidad de los sensores que permitan discriminar los objetivos en la

---

100 https://www.washingtonpost.com/opinions/2022/12/19/palantir-algorithm-data-ukraine-war/

101 Ibid.

102 https://www.hoover.org/research/drone-warfare-ukraine-historical-context-and-implications-future

103 https://www.washingtonpost.com/world/2023/07/26/drones-ai-ukraine-war-innovation/

104 FPV (First person View) drones; Tambien llamados "Drones kamikaze". El pilotaje con visión remota o pilotaje en inmersión, también llamado FPV es un procedimiento que consiste en dirigir un móvil (en este caso aéreo) por medio de una cámara de vídeo a distancia y una pantalla o unas gafas de vídeo.

105 https://youtu.be/auRlh-f2wwQ

106 https://spectrum.ieee.org/LETHAL-AUTONOMOUS-WEAPONS-EXIST-THEY-MUST-BE-BANNED/

107 "Slaughterbot": Drone de matanza / asesinato. Es el término usualmente utilizado por las organizaciones que reclaman por la prohibición de LAWS.

fase final del ataque, para saber *"a que blanco tienen que impactar"*. En todos esos casos y dada la autonomía requerida para ejecutar la acción, la plataforma debe necesariamente estar asistida por algoritmos de IA.

Uno de los motivos por los cuales en el conflicto de Ucrania, comenzaron a tener cada vez más relevancia los drones del tipo "FPV", fue el hecho que ambas partes, pero principalmente Rusia, empezaron a desplegar y utilizar sofisticados sistemas de Guerra Electrónica (GE / EW)[108] que permitían actuar como sistemas *"anti-dron"*(C-UAS) no cinéticos.[109]

Tal vez el caso más mencionado de los efectos de GE sobre el accionar de los drones, sea el del Bayraktar TB-2 (Turquía). Se trata de un sistema UCAS[110] que tuvo un destacado desempeño y adquirió renombre en el conflicto de Nagorno Karabaj (2020), siendo utilizado por Azerbaijan para realizar devastadores ataques a blindados, posiciones de artillería, Def Ae y radares de su oponente, Armenia.[111]

En el conflicto Ucrania / Rusia, el Bayraktar TB-2 fue utilizado también por Ucrania en las fases iniciales con muy buenos resultados.[112] Sin embargo, Rusia aprovechó restos de TB-2 derribados para obtener información vital relacionada con la "firma electrónica" del sistema. De esa manera, rápidamente adaptaron sus tácticas y capacidades de GE a la nueva amenaza, con lo que fueron progresivamente neutralizando los TB-2 logrando no solo derribos, sino además la destrucción de los puestos de C&C de estos sistemas semiautónomos, que fueron localizarlos frecuentemente.[113]

Es interesante destacar que un Módulo TB-2 tiene un costo de US$ 5 millones. Si es destruido y su dotación neutralizada, la reposición integral del sistema resulta compleja y costosa. Ocurre algo similar con el Misil Atan JAVELIN que cuesta US$ 200.000 y el adiestramiento de sus operadores requiere mucho tiempo y dinero. Rusia adaptó sus tácticas de empleo y recursos de GE, actuando también sobre el sistema de guiado y control de estos misiles Atan, tratando de minimizar el efecto letal sobre sus blindados.[114]

Si bien ambos sistemas mencionados *(TB-2 y JAVELIN)* tienen un nivel de sofisticación y letalidad incuestionable, lo cierto es que los *drones FPV* resultan una alternativa letal de menores costos, en tiempo y en recursos. Por valores entre US$ 2.000 y US$ 35.000 pueden obtenerse una variedad de FPV, siendo este último valor lo que costaría un ZALA Lancet (Rusia). Y estos modestos FPV pueden cumplir, aunque con limitaciones, misiones similares a las asignadas al TB-2 y al JAVELIN. Porque aunque no destruyan completamente sus objetivos, son capaces de producir daños que los dejen fuera de servicio. Un FPV con una pequeña carga explosiva impactando en el sistema de orugas de un tanque de 60 tn, lo dejará fuera de servicio, inmóvil y expuesto a nuevos ataques y su destrucción total.

Por ello, tanto Rusia como Ucrania entendieron que en esta guerra, *"cantidad resulta mejor que perfección"*. Y apuestan a la disponibilidad masiva de FPV de bajo costo, ensamblados incluso hasta en talleres caseros, con el objetivo que *"nunca falten en las manos de los combatientes de primera línea"*.

---

108 GE/ EW: Guerra Electronic/ Electronic Warfare

109 C-UAS (Counter Unmanned Aerial System). Sistema de defensa contra drones aéreos)

110 UCAS (Unmanned Combat Aerial System). Suele colocarse dentro de esta categoría a los UAS que además de sus capacidades ISR, disponen de Armas de ataque.

111 https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/wp-content/uploads/2022/10/TEC1000-2021-Digital.pdf

112 Ibid.

113 https://rusi.org/explore-our-research/publications/commentary/weathering-storm-western-security-assistance-defensive-ukraine

114 Ibid.

UAS y FPV de todo tipo están siendo fabricados de a miles en Ucrania, por empresas y pequeños emprendedores, que se sumaron desde los inicios a las tareas de sostener el esfuerzo de guerra de su país.

Rusia también ha implementando una eficiente base productiva de estos drones, involucrando además la infraestructura de su poderosa Base Industrial de Defensa, estatal o privada, así como las PyMEs, ansiosas de incorporarse al esfuerzo. Todo por *"Espíritu Patriotico"* y también por la disponibilidad de importantes recursos económicos y financieros, que el estado ruso pone a disposición.

El crecimiento y proliferación de drones FPV con sofisticados sensores, ha causado que tanto Ucranianos como rusos, incrementen su empleo en el marco táctico, para vigilancia, reconocimiento y para atacar posiciones enemigas, sometiéndolas a un constante hostigamiento. Pero además, la amenaza de los FPV es tan grande que incluso las tropas ucranianas, difundieron la práctica de *"cazar"* los operadores de FPV del enemigo. *"Un dron FPV es barato; pero formar un piloto de FPV lleva meses al enemigo"*, comento un FPV Hunter.[115]

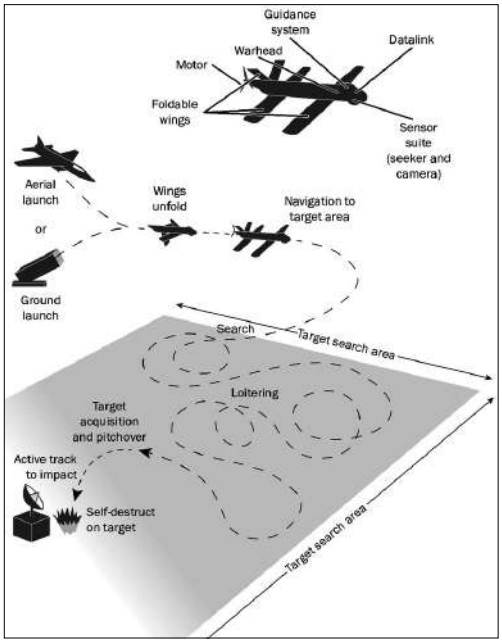
Según el artículo de RUSI[116] *"Weathering the Storm…."*,[117] Ucrania está haciendo un uso masivo de este tipo de *"drones de ataque económicos"*, al punto que se estima que para lograr un efecto disruptivo sobre las fuerzas rusas en el frente de batalla, se necesitarían unos 10.000 FPV semanales. Los FPV deberían disponer de suficientes sensores, poder letal y *la incorporación de IA*, que les permitieran resistir las acciones de *"jamming"* que implementa Rusia, para que aun en el caso que la conexión con el operador se corte, el FPV sea capaz de alcanzar el objetivo seleccionado de manera completamente autónoma

Esta incorporación de *moderno software de IA a los FPV*, permitiría hacer frente a las interferencias de GE rusas y que el drone permanezca en curso de ataque al objetivo adquirido previamente. En esa condición, el mismo solo puede ser neutralizado con medios cinéticos, lo que resulta muy complejo de lograr por las pequeñas dimensiones y la baja firma radar de los FPV, que dificultan su adquisición por los sistemas tradicionales Def Ae.

Ambas partes en conflicto, han informado de manera general, que sistemas FPV / LM han ido incorporado software de IA. En relación con ello, también es cierto que hay opiniones encontradas acerca de la veracidad de la información proporcionada, tanto por Ucrania como por Rusia. Algunos expertos consideran, que se trata de una cuestión *"de propaganda"* acerca de las capacidades disponibles, cuando en realidad el grado de avance sería modesto y parcial, e incluso muy difícil de verificar.

La directora del Programa de Defensa del Center of New American Security (CNAS) *Stacie*

FIGURA 15: ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE LOITERING MUNITION / FPV DRONE



Fuente: Voulanin V. - SIPRI

115 https://rusi.org/explore-our-research/publications/commentary/weathering-storm-western-security-assistance-defensive-ukraine

116 RUSI: Royal United Studies Institute.

117 https://rusi.org/explore-our-research/publications/commentary/weathering-storm-western-security-assistance-defensive-ukraine

Pettyjohn,[118] expresó que *"El **Lancet-3** (Rusia) fue promocionado como que tiene la capacidad autónoma de identificar blancos y atacarlos, pero esa afirmación no se ha podido verificar. Ambas partes afirman estar usando IA que permiten a sus FPV alcanzar los blancos, pero realmente las mejoras y resultados son limitados"*.[119]

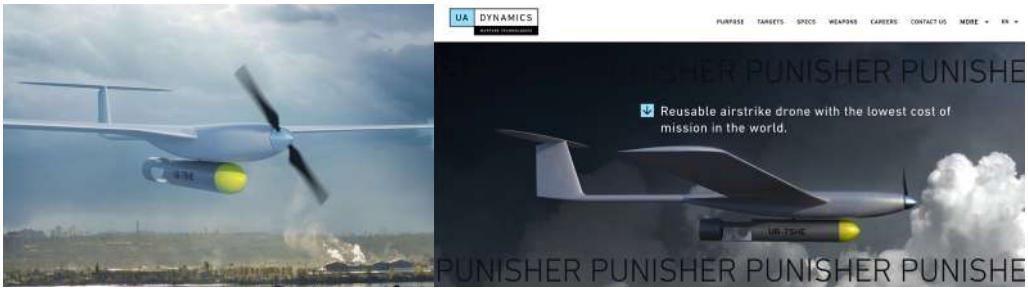
Por su parte, P. Scharre, en *"Army of None:…."*,[120] afirma que las LM no requieren de información precisa de inteligencia previa a su lanzamiento. Una vez lanzadas, se dirigen a buscar blancos a una zona del terreno predeterminada *(Caja de búsqueda),* sin conocer específicamente que blancos habrá allí. Algunas LM continúan conectadas con el operador, para que este autorice el ataque. Pero otras LM, realizarían todo el proceso de manera completamente autónoma.

Respecto de UCRANIA, algunos casos que podemos citar sobre los cuales se estaría experimentando con IA son: el UCAS "PUNISHER" (UA Dynamics), el FPV ST-35 "Silent Thunder" (Athlon Avia) y la familia de FPV desarrollados por la empresa *"WARBIRDS"*.

PUNISHER:[121] UA-Dynamics (Ucrania). La empresa lo había desarrollado y fabricado en el 2014 con motivo del conflicto por Crimea. Con capacidad letal, puede llevar una carga explosiva de 3kg, alcanzar blancos a 50km y un tiene un techo de servicio de 400m. De pequeño tamaño y facilidad de operación, resulta ideal para fracciones aisladas en combate. Una vez lanzado, *PUNISHER* puede volar con otro dron que lo acompañe, el *"Spectre"*, como apoyo en tareas ISR e identificación de objetivos a batir.

La empresa *UA Dynamics* afirma que: *"El Punisher ha llevado a cabo con éxito cientos de misiones contra las tropas rusas desde que comenzaron su invasión"*.[122]

FIGURA 16: PUNISHER - UNMANNED COMBAT AERIAL SYSTEM (UCAS). (UCRANIA)



Fuente: UA Dynamics

ST-35 Silent Thunder:[123] Desarrollado por ***Athlon Avia*** (Ucrania). Se trata de un FPV / LM que emplea un sistema multirrotor para su lanzamiento y despegue vertical. Ese multirrotor se separa de la LM a 400m y retorna a punto de lanzamiento, mientras la LM continúa su vuelo horizontal hacia la zona objetivo, con una altura máxima operativa de 1200m. *Peso Total:* 9.5kg. *Cabeza de guerra:* 3.5kg (*EF - incendiaria - Termobárica*). *Peso de LM y Mochila Transporte*: 15kg. Su perfil

118 https://www.cnas.org/people/stacie-pettyjohn

119 https://breakingdefense.com/2024/02/the-revolution-that-wasnt-how-ai-drones-have-fizzled-in-ukraine-so-far/?utm_campaign=dfn-eb-b&utm_medium=email&utm_source=sailthru&STOverlay=2002c2d9-c344-4bbb-8610-e5794efcfa7d

120 Paul Scharre "Army of None: Autonomous weapons and the future of war". (2018) W.W Norton & Co. (Pag 54)

121 https://uadynamics.com/

122 https://www.ondacero.es/noticias/mundo/the-punisher-dron-ucraniano-que-esta-castigando-tropas-rusas-ucrania_20220310622a4a27f635520001515e45.html

123 https://athlonavia.com/en/st-35-silent-thunder/

de ataque es completamente vertical, lo cual dificulta su neutralización al aproximarse sobre la parte más vulnerable de los blancos. Su configuración alar consiste en dos planos "en X". *Tiempo de vuelo*: 60 min. *Alcance*: 30km. *Velocidad max*: 140km/h.

Requiere de la asistencia de un operador humano para localización de los blancos. Cargada esa información al sistema, el mismo es guiado en modo semiautónomo empleando IR /TV, lo que se puede emplear alternativamente, según las condiciones meteorológicas. La *fase final de ataque es completamente autónoma*. El conjunto está compuesto por un módulo de control y sistema de lanzamiento por cada 3 (tres) LM, que pueden ser transportadas por el soldado a pie, en mochilas especiales provistas con el equipo. En el video del link se puede ver el sistema en funcionamiento.[124]

FIGURA 17: ST-35 SILENT THUNDER. LOITERING MUNITION. (UCRANIA)

Fuente: Athlon Avia

Ucrania ha hecho público el esfuerzo de los ingenieros y expertos en IA, buscando la forma de instalar software con algoritmos de IA, que permitan a los económicos FPV evitar las contramedidas de GE / EW que Rusia ha adoptado con buenos resultados.

Cuando Ucrania empezó en 2022 a emplear drones comerciales del tipo DJI (China), con dispositivos para lanzar granadas y explosivos sobre posiciones enemigas, Rusia encontró la solución. Consistió en la instalación de equipos de GE portátiles RP-377[125] [126] a lo largo de los frentes de batalla, capaces de bloquear o interferir la señal de los FPV con sus operadores.

Cuando un drone FPV pierde la señal, vuela fuera de su curso y no puede alcanzar el blanco que el operador está "viendo" en la pantalla de su control. *"La conexión del drone FPV con el operador, es el punto de mayor vulnerabilidad del sistema frente al efecto de los medios de GE"*, expresó S. Bendett del CSIS.[127]

Ucrania comenzó entonces a trabajar en soluciones para hacer frente a la GE de Rusia. Los desarrolladores de drones y expertos en IA, encontraron la posibilidad de incorporar algoritmos de IA a los FPV, que les de la capacidad de aprender a reconocer objetivos de interés. De esta manera, si la interferencia se vuelve intensa y el dron pierde la señal de su Cdo, el algoritmo de IA toma el control y con la última información disponible, dirige el FPV hacia el blanco ya adquirido.[128]

Más de 200 compañías ucranianas están fuertemente involucradas en la producción de drones y trabajan cerca de las unidades operativas en el frente de batalla, intercambiando experiencias del empleo de los sistemas para mejorar sus capacidades de reconocimiento y ataque.

---

124 https://youtu.be/NT6S1loEL7U

125 Se trata de los sistemas portátiles RP-377 que se transportan en una mochila. Fueron desarrollados hace unos años para proteger las tropas rusas de los IED empleados en lugares como Siria, que eran activados con señales de radio y empleados en rutas para atacar convoyes o patrullas.

126 https://www.thedailybeast.com/ukraines-ai-drones-are-making-war-much-deadlier-for-russia

127 Ibid.

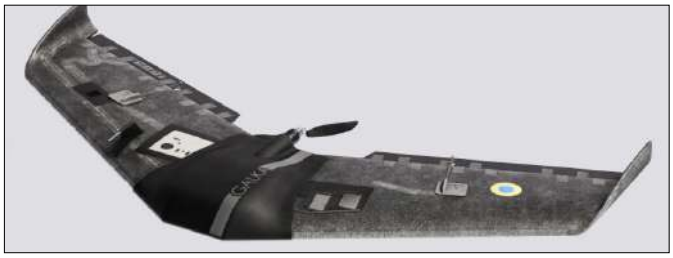
128 Ibid.

La compañía ucraniana ***Twist Robotics***,[129] menciona que ha ensayado exitosamente un algoritmo de *"drone targeting"*, el que una vez fijado el objetivo, permite al dron continuar de manera completamente autónoma.[130] Los sensores del dron reconocen las características físicas del objetivo, gracias a los algoritmos de IA incorporados y pueden entonces, ajustar de forma autónoma la trayectoria de ataque al blanco. *"Es algo así como un JAVELIN de los pobres"* expresó un ingeniero de *Twist Robotics*,[131] en relación a la manera en que los FPV pueden sustituir en parte a los caros y escasos misiles Atan provistos por EEUU.

WARBIRDS[132] es otra compañía Ucraniana que ha crecido extraordinariamente durante el conflicto y que avanza en la incorporación de IA en sus productos. La empresa ofrece una vasta gama de FPV que pueden cumplir todo tipo de misiones ISR, de apoyo a los fuegos de artillería y drones kamikaze.

El *Ministro de Innovación ucraniano Mykhailo Fedorov*, a cargo del programa de I&D *"Army of Drones"*, expresó: *"el desafío que tenemos es que los productos en cada categoría, puedan adaptarse y modificarse para obtener más ventajas para nuestras tropas"*. Este programa que ha dado buenos resultados, tiene por objeto *disponer de más UAS de ataque y de reconocimiento de blancos* para la artillería, con la finalidad de compensar las desventajas que Ucrania tiene frente a Rusia, en poder de fuego terrestre y aéreo.[133]

FIGURA 18: GALKA LOITERING MUNITION. (UCRANIA)



Fuente: WARBIRDS

Debe tenerse en cuenta que Ucrania ha recibido como parte de la ayuda militar de EEUU, una gran cantidad de LM[134] *"Switchblade"* que fabrica la compañía *Aerovironment.*[135] Esta empresa muy innovadora en el área de LM, afirmó haber alcanzado avances en la *incorporación de IA* a sus productos.

En Ene 2023 *Aerovironment* comentó en el sitio especializado DefenseOne, que la empresa ya había presentado al US DoD, demostraciones acerca de capacidades que tenían sus productos *"Switchblade"*, para *identificar de manera Completamente Autónoma*, hasta 32 modelos diferentes de blindados.

La empresa resaltó sin embargo, que dadas las restricciones que establecen la legislación y directivas vigentes en EEUU, los ataques con LAWS sin la intervención humana "*no están permitidos*". [136]

En declaraciones a la agencia AP, el CEO de *Aerovironment* afirmó que *"la tecnología necesaria para ejecutar misiones autónomas con los Switchblade ya existe"*. Y agregó que *"considera que habrá un cambio de la política que regula el empleo de armas letales en sistemas autónomos, dentro de los próximos 3 años"*.[137]

---

129 https://twistrobotics.com/

130 https://www.washingtonpost.com/world/2023/07/26/drones-ai-ukraine-war-innovation/

131 https://www.cnas.org/press/in-the-news/the-war-in-ukraine-is-spurring-a-revolution-in-drone-warfare-using-ai

132 https://warbirds.com.ua/en/#products

133 https://www.cnas.org/press/in-the-news/the-war-in-ukraine-is-spurring-a-revolution-in-drone-warfare-using-ai

134 Loitering Munirion.

135 https://www.avinc.com/tms/switchblade

136 https://israelnoticias.com/militar/lancet-el-dron-kamikaze-ruso-identifica-sus-propios-objetivos/

137 Ibid.

FIGURA 19: SWITCHBLADE 600 (AEROVIRNOMENT – EEUU)

Fuente: Aerovironment

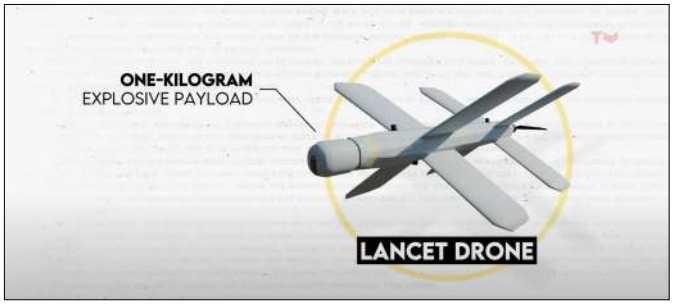
Por parte de RUSIA, tal vez el caso más destacado de LAWS es el del **FPV / LM ZALA "LANCET"**.

ZALA LANCET:[138] Origen: Rusia. Fabricado por **ZALA Aero *(Kalashnikov Group)*.** LANCET tiene una estructura similar a un pequeño misil, con su cuerpo cilíndrico y planos de sustentación con un diseño aerodinámico tipo *"doble X"* y una muy reducida *"firma radar"*.
En servicio desde 2019, se producen en dos versiones, ZALA LANCET Z-51 y Z-52, ambas con propulsión eléctrica. Alcance: 50 y 40 km. Carga explosiva: 3 y 1kg.
Emplea diferentes opciones de sistemas de guiado, tanto por GPS como optoelectrónico, o combinando ambos.[139] Dispone además de un canal de telecomunicación, que permite transmitir imágenes del blanco a efectos de confirmar el resultado de la misión.
Se empleó esporádicamente en Siria desde 2021, donde Rusia brinda apoyo al gobierno de ese país contra las fuerzas rebeldes al régimen y se los suele llamar *"The Flying Kalashnikov"*.[140]

Los LANCET han participado en la guerra con Ucrania desde el 2022, en muchos de los ataques a todo tipo de objetivos, por lo que se considera que fue en este conflicto, donde el sistema se consolidó y comenzó a emplearse a gran escala.[141]

Desde su primer uso difundido en Julio 2022, ha sido empleado en grandes cantidades contra blindados, piezas de artillería y otras plataformas. Su alta disponibilidad al ser producido en el país y su bajo costo, las dificultades para neutralizarlo por sus pequeñas dimensiones y escasa firma radar, así como su efectividad comprobada, lo han convertido en uno de los LM

FIGURA 20: ZALA "LANCET" LOITERING MUNITION. (RUSIA)



Fuente: Captura pantalla https://youtu.be/JyX4uRjCkfM

138 https://zala-aero.com/en/

139 https://youtu.be/IgGOHvBJj9E

140 https://www.defensemirror.com/news/32914#.Y1A97_3MKUt

141 https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/?p=11058

más utilizados por Rusia. Varios sitios mayormente pro-rusos, hacen una difusión masiva de videos e imágenes de los ataques, a través de las redes sociales como X o Telegram y otros.[142]

"Hay señales que muestran que la Industria de Defensa Rusa está aumentando la producción de Lancet, además de incorporarle actualizaciones y mejoras para optimizar su rendimiento"[143] expresó S. Bendett,[144] reconocido analista que escribe para publicaciones como CSIS, CNA y otros. En el sitio web oficial de *ZALA Group,*[145] se pueden observar diferentes videos en los cuales se muestran casos del empleo de los sistemas, que serían evidencias obtenidas del campo de batalla. No se hace mención específica e la incorporación de IA, pero se estima que existirían proyectos para incorporar más autonomía a este eficiente sistema LM.

Se considera que tanto para Rusia como Ucrania, el *empleo de IA en drones FPV y LM* se encuentra en pleno estado de desarrollo, implementación y evaluación. Y aunque no se ha podido verificar que los drones de ambas partes estén funcionando realmente con IA, algunos sitios hacen mención a drones rusos que ya operarían con algoritmos de IA.[146]

La posibilidad de *incorporar sofisticados programas de IA* en económicos drones, que pueden ser producidos localmente en lotes de a miles, que además son las cantidades que se consumen diariamente, resulta un gran desafío pendiente. Se trata también de un objetivo a alcanzar y sostener, para los ingenieros y desarrollistas de ambos países y sus aliados, en esta larga e intensa guerra.

Principalmente para Ucrania, que ante la notable diferencia de capacidades y poder militar respecto de Rusia, ha debido aguzar el ingenio para lograr obtener el mayor rendimiento posible de sus modestos sistemas. Como ya mencionamos, en Ucrania se ha *involucrado institucionalmente una enorme cantidad de RRHH e infraestructura*, para sostener no solo la capacidad de producción de estos sistemas de alta demanda, sino además un nivel de I&D moderno y flexible.

Y también lo ha hecho Rusia, que ha sacado a relucir la *poderosa capacidad productiva y la flexibilidad de su Base Industrial de Defensa*, adecuándola a las condiciones del conflicto y a las restricciones económicas y comerciales de carácter global que se le han impuesto, luego de su invasión y ataque a un país soberano.

Otro aspecto destacado, es el máximo aprovechamiento posible que se hace de *tecnologías de drones comerciales disponibles "Of-the-shelf"*,[147] lo que simplifica el ciclo de abastecimiento y economiza costos en la cadena de desarrollo – producción - entrega.

A esta altura del desarrollo de este trabajo nos preguntamos:

¿Cuál es el grado de eficacia realmente obtenido por ambas partes con el empleo de todo tipo de drones, desde los clásicos UAS hasta FPV/LM? ¿Cuánto de verdad hay respecto del empleo de drones asistidos por IA y que resultados se obtuvieron?

Los avances que ambos países dicen haber alcanzado, son difíciles de probar. Resulta todavía muy complejo sacar conclusiones debidamente fundamentadas, a la distancia y con información pública proveniente de ambas partes, manipulada y sesgada en el típico escenario de *"niebla de la guerra"*, que todo conflicto habitualmente conlleva.

Las supuestas capacidades existentes para incorporar IA en pequeños UAS no están debidamente sustentadas, debido a los requerimientos físicos y funcionales que hoy demanda, disponer de IA

---

142 https://www.19fortyfive.com/2023/10/the-lancet-kamikaze-drone-is-russias-most-effective-weapon-and-it-is-getting-deadlier/

143 https://lostarmour.info/articles/recognition-of-lancet

144 https://www.csis.org/people/samuel-bendett

145 https://zala-aero.com/wp-content/videos/svo/z_16_2024.MP4

146 https://warontherocks.com/2024/01/how-the-west-can-match-russia-in-drone-innovation/

147 "Of – the- shelf": "En la estantería": Se refiere a algo que tiene una alta disponibilidad comercial y escasas restricciones.

en términos de dimensiones, pesos y capacidad de procesamiento del hardware, necesario para "correr" los programas informáticos mencionados.[148]

Miniaturizar los componentes, requeridos para disponer de la capacidad de procesamiento de información que se supone tendrían que tener los FPV / LM, es algo que aún no han alcanzado ni siquiera las superpotencias como EUA o China.[149]

En un análisis realizado por S. FREEDBERG JR en su trabajo *"The revolution that Wasn't: How AI drones has Fizzled in Ukraine"*, se afirma: *"El complejo ciclo de toma de decisiones requiere de software muy sofisticado, que además debe ejecutarse en procesadores que dispongan de chips de alta velocidad, los que asimismo requieren de potencia, capacidad de enfriamiento, protección contra vibraciones y resistencia a la interferencia electrónica. Ninguna de estas características operativas, estarían hoy disponibles en el tipo de pequeños y económicos drones que ambas partes utilizan en esta guerra".*[150]

Lo mencionado antes nos permite pensar que, aunque tal vez esas características operativas no estén disponibles hoy, *dentro de poco tiempo si pueden estarlo*, a muy bajo costo y con alta disponibilidad.

Relacionado con ello, S. Bendett afirmó también en el artículo citado antes: *"….., quién consiga un gran avance en el área mencionada y pueda difundirlo lo más rápidamente posible, obtendrá una gran ventaja".*[151]

Este conflicto nos ha mostrado, como se puede generar una verdadera carrera hacia la innovación, enfocada en sistemas aéreos autónomos letales con la incorporación de IA. Los resultados y lecciones aprendidas no solo de su empleo efectivo en combate, sino además en la *implementación de una Base Industrial de Defensa*, capaz de soportar la demanda productiva de estos ingenios militares de alto consumo, es algo que a nivel global se está observando con gran atención.

Vemos así como los LAWS en su versión aérea y también naval, están teniendo su oportunidad de instalarse como *una tendencia en crecimiento* por su empleo masivo en Ucrania – Rusia. Ambos países buscan por todos los medios acceder a ellos, ya sea a través de la compra o desarrollo propio y produciéndolos en el propio país.

Observamos además, como el crecimiento exponencial en los últimos 5 años, de las *Tecnologías relacionadas con IA* en todas las áreas de aplicación, también ha *alcanzado el ámbito militar*. Y tiene probablemente su máxima pero también más cuestionada versión, cuando *las ventajas* de la IA pero también *sus riesgos potenciales*, son incorporados a los *Sistemas de Armas Autónomas con Capacidad Letal (LAWS).*

La posibilidad de utilización concreta de LAWS en escenarios de guerra y conflictos, como actualmente presenciamos en Ucrania / Rusia y en Gaza (Israel /Hamas), donde los ingenios desarrollados pasan directamente del centro de desarrollo o montaje, a ser experimentados, evaluados y mejorados en escenarios de combate real, nos permiten visualizar *"en qué dirección y como puede evolucionar el campo de batalla futuro"*.

Enjambres De Drones (DRONE SWARMS)

Relacionado con el crecimiento del empleo de LAWS en el campo de batalla, es interesante mencionar los desarrollos que se llevan adelante para el *empleo masivo de drones*, que sean capaces

---

148 https://breakingdefense.com/2024/02/the-revolution-that-wasnt-how-ai-drones-have-fizzled-in-ukraine-so-far/?utm_campaign=d-fn-ebb&utm_medium=email&utm_source=sailthru&STOverlay=2002c2d9-c344-4bbb-8610-e5794efcfa7d

149 Ibid.

150 https://breakingdefense.com/2024/02/the-revolution-that-wasnt-how-ai-drones-have-fizzled-in-ukraine-so-far/?utm_campaign=d-fn-ebb&utm_medium=email&utm_source=sailthru&STOverlay=2002c2d9-c344-4bbb-8610-e5794efcfa7d

151 Ibid.

de operar sincronizados *dentro de un enjambre (Swarm)* e incorporando algoritmos de *Inteligencia Artificial*.

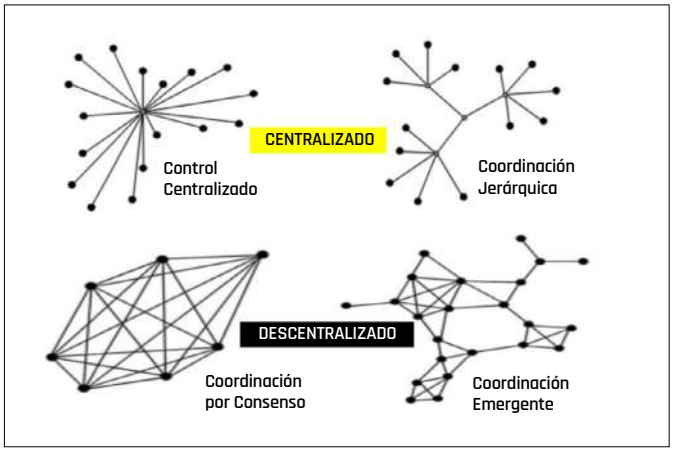
Podemos definir un ENJAMBRE DE DRONES (*Drone Swarm*) como *"un gran número sistemas UAV volando organizados como una entidad, unificada y coordinada".*[152] Esa coordinación puede ser controlada de manera remota o bien autodirigida por el conjunto, mediante la incorporación de algoritmos de automatización desarrollados al efecto. Esa coordinación tiene mucha similitud con lo que se puede observar en la naturaleza, con el comportamiento de enjambres de insectos, bandadas de aves o cardúmenes de peces. En un enjambre de drones, cada unidad es programada para seguir una ruta de vuelo específica, o bien colectivamente pueden ir adaptando su curso al comportamiento del conjunto.

Los *tipos y estructura de Comando y Control* de enjambres de drones se puede clasificar en:[153]

> **Centralizados:** Control Centralizado y Coordinación Jerárquica.
> **Descentralizados:** Coordinación por Consenso y Coordinación Emergente.

El esquema que se presenta a continuación muestra las características particulares de cada uno de ellos.[154]

FIGURA 21: TIPOS Y ESTRUCTURA DE C & C DE ENJAMBRES DE DRONES



Fuente: Adaptación de trabajo de P. Scharre: "Robotics on the Battlefield Part II: The Coming Swarm". (CNAS Oct. 2014).

La corporación RAND en su trabajo de Arquilla y Ronfeldt *"Swarming & Future of Conflict"* (2000) describió hace más de 20 años el concepto de SWARMING de la siguiente manera: *"El enjambre es algo aparentemente amorfo, pero que en realidad es una forma estratégica, coordinada y deliberadamente estructurada, capaz de atacar en todas las direcciones, mediante una aplicación sostenida de fuerza y fuego, tanto desde posiciones cercanas como más alejadas. Funcionará mejor, si se diseña principalmente en torno al despliegue de innumerables pequeñas unidades de maniobra, dispersas y en red. Desarrollar un fuerza de enjambre, implica cambios radicales en las estructuras organizativas militares actuales".*[155]

Para abordar conceptualmente el tema de *"Swarming"*, podemos decir entonces que un sistema de este tipo, está formado por un conjunto que incluye:

> Elemento / Arma: *Drones (UAS / UCAS / LM – FPV).*[156]
> Modo empleo: *Enjambres (Swarms).*
> Nuevas Tecnologías aplicadas: *Inteligencia Artificial.*

---

152 https://www.dsiac.org/wp-content/uploads/2020/05/dsiac-2191004.pdf

153 P. Scharre. "Robotics on the battlefield: Thec oming swarm". (2014). Center for a New American Security (CNAS)

154 Ibid pg 39.

155 https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/documented_briefings/2005/RAND_DB311.pdf

156 UAS / UCAS / FPV – LM: Unmanned Aerial System / Unmanned Combat AS / First Person View – Loitering Munition

Algunos expertos afirman que este *"conjunto"*, de concretarse la optimización de su desarrollo y alcanzar un adecuado grado de madurez, podría ser considerado como un *"Nuevo tipo de Arma de Destrucción Masiva (ADM)"* de los tiempos futuros.[157] El video que se cita como referencia es una representación de ficción, pero que resultaría factible en escenarios de guerra en un futuro cercano. [158]

Podemos decir entonces que *"Swarming"* o *"Autonomía Cooperativa"*, como suelen denominarlo expertos e investigadores en el tema, se presenta como el nuevo escalón que los desarrollistas en el área de drones tienen por objetivo alcanzar.

Desde hace tiempo, los "enjambres" comenzaron a emplearse en aplicaciones civiles, como la agricultura o la respuesta en Emergencias & Catástrofes, pero también en exhibiciones conocidas como *"Drone Light Shows"*, existiendo importantes empresas dedicadas a este mercado del entretenimiento.[159]

FIGURA 22: ENJAMBRES DE DRONES. EMPLEO MASIVO DE UAS, CAPACES DE OPERAR SINCRONIZADAMENTE DENTRO DE UN ENJAMBRE (SWARM), INCORPORANDO ALGORITMOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL.

Fuente: Naval Technology

Las ventajas de tener enjambres de sistemas autónomos para realizar tareas diversas, rápidamente llamó la atención también de los militares de muchos países, por su posibilidad de empleo en el ámbito de la defensa. Fue así que en las FFAA de EEUU, junto con el aporte de universidades que habían logrado avances tecnológicos en I&D de IA, se comenzó a trabajar en ello hace algunos años.

En Octubre del 2016 la *US Strategic Capabilities Office* empleó un aeronave F/A 18 para el lanzamiento de de 103 *"PERDIX drones"*[160] operando en enjambres. El Pentágono describió este experimento como: *"un organismo colectivo, compartiendo un cerebro distribuido para la toma de decisiones y adaptándose entre ellos, de la manera en que los grupos de seres vivos lo hacen en la naturaleza"*.[161]

El *Proyecto PERDIX* desarrollado por el *MIT Lincoln Laboratory* en 2013, está basado en un diseño también del MIT.[162] Consiste en mini-drones de 20 cm longitud, 30 cm envergadura alar, 290 g de peso y autonomía de 20 min, capaces de operar en enjambres. Su comportamiento no está preprogramado, sino que se basa en la sincronización de todos los individuos y de la capacidad de aprendizaje del conjunto.[163]

Como todos los *PERDIX* se comunican entre ellos, el enjambre no necesita disponer de un líder, por lo que las unidades se van adaptando al comportamiento del conjunto.[164] Se logró demostrar así,

---

157 "SWARM DRONES: A New Era in Modern Warfare Tactics".

158 https://www.youtube.com/watch?v=2LJWIACqtAc

159 https://lumasky.show/journal/what-is-a-drone-swarm/

160 https://dod.defense.gov/Portals/1/Documents/pubs/Perdix%20Fact%20Sheet.pdf?ver=2017-01-09-101520-643

161 P. Scharre. "Army of none: autonomous weapons and the future of war".(2018) . W.W Norton Co Inc

162 MIT. Massachusetts Institute of Technology.

163 https://www.inverse.com/article/26103-perdix-autonomous-drone-swarm

164 https://dod.defense.gov/Portals/1/Documents/pubs/Perdix%20Fact%20Sheet.pdf?ver=2017-01-09-101520-643

FIGURA 23: PROYECTO PERDIX DESARROLLADO POR EL MIT LINCOLN LABORATORY EN 2013. MINI-DRONES CAPACES DE OPERAR EN ENJAMBRES. SU COMPORTAMIENTO SE BASA EN LA SINCRONIZACIÓN ENTRE TODOS LOS INDIVIDUOS Y LA CAPACIDAD DE APRENDIZAJE DEL CONJUNTO.

Fuente: Beaverworks – MIT; inverse.com

que el enjambre podía adoptar formaciones para desplazarse en el campo de batalla, e ir cambiando sucesivamente las mismas de acuerdo a las nuevas situaciones planteadas.[165]

Dado el estado de avance favorable del desarrollo, el DoD EEUU reafirmó su confianza en el programa convirtiéndolo en un programa de interés, le asignó financiación e incorporó la participación del MIT.[166] PERDIX tuvo sucesivas mejoras, priorizando el empleo de componentes comerciales, impresión 3D, modernos sistemas de manufactura, sofisticados programas informáticos y cada vez más IA.[167]

Otro caso de interés es el mencionado por P. Scharre[168], cuando hace algunos años el *Naval Posgraduate School (EEUU),* comenzó a incursionar en el desarrollo en el ámbito académico, de experiencias y ensayos de *"Combates aéreos de enjambres de drones"*.[169]

En estos eventos, dos operadores conducen sus respectivos equipos "Rojo" y "Azul". La función de los operadores humanos, consiste era pre-posicionar los drones en el espacio aéreo asignado para el combate, limitando la participación humana a la autorización de *"iniciar"* el combate y *"finalizar"* el mismo. Todas las acciones del combate aéreo individuales o de conjunto durante el tiempo que duraba la batalla, eran realizadas de manera completamente autónoma.

Estos ensayos, que podrían considerarse *"juegos de guerra"* inofensivos, son en realidad una valiosa herramienta de experimentación y demostración, acerca de las ventajas que proporciona una cantidad de unidades en el aire, moviéndose con velocidad, coordinadas en grupo, pero a la vez con autonomía individual para ejecutar diversas acciones, como en este caso en un escenario típico de *"Dog fight"*.[170]

Los *"Swarms"* constituyen una nueva y revolucionaria herramienta que, cuando esté disponible, resultará muy difícil de ignorar por las FFAA. Y si además, esos enjambres están equipados con sistemas letales, podrían llegar a resultar imprescindibles para intentar equilibrar las capacidades propias con las del adversario, que por su parte, también hará lo imposible por incorporarlas.

Pero tal vez la mayor ventaja que los *"Enjambres"* otorgan, es que una gran cantidad de UAS pueden ser *dirigidos por un solo operador*. Recordemos que en la guerra Ucrania – *Rusia*, uno de los

---

165 https://thebulletin.org/2021/04/meet-the-future-weapon-of-mass-destruction-the-drone-swarm/

166 MIT: Massachusetts Institute of Technology.

167 https://dod.defense.gov/Portals/1/Documents/pubs/Perdix%20Fact%20Sheet.pdf?ver=2017-01-09-101520-643

168 Paul Scharre. "Army of none: autonomous weapons and the future of war".(2018) . W.W Norton Co Inc

169 Ibid.

170 Se suele denominar así al "Combate cercano o de corta distancia entre aeronaves, caracterizado por la velocidad de los movimientos y la gran maniobrabilidad".

objetivos de las LAWS como el Lancet (Rusia) y los Switchblade (*Ucrania - USA*), se orientó a *"neutralizar" a los operadores de UAS del enemigo*, detectando su ubicación y atacándolos mientras están conectados al dron.

Turquía y Enjambres de drones: Mencionamos anteriormente el caso del empleo de FPV autónomos por parte de Turquía, con su sistema *STM Kargu–2,* el que según un informe de ONU había sido utilizado en Libia. Este sería el primer caso documentado de empleo de LAWS, de la categoría de los llamados *"Slaughterbot"* drones,[171] ejecutando misiones letales sin dirección ni supervisión humana.[172]

El Kargu-2 es un cuatrirotor de 6.8 kg de peso, carga explosiva 1.8kg, que desarrolla una velocidad de 140Km/h y dispone de una autonomía de 30 min.[173] Su fabricante lo comercializa como apto para su integración en misiones autónomas individuales o en enjambres.

En 2020 las FFAA de Turquía informaron una compra de 500 Kargu-2. La empresa turca *Defense Technologies Engineering & Trade* (STM) que los desarrolla y produce, comunicó asimismo que estaba trabajando con *un proyecto de "Swarms"*, que pudieran operar simultáneamente con un mínimo de 20 unidades, con objetivo de poder realizar misiones de ataque totalmente autónomas.

FIGURA 24: KARGU – 2 (TURQUÍA). PUEDE VERSE LA CABEZA DE GUERRA EN LA PARTE CENTRAL SUPERIOR

Fuente: STM

Actualmente el sistema Kargu-2 opera de manera semiautónoma, aunque en su configuración de LM, una vez que el dron se encuentra en su zona de *"merodeo"* asignada por el operador, puede realizar el proceso de búsqueda de objetivos y ataque de forma completamente autónoma.[174]

El desarrollo de la tecnología de *"Swarming"* en la que participa STM, forma parte de un programa de Turquía denominado *"KERKES"*, enfocado en el desarrollo de sistemas capaces de operar en ambientes de *"GPS denegado"*. Esto constituye hoy una de las amenazas más relevantes, que afectan la operatividad, eficiencia y supervivencia futura de las mayoría de los LAWS.[175][176]

Ensayos relacionados con la letalidad de su carga explosiva, han mostrado que el Kargu - 2 puede batir eficazmente un área de 7m de diámetro, utilizando su carga explosiva de fragmentación.[177]

Obviamente, lo anterior puede parecernos un modesto efecto terminal, para la acción de un FPV individual. Sin embargo, imaginemos la capacidad de daño de un enjambre de 20 Kargu, atacando simultáneamente una posición defensiva, una columna de vehículos o un aeródromo con

---

171 "Slaughterbot": Drone de matanza / asesinato. Es el término usualmente utilizado por las organizaciones que reclaman por la prohibición de LAWS.

172 https://spectrum.ieee.org/lethal-autonomous-weapons-exist-they-must-be-banned/

173 https://www.stm.com.tr/en/kargu-autonomous-tactical-multi-rotor-attack-uav

174 https://www.twz.com/34204/turkey-now-has-a-swarming-quadcopter-suicide-drone-that-it-could-export

175 Ibid.

176 https://youtu.be/3d28APlfwSI

177 Se comercializa con tres tipos de carga letal: Explosiva de Fragmentación; Termobárica "Air burst"; Carga hueca para empleo contra vehículos ligeramente blindados.

aeronaves en pista, con un grado de precisión individual, que supera con creces a los proyectiles de artillería convencionales o los simples cohetes balísticos.

Esto nos permite entender que estamos ante un desarrollo con enormes posibilidades de crecimiento, con gran interés por parte de muchos potenciales usuarios y con un "nicho" de mercado muy interesante, a la luz de los resultados obtenidos con LM/FPV en los últimos conflictos.

FIGURA 25: KARGU – 2 Y ENJAMBRES (SWARMS) DE DRONES KAMIKAZE

Fuente: STM

CHINA - Drones divisibles para conformar "Enjambres".

China ha informado sobre los avances en el desarrollo de un tipo de *dron cuatrirotor modular y divisible*, cuyos componentes se separan en pleno vuelo *(Splittable),* formando drones más pequeños e independientes, capaces de cumplir a su vez misiones individuales o como parte de un enjambre.[178]

Los responsables del I&D de este programa, que lleva años de investigación son los ingenieros del *Nanjing University of Aeronautics and Astronautics*, quienes afirman que el concepto funcional para optimizar la performance de vuelo de los componentes del sistema, fue "inspirado en el comportamiento de las semillas de árbol de roble".[179]

Este nuevo e ingenioso sistema, en el que el *"Drone base"* puede dividirse en 2 a 6 mini UAS mono-rotor, permiten saturar rápidamente el espacio aéreo con numerosos *"mini enjambres".* La característica fundamental es que cada unidad puede operar de manera individual o dentro de las misiones asignadas al *"enjambre"*, tales como reconocimiento, vigilancia y seguimiento de objetivos e incluso de ataque.[180]

El trabajo publicado en *Acta Aeronautica et Astronautica Sinica Journal*, afirma que *"el equipo ha superado el desafío del diseño de una combinación de drones, que prácticamente duplica la eficiencia de vuelo de un multirotor unitario de similares dimensiones y peso".*[181] Explican además, que cuando los drones individuales vuelan reunidos, pueden alcanzar mayor velocidad y distancia que el cuatrirrotor principal.[182]

Si los avances alcanzados en el programa son reales y verificables, este tipo de sistema podría significar un *nuevo concepto en el empleo de drones y enjambres*, por su capacidad para saturar el espacio aéreo generando confusión en los sistemas *"Contra-UAS"* (CUAS) y de Def Ae del enemigo.[183]

---

178 https://www.scmp.com/news/china/science/article/3255809/chinese-scientists-create-swarming-drones-can-rapidly-multiply-mid-air-create-tactical-shock?module=top_story&pgtype=homepage

179 https://interestingengineering.com/innovation/china-maple-seed-inspired-splittable-drone?dicbo=v2-YQ4nv6F

180 https://www.scmp.com/news/china/science/article/3255809/chinese-scientists-create-swarming-drones-can-rapidly-multiply-mid-air-create-tactical-shock?module=top_story&pgtype=homepage

181 Ibid.

182 https://medium.com/the-pub/are-transformer-drones-the-future-b51cfe8efa9f

183 https://interestingengineering.com/innovation/china-maple-seed-inspired-splittable-drone?dicbo=v2-YQ4nv6F

FIGURA 26: DRONES DIVISIBLES (SPLITTABLE), DRONES MODULARES Y DIVISIBLES EN MINI- DRONES QUE PUEDEN OPERAR EN CONJUNTO O EN MISIONES INDIVIDUALES

Fuente: medium.com

Reino Unido de Gran Bretaña (RUGB): *Bloomberg* publicó recientemente que RUGB está trabajando con países aliados, para proporcionar a Ucrania miles de nuevos *drones con IA*.[184] Expertos en el desarrollo de estas tecnologías, creen que empleados en enjambres, permitirían a Ucrania saturar objetivos rusos, mediante ataques masivos con UAS. Aunque estos drones no sustituirán la necesidad de proyectiles de artillería, podrían contribuir a mitigar la escasez de municiones y saturar al enemigo con acciones de ataque desde todas las direcciones.

El Alte Rob Bauer del Comité Militar de la NATO, comentó a *Bloomberg*: *"que el uso de drones por Ucrania en combinación con la IA, podría llegar a ser más efectivo que los fuegos de artillería"*. Y agregó: *"Los países buscan desarrollar enjambres de drones. También buscan incorporar IA para mejorar las prestaciones de drones y cámaras de video baratas, para convertirlas en sistemas más conectados entre sí por software. Es una carrera de nunca acabar contra Rusia, para desarrollar tecnologías cada vez más avanzadas"*.[185]

Este esfuerzo de **RUGB**, se suma a la denominada *"Coalition of drones"* promovida por ***Letonia*** (Latvia) a principios del 2024, a la cual se incorporaron Suecia y Países Bajos. Una Coalición que tiene como objetivo proveer a las FFAA de Ucrania, con un gran número de drones para diversos propósitos. El Programa incluye la asistencia de equipamiento militar por un monto de US$ 250 millones.[186] Es muy factible que en estos programas de asistencia, se esté avanzando también en *"enjambres"* de drones militares con IA.

Por lo que expuesto en los párrafos anteriores, estamos ante una nueva posibilidad de conformar *"Enjambres de LAWS"*. Esto abre el camino para *una nueva categoría de armas*, con capacidad letal y autonomía, pero que pueden emplearse en ataques masivos.

Volvemos entonces a formularnos una pregunta. que desde hace años se realizan los expertos en el área, y también los detractores del empleo de LAWS en los conflictos armados.

¿Podemos considerar el* empleo de Enjambres de Drones *como* Armas de Destrucción Masiva (ADM)*?.

184 https://www.bloomberg.com/news/articles/2024-02-17/us-uk-may-arm-ukraine-with-ai-enabled-drones-to-target-russian-positions

185 https://mil.in.ua

186 https://www.bloomberg.com/news/articles/2024-02-17/us-uk-may-arm-ukraine-with-ai-enabled-drones-to-target-russian-positions

Planteado en esos términos, tal vez puede parecernos algo exagerado. Solemos definir a las ADM, como las grandes y devastadoras Armas QBRN,[187] capaces de causar daños masivos y muerte en forma indiscriminada. Sabemos además, que existen todavía importantes barreras de conocimiento y de recursos, que dificultan aún hoy acceder a los insumos, tecnología e infraestructura, necesarias para poder desarrollar y disponer de un ADM de gran poder para su uso.

Pero considerando a los *"Enjambres de LAWS",* en una escala menor de gravedad por sus efectos destructivos, resulta razonable que esta combinación de "*Drones + IA + Swarming*, genere también preocupación a nivel global. La misma está fundamentada en la relativa facilidad con la que estas armas podrían estar disponibles, no solo para FFAA sino además por elementos irregulares, terrorismo, etc.

En un mundo globalizado, con extraordinaria conectividad y capacidades para el intercambio de información, accesibilidad a los componentes críticos y drones comerciales, el desarrollo de estos revolucionarios ingenios es algo que presenta un riesgo potencial.

Tengamos en cuenta que, como ya mencionamos antes, en el año 2014 estudiantes del MIT desarrollaron en el ámbito académico el *programa PERDIX*, empleando componentes totalmente comerciales. Y en infinidad de países hay jóvenes talentosos y prestigiosas universidades, en capacidad de incursionar en proyectos en el área de *"Swarms"*. Y si la tecnología de *"Enjambres de drones"* resulta accesible para el ámbito universitario, podemos afirmar entonces que el *Riesgo de Proliferación* podría ser algo inevitable.

Hemos visto como en muchos países se estimula, financia y avanza de manera reservada, en el desarrollo de programas de drones de uso militar y su empleo en enjambres. Potencias globales y también otros países, desarrollan el concepto de *"Swarming"*, con proyectos cada vez más innovadores y un mercado potencial que se presenta como muy promisorio. Y si en teoría, los enjambres pueden llegar a tener cientos de drones, operando en misiones de ataque masivo o selectivo, resistiendo las medidas de GE y cinéticas de forma tal que los sistemas Def Ae y C-UAS resulten superados por un ataque de este tipo, entonces ***¿Porque no considerarlas también Armas de Destrucción Masiva?.***

Si los Enjambres son capaces de ejecutar *acciones coordinadas pero con misiones de ataque final selectivas*, son relativamente económicos de fabricar, la mayoría de los componentes son de uso comercial, no se requiere de una capacidad industrial extraordinaria, el Know-How para el desarrollo de programas podría estar disponible en el ámbito académico, pueden ser adquiridas o desarrolladas por organizaciones terroristas, irregulares, etc. ***¿Porque no considerarlas también Armas de Destrucción Masiva?.***

El efecto potencial de los *"Enjambres de drones"*, es otro gran desafío que se agrega a los que tienen los sistemas de Def Ae Terrestre y Naval, para hacer frente a ataques de aeronaves y masivos de misiles, drones FPV / LM. Ni siquiera los más modernos sistemas de Def Ae existentes, tienen la capacidad de hacer frente a todo ello, atacando de manera simultánea. Si a esto le agregamos las mejoras aplicadas en los últimos años a los UAS, en todo lo relacionado con IA, CME y resistencia al *"Jamming"*, entonces la infraestructura de Def Ae disponible en la mayoría de los países se enfrenta a un severo desafío.

En esta condición, ¿Cómo se defendería la población civil de un país, que está siendo objetivo de ataque con enjambres de miles de drones, en acciones combinadas con otros sistemas aéreos de ataque como cohetes o misiles?. ***¿Porque no considerarlas también Armas de Destrucción Masiva?***.

---

187 QBRN: Química- Biológica – Radiológica - Nuclear

Otro aspecto que los expertos destacan y cuestionan, es lo que podría suceder si en la comunicación entre los drones del enjambre ocurre un error. La interrelación entre los individuos realimenta el funcionamiento individual y de conjunto, de forma tal que un error podría propagarse indefinidamente y eventualmente causar un resultado catastrófico. Esos errores emergentes pueden dar lugar a su vez a *"comportamientos emergentes del conjunto"*, al compartir información incorrecta que dé lugar entonces a un error colectivo.[188]

Además, no podemos ignorar la posibilidad que estos ingenios masivos, sean utilizados como eventuales herramientas, incluso rudimentarias, de dispersión de agentes QBRN, con la finalidad de generar terror. Y aunque esto pueda parecer algo más cercano a *"escenarios distópicos"* propios de la ciencia ficción, muchos expertos en la materia hace tiempo las mencionan la *fusión acelerada de "Drones + IA + Enjambres*", como potenciales nuevas amenazas en el ámbito de la Def / Seg.

En resumen, las tecnologías para obtener armas autónomas están hoy disponibles globalmente. Y tal vez los únicos componentes críticos que se requieren, además del conocimiento y *"know-how"* específico, necesarios para transformar una plataforma semiautónoma en un arma totalmente autónoma, que pueda además *"operar en enjambres"*, sea *incorporarle IA y software adecuado*.

Y esto parecería *"estar cada vez más al alcance de la mano"*.

Armas centinela robóticas (Robot Sentry Weapons).

Las armas incluidas dentro de la categoría de ***ROBOT SENTRY WEAPONS*** (*Armas Centinela Roboticass*),[189] consisten básicamente en torretas de armas autónomas que sin intervención humana, pueden detectar, identificar, seguir, adquirir y neutralizar objetivos, mediante algún patrón de reconocimiento específico de blancos, aptos y convenientes para neutralizar. Pueden ser utilizadas como armas estacionarias, pero también instaladas en torretas de vehículos terrestres o plataformas navales.

Las del tipo de *"Combate cercano" (CIWS – Close In Weapon System)* normalmente emplean armas con cartuchos de pequeño calibre (*Por lo general inferiores al 12.7mm / .50 BMG*)[190] y su misión es básicamente anti-personal y contra vehículos ligeramente blindados. El caso tal vez más conocido de CIWS es el destinado a misiones de la Def Ae cercana, en servicio desde hace años y que operan en plataformas navales militares de muchos países.[191] Ya en 2016, se tenía conocimiento que las FFAA que operaban estos sistemas, disponían de cierto grado de capacidad *"Full Autonomy"* es sus CIWS.[192]

En esta parte del trabajo mencionaremos las *"Robots Sentry Weapons"* de uso terrestre y estáticas.

Israel y Corea del Sur, son los principales países que las desarrollan, producen y operan de manera terrestre en zonas y sectores específicos de su territorio, integrándolas como parte de su sistema de alerta y defensivo.

Ambos países avanzaron en el desarrollo de este tipo de sistemas, para satisfacer necesidades de seguridad y vigilancia en zonas de frontera conflictivas con países vecinos. *Israel* las instaló en la frontera con la Franja de Gaza y el Líbano. Por su parte, *Corea del Sur* las tiene operativas en la Zona Desmilitarizada (DMZ) con Corea del Norte (NK).

---

188 https://thebulletin.org/2021/04/meet-the-future-weapon-of-mass-destruction-the-drone-swarm/

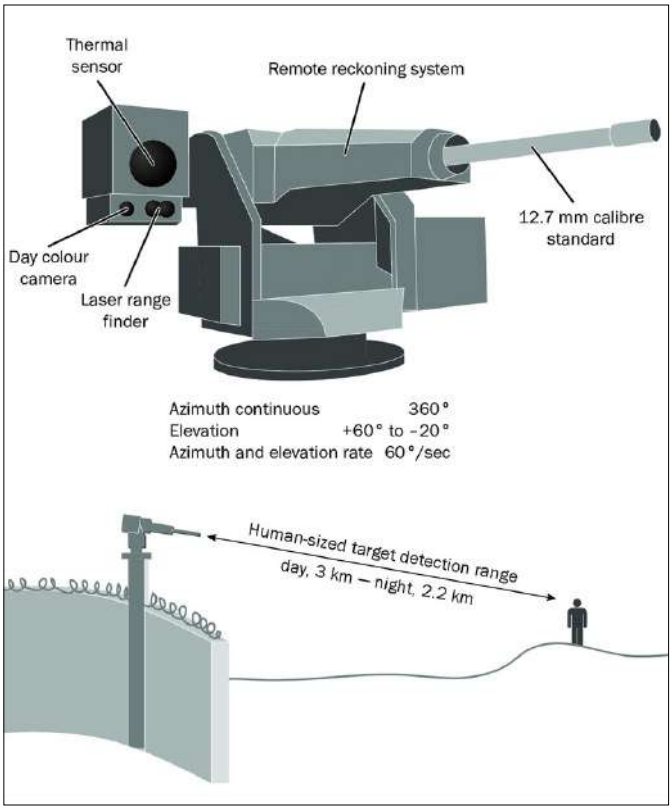
189 Boulanin, V. and Verbruggen, M., Mapping the Development of Autonomy in Weapon Systems (SIPRI: Stockholm, Nov. 2017)

190 .50 BMG. Cartucho calibre .50 Browning Machine Gun.

191 https://youtu.be/MYJ2KKnl6kA

192 https://www.amacad.org/publication/ethics-morality-robotic-warfare-assessing-debate-over-autonomous-weapons

FIGURA 27: ROBOT SENTRY WEAPONS (ARMAS CENTINELA ROBÓTICAS)



Fuente: Researchgate

En un informe de SIPRI (2018) se identificaron 3 modelos en servicio: **DoODAAM Super aEgis II** (Corea Sur);[193] Samsung **SGR-A1** (Corea Sur);[194] **SENTRY Tech** (Israel).

La **Super aEgis II** que fue presentada en 2010, está equipada con una ametralladora calibre 12.7mm, los cartuchos son alimentados por cinta metálica y tiene un alcance de máximo de 4.000m.

En la Zona Desmilitarizada de su frontera con NK, Corea del Sur instaló estos sistemas estacionarios en puestos de vigilancia. Los mismos dispondrían de la capacidad para hacer fuego de manera autónoma, cuando sus sensores infrarrojos (IR) e imagen térmica, detectan la *"firma"* propia de seres vivos. La detección y reconocimiento de los objetivos, se complementa además con radares, imagen satelital de la zona y otro tipo de sensores.

Consultado por la prensa, el Ing Park de la compañía DoODAM expresó: *"La versión original de Super aEgis II era "completamente autónoma". Pero la mayoría de nuestros clientes tienen inquietudes acerca de la seguridad y los riesgos que la autonomía total implican, por lo que prefieren que el sistema sea entregado en su versión con supervisión humana"*.[195] *Y asimismo agregó: "El próximo paso para nosotros es el desarrollo e implementación de un software con IA, que permita al componente de reconocimiento del sistema de control, discernir si el objetivo es amigo - enemigo – civil – militar"*.[196]

Lo expresado indicaría que, en el caso que al cliente le interese incorporar la opción *"Full autonomy"*, la empresa estaría en condiciones de comercializar un producto incluido dentro de la categoría de *"Armas totalmente autónomas"*, que son hoy las severamente cuestionados.

Frente a la crítica a este tipo de LAWS, los desarrollistas y defensores de los productos, afirman que se trata de *sistemas netamente defensivos*, instalados en zonas donde está prohibido el desplazamiento de civiles, por lo que cualquier presencia humana en la zona, *es considerada amenaza*. Por lo tanto, cumplidas las etapas y condiciones necesarias de: ubicación, identificación y confirmación

193 (PDF) Mapping the development of autonomy in weapon systems (researchgate.net)

194 Programa actualmente discontinuado.

195 Killer robots: The soldiers that never sleep (bbc.com)

196 Idem anterior

de la *"amenaza objetivo"*, el sistema estaría autorizado para hacer fuego en forma completamente autónoma.

Por su parte, *los detractores de LAWS*, argumentan que puede darse el caso en zonas de frontera, que quienes intenten cruzar las mismas sean civiles inocentes, que solo tratan de huir por diversas razones (políticas, religiosas, etc), con lo cual existen grandes posibilidades de causar bajas *"no militares"*.

FIGURA 28: DOODAAM SUPER AEGIS II (COREA SUR). TIENE UN ALCANCE DE 4.000M Y UNA PODEROSA AMETRALLADORA CAPAZ DE NEUTRALIZAR VEHÍCULOS LIVIANOS

Fuente: Simon Parkin - bbc.com

Relacionado con ello, en un artículo de BBC News (2015), que hacía mención a la comercialización en Corea del Sur de este tipo de armas autónomas estacionarias, el autor preguntaba: *"De qué manera se enseña a los robots, cuales son las Reglas de Empeñamiento (ROE)*[197] *y cómo aplicarlas en cada caso?"*.[198]

No obstante los cuestionamientos, el *sistema Super aEgis II* tuvo gran aceptación y ha sido vendido a países del Medio Oriente, incluyendo a bases aéreas en Emiratos Árabes Unidos, al Emirato de Abu Dhabi, a Qatar y a otros clientes no especificados. Las instalaciones a defender son principalmente los aeropuertos, infraestructura crítica de servicios, zonas fronterizas conflictivas y bases militares.[199]

En el caso de **ISRAEL**, es conocido el nivel de capacidades desarrolladas por este país en el área de Sistemas Autónomos. En las fronteras con la Franja de Gaza y el Líbano, desde hace años existe un sofisticado esquema de vigilancia y defensivo en estado operacional y mejorado sucesivamente.

El mismo está compuesto por torres de vigilancia a lo largo de la extensa frontera. Estos puestos están armados con Sistemas SENTRY Tech, instalados en módulos SAMSON WRS,[200] equipados con ametralladoras medianas (7.62mm) y pesadas (.50 BMG). Estas torres se encuentran ubicadas a intervalos de cientos de metros y un solo operador puede monitorear simultáneamente varias de ellas.[201]

Lo anterior se complementa con barreras físicas, radares, sensores IR y acústicos, drones. Todo esto interconectado y soportado por una moderna red de comunicaciones, presencia humana y fundamentalmente, fracciones militares de *"empleo rápido"* como reserva.

Cada estación remota está conectada mediante fibra óptica a un centro de C & C, constituyéndose en un *"Centinela – robotico"* que otorga al esquema defensivo, la capacidad de batir blancos hasta

197 ROE: Rules of Engagement.

198 Killer robots: The soldiers that never sleep (bbc.com)

199 Ibid.

200 WRS: Weapons Remote Station.

201 https://www.wired.com/2007/06/for-years-and-y/

1500m dentro de la zona "No – Go".[202] Además, algunas torres del sistema tienen la capacidad de operar Armas Atan como los misiles Spike-LR o el LAHAT, capaces de batir blancos vehiculares a mayores distancias.

El esquema de alerta temprana para hacer frente a amenazas mayores dentro del el espacio aéreo, se complementa con los reconocidos sistemas de Def Ae & Mis IRON DOME y DAVID SLING.

FIGURA 29: SENTRY TECH EN SISTEMA DE VIGILANCIA FRONTERIZO. (ISRAEL). SISTEMA DE TORRES DE VIGILANCIA "SABRAS" CON ARMAS AUTOMÁTICAS OPERADAS REMOTAMENTE

Fuente: wired.com

No obstante lo mencionado, en los ataques del grupo terrorista HAMAS del 07Oct23 sobre poblados e instalaciones militares de Israel, el sofisticado esquema defensivo fue sorprendido y superado por un ataque masivo y muy veloz, en el que Hamas empleó escasos o rudimentarios medios tecnológicos, priorizando los efectos de la sorpresa, la "masa", la rapidez y la violencia extrema en la acción.

Tal vez una lección aprendida de ese ataque, es que sobrevalorar la tecnología propia y dejar la capacidad de reacción solo en las manos de barreras físicas, avanzados sensores y sistemas autónomos, puede llegar a resultar insuficiente. Especialmente cuando se enfrenta a un enemigo, como en este caso terrorista, que con escasa tecnología pero con gran conocimiento del terreno y la infraestructura defensiva existente, implementa tácticas de ataque sobre puntos vulnerables, aislando los componentes del perímetro defensivo, saturando así la capacidad de reacción de los sistemas más sofisticados.

Otra lección aprendida además, es que en todos los casos y situaciones, sigue resultando crítico *"asegurar la presencia del componente humano"*, como una parte central de las acciones propias de la guerra.

Como expresara el Jefe Estado Mayor US Air Force GR David Allvin: *"El Futuro de la guerra será siempre con la presencia del Equipo Hombre-Máquina"*.[203]

Asistencia a la puntería y disparo del combatiente individual

El desarrollo de *"Sistemas de asistencia a la puntería y disparo del combatiente individual"*, es un objetivo deseado por los ejércitos más avanzados del mundo. Fueron muchos los países que desde inicios del Siglo XXI, en el marco de sus respectivos programas *"Soldado del Futuro"*, los han implementado y evaluado, habiendo alcanzando a la fecha resultados parciales y progresivos, en general solo ensayados a escala de prototipos funcionales.

La necesidad de componentes muy sofisticados, aún no disponibles en la industria al inicio de los proyectos citados, debido a las severas exigencias y requerimientos que se imponen a los componentes de uso militar, generaron retrasos en los más ambiciones programas.

---

202 Ibid.

203 https://breakingdefense.com/2024/02/lessons-from-ukraine-and-israel-on-how-america-should-approach-new-tech/

Lograr optimizar el proceso que debe realizar el Combatiente Individual, de *"identificación – adquisición – neutralización"* de un blanco, siendo asistido por sistemas óptoelectrónicos incorporados a su armamento de dotación, fue normalmente el primer objetivo de estos desarrollos.

Mayores capacidades a incorporar en el fusil o la ametralladora, tienen como contrapartida, *incrementos sensibles en el peso* del sistema. Esto impacta asimismo en la carga total de equipamiento individual del soldado, a lo que se suma una creciente *demanda de energía disponible* (*En forma de baterías*). Por otra parte, se trata por lo general de voluminosos equipos, que suelen *comprometer la ergonomía* del sistema, su transporte, afectando además la movilidad del soldado a pie. En muchos casos, por tratarse de equipamiento de gran costo y que requiere un cierto grado de especialización, su uso se ha limitado a determinados elementos de FFEE y para misiones específicas.

En síntesis, es aceptado que aún no se ha llegado en éste área, a un *"Estado del arte"* suficientemente evolucionado como para que sea posible ni conveniente su provisión a elementos orgánicos de las fuerzas.

De todas maneras, existen algunos sistemas con un grado aceptable de desarrollo y que ya están siendo evaluados en escenarios de combate en los conflictos en curso.

A continuación mencionamos algunos de ellos.

Assault rifle combat aplication system (ARCAS)

El desarrollo lo lleva adelante la empresa Israelí ***ELBIT Systems***.

ELBIT lo presenta como *"un único sistema de plataforma computarizada para armas de asalto, diseñado para el soldado individual del futuro.* ***ARCAS****, provee una amplia gama de capacidades avanzadas para mejorar le letalidad, la supervivencia y optimizar la conciencia situacional del individuo, al mantener la conexión con diferentes aplicaciones, redes de reconocimiento y sistemas de gestión de combate".*[204]

Con un diseño flexible y la posibilidad de adoptar diferentes configuraciones, *ARCAS* transforma un fusil de asalto convencional en un *"arma inteligente"*, ofreciendo diferentes opciones de configuración que permiten utilizar dispositivos de mira con visión térmica o electro-óptica.

Esto otorga al soldado extraordinarias capacidades tales como la búsqueda y localización de francotiradores enemigos, gracias a sus sistemas asistidos por software de IA, que permiten detectar movimientos hasta 600m, o identificar objetivos discriminando *"amigo – enemigo"* hasta unos 100m.[205]

FIGURA 30: ASSAULT RIFLE COMBAT APLICATION SYSTEM (ARCAS) – ISRAEL

Fuente: Elbit System

204 https://elbitsystems.com/product/arcas/

205 Ibid.

ARCAS está diseñado para *transmitir datos* a través del sistema optoelectrónico de puntería del arma. Las imágenes del sistema óptico se envían directamente al ocular de operador y se muestran en una interfaz de usuario avanzada con tecnologías de visualización digital, lo que brinda al soldado nuevas opciones de puntería y disparo. Puede realizar la puntería tradicional desde el hombro o bien apuntar desde monocular en el casco, con el arma desde la cadera. Eso le permite además, ejecutar el tiro desde posiciones fuera de la línea de mira, en ángulo o en esquinas.

FIGURA 31: ARCAS – MODOS DE PUNTERIA Y DISPARO
(IZQ: PUNTERÍA TRADICIONAL DESDE HOMBRO. DER: ARMA EN LA CADERA Y PUNTERÍA MEDIANTE MONOCULAR)

Fuente: Elbit System

Ofrece asimismo capacidades operacionales que no existen en otras armas individuales de asalto, tales como: Reconocimiento automático de blancos – Detección de movimientos en el sector – Navegación inteligente – Estimación de distancias – Corrección balística.[206]

El sistema incorpora sensores avanzados, software de IA y capacidades de Realidad Aumentada (AR). Además, por su arquitectura abierta, modular y flexible, se pueden desarrollar otras aplicaciones y la integración con nuevas soluciones, que vayan surgiendo a requerimiento del usuario / cliente. La vocera de *ELBIT Systems*, *Anna Ahronheim-Cohen*, expresó que el sistema ya ha sido testeado por los soldados de infantería de las FDI en escenarios de combate reales.[207]

Smash (SMARTSHOOTER)

Otros sistemas de interés, son los desarrollados por la empresa israelí ***SMARTSHOOTER***, que abarca no solamente productos para la asistencia a la puntería del soldado individual, sino además módulos que se acoplan al armamento portátil del soldado y permiten neutralizar pequeños UAS de vuelo a baja altura.[208]

La VISION de la compañía *SMARTSHOOTER* es: *"Revolucionar el mundo de las armas livianas y los sistemas ópticos, para permitir que cada tirador pueda batir sus blancos, formando parte de una inteligente, precisa e interconectada unidad"*.[209] Según la publicación *FORBES*, *"desde 2011 está compañía ha estado trabajando en el desarrollo de innovadores sistemas de control del disparo, que incrementan significativamente la precisión y letalidad de las armas livianas"*.

206 Ibid.

207 https://elbitsystems.com/product/arcas/

208 https://www.smart-shooter.com/

209 https://www.smart-shooter.com/about-smart-shooter/

SMARTSHOOTER desarrolla productos que incorporan lo más avanzado del *"Estado del Arte"* en lo relacionado con Sistemas de Control de Puntería y Disparo de armas portátiles. Los mismos son modulares y adaptables a diferentes fusiles y ametralladoras, incrementando la precisión y letalidad de las armas, para neutralizar blancos fijos y móviles, tanto en tierra como en el aire, de día y de noche.

La principal línea de productos se denomina ***SMASH***, y la empresa los promociona como sistemas con precisión *"One Shot – One Hit"*[210]. Estos incorporan IA, Visión Computarizada y tecnologías de Machine Learning (ML). Diferentes armas portátiles equipadas con SMASH han sido probadas en combate.[211]

FIGURA 32: SMART SHOOTER – SMASH 2000

Fuente: Smartshooter

El sistema permite además, interconectarse con otras armas y recursos operacionales cercanos, para conformar una *"mini red táctica"*, que mejora la conciencia situacional en tiempo real del soldado y de la pequeña fracción empeñada en combate.

FIGURA 33: EL SISTEMA SMASH PROVEE CONECTIVIDAD EN EL NIVEL TÁCTICO

Fuente: Smartshooter

El sistema *SMASH* también puede ser configurado para su empleo contra UAS (C-UAS). El sitio especializado JANE's, informó el 11jul24 que el Ejército Británico adquirió estos equipos para su empleo en la neutralización de pequeños UAS, como parte de las capacidades del combatiente individual.[212]

---

210 "One Shot – One Hit": Expresión que se refiere a "Por cada disparo, un blanco batido".

211 https://www.smart-shooter.com/about-smart-shooter/

212 https://www.janes.com/osint-insights/defence-news/air/uk-procures-smash-c-uas-fire-control-system

En el sitio web de la empresa *SMARTSHOOTER*, menciona que el sistema puede incorporarse también a ametralladoras livianas *operadas remotamente*.

Relacionado con lo anterior y según lo expresado en el artículo del *MIT Technology Review*[213], sistemas de estas características podrían haber sido utilizados el 27Nov20, para atacar al científico nuclear Iraní *Mohsen Fakhrizadeh*, considerado "padre del Programa Nuclear" de ese país. Irán acusó al gobierno de Israel por la ejecución de esta operación.

De acuerdo a un informe del New York Times,[214] el arma utilizada habría sido una ametralladora FN MAG 7.62mm modificada y montada sobre un dispositivo robótico dentro de un vehículo. El sistema habría sido controlado de manera satelital y asistido por tecnologías de IA para la puntería y el disparo, aplicando las correcciones necesarias para compensar errores propios del control a distancia (satélite), del retroceso del arma y del movimiento propio del objetivo. El dispositivo con el arma, se encontraba oculto en el compartimiento de carga de un vehículo tipo "Van", estacionado al costado del camino por el que pasaría el objetivo.[215] Todo el seguimiento previo del blanco y de la acción, habría sido monitoreado en tiempo real por una red de sensores aéreos.

Este suceso es considerado como *el primer empleo de este tipo de armas de alta tecnología*, incluyendo un arma automática convencional capaz de disparar proyectiles de fusil en alta cadencia (*más de 600dpm*), un módulo computarizado de puntería y disparo, múltiples sensores y cámaras, todo ello *"asistido por IA y operado vía satélite"* desde una posición remota a mas de 1.000 km de distancia.

El reporte dado por la *Guardia Revolucionaria de Irán*, confirmaba que: *"el ataque fue realizado por una ametralladora controlada remotamente y conectada mediante enlace satelital, empleando Inteligencia Artificial para asistir la operación"*.[216]

De esta manera, *Armas Portátiles Robóticas* se incorporan al arsenal de UGCS[217] de empleo militar y en las operaciones especiales. Se diferencias con los UAS, que estos "Robot- ametralladora" pueden mimetizarse más en el terreno y su localización previa resulta muy dificultosa. Estas cualidades y capacidades, podrían *cambiar el escenario futuro de las operaciones especiales* relacionadas con la seguridad y el espionaje.[218]

FIGURA 34: UN SOLDADO DEL EJÉRCITO BRITÁNICO DE LA 16A BRIGADA DE ASALTO MUESTRA UN SISTEMA SMASH C-UAS MONTADO SOBRE UN FUSIL DE ASALTO L85 A3

Fuente: Janes

Para finalizar este apartado, nos pareció de interés mencionar también, el desarrollo de los llamados *"Robot Dogs"* que entran en la categoría de los *Q-UGV (Quadruped- Unmanned Ground Vehicle).* Aún en etapa de evalua-

213 https://www.technologyreview.com/2023/08/16/1077386/war-machines/

214 https://www.nytimes.com/2021/09/18/world/middleeast/iran-nuclear-fakhrizadeh-assassination-israel.html

215 https://www.timesofisrael.com/mossad-killed-irans-top-nuke-scientist-with-remote-operated-machine-gun-nyt/

216 https://www.nytimes.com/2021/09/18/world/middleeast/iran-nuclear-fakhrizadeh-assassination-israel.html

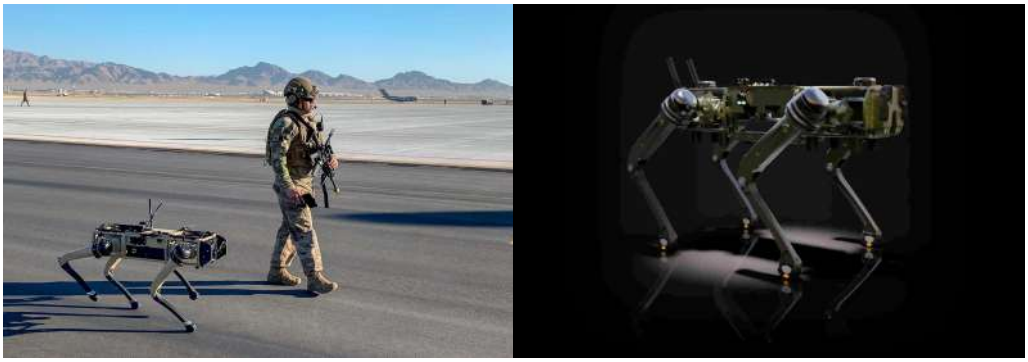
217 UGCS (Unmanned Ground Combat System)

218 https://www.nytimes.com/2021/09/18/world/middleeast/iran-nuclear-fakhrizadeh-assassination-israel.html

ción, el *US Marine Forces Special Operations Command (MARSOC)* lleva adelante este proyecto, de una nueva generación de sistemas autónomos terrestres.

Varias empresas intervienen en el programa, destacándose ***Ghost Robotics***[219] que desarrolla la plataforma Q-UGV, mientras que Onyx Industries es responsable del módulo RWS (*Remote Weapons Station*) que portará el arma correspondiente.[220]

FIGURA 35: GHOST ROBOTICS' Q-UGV DURANTE UN ENSAYO REALIZADO EN NELLIS AIR FORCE BASE. (USAF)



Fuente: twz.com

Estos sistemas altamente modulares, además de operar los componentes necesarios para ejecutar misiones de vigilancia, alerta y reconocimiento, pueden ser equipados con armas portátiles de gran precisión, como fusiles especiales, ametralladoras y eventualmente lanzagranadas de 40mm.

El componente del sistema de armas, se basa en un desarrollo de **Onyx**, el **SENTRY Remote Weapon Station (RWS)**, que dispone de un sistema digitalizado de visión e imágenes, asistido por IA, que permite su operación de manera remota desde grandes distancias.

Tanto MARSOC como las compañías que intervienen, han aclarado que se mantiene el control *"Human – in the – Loop"*, para las decisiones de fuego, tal como lo establecen las Directivas vigentes del US DoD.[221]

Estos prototipos de *"Robot dogs"*, en su versión *"sin armas"*, están siendo ensayados también para su empleo en tareas de vigilancia, en algunas bases aéreas de la USAF.[222]

A modo de resumen de sistemas de armas autónomas letales (LAWS)

Como hemos visto, el empleo de LAWS muestra una tendencia creciente y nos permite afirmar, que estos sistemas autónomos estarán cada vez más presentes en futuros conflictos.

Los *Sistemas Autónomos Aéreos de Combate* (UCAS / LM / FPV) se han consolidado de una manera tal, que en el conflicto Ucrania / Rusia, se cita la producción de miles de unidades mensuales de todo tipo en ambos países, para asistir las crecientes necesidades del frente de batalla.

Y *prevalecen los del tipo FPV de bajo costo*, lanzados en ataques masivos para saturar los sistemas defensivos, hostigar fuerzas en desplazamiento y atacar objetivos de infraestructura crítica. Y todas

---

219 https://www.ghostrobotics.io/

220 https://www.twz.com/sea/rifle-armed-robot-dogs-now-being-tested-by-marine-special-operators

221 https://arstechnica.com/gadgets/2024/05/robot-dogs-armed-with-ai-targeting-rifles-undergo-us-marines-special-ops-evaluation/?utm_source=join1440&utm_medium=email&utm_placement=newsletter

222 https://www.twz.com/sea/rifle-armed-robot-dogs-now-being-tested-by-marine-special-operators

esas acciones son registradas en video, sirviendo para ambas partes, como herramienta de propaganda, que contribuye a incrementar la *"niebla de la guerra"* y la desinformación, que dominan los conflictos armados.

La producción de drones aéreos alcanza cantidades exorbitantes y *moviliza las capacidades industriales duales* de los países involucrados y también de otros como EUA, Turquía, Irán, China. La misma Ucrania ha afirmado, que las experiencias y capacidades adquiridas en el área de drones durante la presente guerra, les permitirán convertirse en el futuro, en un país en condiciones de competir en el mercado de estos disruptivos sistemas.[223]

Autoridades militares y políticas de las Áreas de Defensa de los países, siguen con atención las lecciones aprendidas en guerras pasadas y actuales. Y reconocen además, la gran contribución que los modestos y hasta hace poco tiempo menospreciados UAS, están haciendo al desarrollo de las operaciones en los conflictos de estas dos últimas décadas, en que los mismos están participando cada vez más activamente.

Los *Sistemas Autónomos Marinos de Combate* (USCV), si bien no los hemos tratado en este trabajo, están desempeñando un papel fundamental en las operaciones navales que se llevan adelante en el Mar Negro. La Armada de Ucrania, en inferioridad de capacidades militares frente a las de Rusia, ha logrado dañar e inutilizar gran cantidad de buques enemigos, que establecían el bloqueo naval de los puertos de Ucrania.

El éxito obtenido con estos USCV y *"lanchas rápidas"* autónomas cargadas con explosivos, han motivado que muchas fuerzas navales de otros países, presten especial atención acerca de la severa amenaza que los USCV representan, aún para las modernas y sofisticadas plataformas navales de superficie.

En el caso de los *Sistemas Autónomos Terrestres de Combate* (UGCS),[224] en desarrollo en varios países hace años, artículos periodísticos mencionan que en la guerra Ucrania / Rusia ya se habría producido la *"Primera batalla terrestre"*, en que se emplearon UGCS entre ambas partes.[225] No obstante ello, a la fecha es difícil todavía determinar la veracidad de la información que circula en los medios, de fuentes por lo general poco confiables y que tratan de magnificar los logros propios alcanzados en cada caso.

Por otra parte y dadas sus características, los *drones terrestres* (UGS)[226] son fácilmente detectables debido a su desplazamiento más limitado en superficie y baja velocidad, lo que los convierte en objetivos más simples de neutralizar aún para las armas livianas. Asimismo, por mas rudimentario que sea el tipo de UGS empleado, su producción resulta más compleja y costosa que los sistemas aéreos, por lo que la relación costo / efecto respecto de los UCAS, resulta netamente desfavorable.

En resumen, la *fusión de los Robots con la IA*, que posibilite a los sistemas en forma individual o en equipo, realizar misiones de ataque o gestionar *el ciclo de neutralización de amenazas sin la intervención humana*, constituye una capacidad que muchas FFAA ambicionan, por las ventajas que aportan. Esto indudablemente otorga "*BENEFICIOS*" que permiten incrementar las capacidades de las FFAA de un país.

Sin embargo, también es un motivo de gran preocupación y debate a nivel global, sobre los "*RIESGOS Y AMENAZAS*" a la seguridad, que un uso indebido y sin control de los mismos acarrean.

---

223 https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/?p=12381

224 Unmanned Ground Combat System.

225 https://www.elconfidencial.com/tecnologia/novaceno/2024-04-03/guerra-ucrania-rusia-robots-drones-tecnologia-militar_3859759/

226 Unmanned Ground System.

Beneficios y riesgos asociados al empleo de inteligencia artificial en sistemas de armas autónomas letales

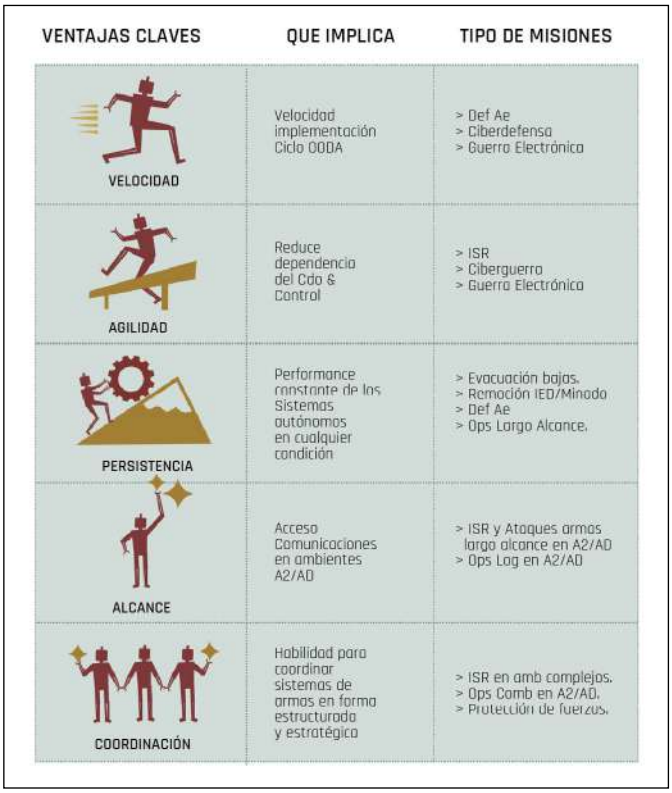
Beneficios: que otorgan los sistemas de armas autónomas letales (LAWS)

Ya vimos algunos de los programas que se encuentran en desarrollo. Quedan claramente expuestos los beneficios concretos que para la Def & Seg, se obtienen con la incorporación de IA en los sistemas militares, por su efecto multiplicador de fuerzas y el incremento de las capacidades en las organizaciones.

Una forma de exponer los beneficios de la IA y las posibles aplicaciones en el ámbito militar, lo podemos ver sintetizado en el siguiente cuadro del trabajo de V. Boulain; et al. *"Artificial Intelligence, Strategic Stability and Nuclear Risk"*.[227]

Asimismo y en relación con los beneficios del empleo de ***IA en LAWS***, nos pareció muy clara la definición y desarrollo del tema por *Christian Ruhl*, en su trabajo *"Autonomous Weapons Systems & Military AI"*.[228]

FIGURA 36: ALGUNAS VENTAJAS DE LA IA EN EL ÁMBITO DE OPERACIONES MILITARES



Fuente: Adaptación del trabajo. V. Boulain; L. Saalman; T. Topychkanov; F. Su; M. Carlsson. "Artificial Intelligence, Strategic Stability and Nuclear Risk". (SIPRI: Stockholm, jun 2020) p.36

El autor se pregunta: **¿Cuáles son los beneficios que los países y las fuerzas militares encuentran en las Armas Autónomas?**[229]

a. **Velocidad, sorpresa y supervivencia**: Ejemplo: un aeronave autónoma podría resultar más hábil para identificar y evitar amenazas de defensa aérea. Y más eficiente para neutralizar a los adversarios en un combate aéreo A-A, lo cual lo hace más eficaz para completar su misión.
b. **Incrementar la precisión y disminuir el daño colateral**: Con mayor poder de procesamiento, mejor acceso a la información y más velocidad que los humanos, las armas autónomas podrían calcular y realizar acciones con más precisión y rapidez, minimizando así los daños colaterales.
c. **Mayor facilidad de las máquinas de ajustarse a las**

227 V. Boulain; L. Saalman; T. Topychkanov; F. Su; M. Carlsson. "Artificial Intelligence, Strategic Stability and Nuclear Risk". (SIPRI: Stockholm, jun 2020) p.36.

228 https://www.founderspledge.com/research/autonomous-weapon-systems-and-military-artificial-intelligence-ai

229 Ibid.

reglas y leyes: Los futuros sistemas de armas autónomas (AWS)[230] podrían programarse para obedecer las leyes de la guerra y reglas de empeñamiento (ROE),[231] con mayor precisión que los humanos. Los AWS no poseen deficiencias emocionales típicas de los humanos que puedan conducirlos a situaciones de violencia y masacres.

d. **Disminución del daño a civiles**: Los futuros AWS pueden superar a los humanos, cuando se necesita distinguir a los combatientes de los civiles, reduciendo bajas de estos últimos en la guerra.
e. **Sacar a los humanos del campo de batalla**: Las futuras guerras libradas con máquinas no tripuladas, salvarían muchas vidas humanas. Por ejemplo, los robots desactivadores de minas o IED,[232] ya están hoy salvando vidas al delegar los trabajos más peligrosos a agentes "no humanos".

Lo mencionado es sólo un resumen de algunos de los beneficios que la IA podría aportar, cuando es incorporada en LAWS. Por lo que hemos expresado, resulta evidente que ninguno de los países desarrollados o aquellos que mantienen conflictos latentes en su región, quieren quedar rezagados en esta "carrera" frente a sus eventuales oponentes.

Países con capacidades avanzadas de I&D en robótica y sistemas autónomos, como EEUU, Rusia, China, Israel y Turquía entre otros, están desde hace años invirtiendo fuertemente en aplicaciones de IA.

En el caso de EEUU, existen documentos donde se informa el Planeamiento Estratégico del DoD en el área de UAS + IA, como el *"US DoD Unmanned Systems Roadmap 2005-2030"*,[233] que da marco y sustenta los esfuerzos para disponer de *"Más Autonomía"*. Y eso obviamente incluye *"Mas IA"*.

Como afirma Christian Ruhl[234], para cuantificar esta decisión estratégica de largo plazo, de acuerdo lo informado por el *"Center for Security and Emerging Technology"*, el presupuesto de defensa de EEUU en el 2021, incluyó US$ 1700 millones en *Inversiones en Autonomía*, destinados a incrementar la velocidad de maniobra y la Letalidad de las Organizaciones en combates de alta intensidad, así como el desarrollo de "*Human- Machine Teaming*" para complementar otras aplicaciones de IA en sistemas militares.[235]

Si bien al año 2022, EEUU no disponía de LAWS en sus inventarios, lo cierto es que estaba invirtiendo hace años en sistemas letales asistidos por IA, los que *de resultar necesario, desplegaría en escenarios de guerra* en el caso que sus oponentes también los utilizaran.[236]

El crecimiento exponencial de esta *Tendencia global de "Más Autonomía"*, que en los últimos años se ha difundido con los UCAS y LM / FPV, nos permiten recordar que hasta el más modesto y desarmado UAS, sobrevolando encima del enemigo en misiones ISR de variado alcance, resultan herramientas extraordinarias a disposición de comandos de todo nivel, que les permiten tener *"ojos en el cielo"* y además, que resultan orgánicos y a disposición inmediata del propio elemento.

---

230 Autonomous Weapon System.

231 Rules of Engagement (ROE).

232 IED. Improvised Explosive Device.

233 https://irp.fas.org/program/collect/uav_roadmap2005.pdf

234 https://www.founderspledge.com/research/autonomous-weapon-systems-and-military-artificial-intelligence-ai

235 CSET, "U.S. Military Investments in Autonomy and AI: A Strategic Assessment," Center for Security and Emerging Technology, https://cset.georgetown.edu/publication/u-s-military-investments-in-autonomy-and-ai-a-strategic-assessment/.

236 Congressional Research Service, "Defense Primer: U.S. Policy on Lethal Autonomous Weapon Systems," Federation of the American Scientists", https://sgp.fas.org/crs/natsec/IF11150.pdf.

Las guerras de *Nagorno Karabaj*[237] y *Ucrania – Rusia* nos están mostrando ello a diario. Muchos países están atentos a la evolución de esta guerra iniciada hace 3 años, cuando Rusia invade Ucrania. En este conflicto, los drones, los misiles, la artillería, la guerra electrónica, la Def Ae, los blindados y el combate cercano, están siendo ensayados con nuevas tecnologías emergentes que, en algunos casos, *incorporan los recursos y las capacidades que aporta la IA* a los diferentes sistemas militares.

En esta nueva era de experimentación militar, la aceleración de este proceso de *"Mas Autonomía"*, está marcando *"el cambio más significativo en el carácter de la guerra jamás registrado en la historia"*, según expresó el US Army Grl (R) Mark Milley[238] a periodistas en Washington en 2023.[239]

La mayoría de los países que han ido incorporando progresivamente UAS, en la etapa inicial lo han hecho para adquirir capacidades ISR en el nivel operacional y táctico. Lecciones aprendidas de los últimos conflictos, validaron la utilidad de los UAS, convertidos en una necesidad de 1er orden en escenarios como Irak, Afganistán, Siria, Libia, Nagorno Karabaj, Rusia-Ucrania y actualmente en Gaza (*Israel – Hamas*). Esto permite vislumbrar un promisorio mercado, con crecimiento exponencial de la demanda de *"Más Autonomía"* en todo tipo de plataformas y por ende, seguramente también de LAWS.

Pero ese *"fantástico"* pronóstico de crecimiento y empleo masivo en el ámbito militar, trae aparejado también una ***gran cantidad de Riesgos Asociados***, que mencionaremos a continuación.

Riesgos asociados: al empleo de sistemas de armas autónomas letales (LAWS)

Todos los beneficios que aporta la IA en términos de performance y autonomía, tienen como contraparte *"Riesgos Asociados"* de diferente tipo y características. Estos riesgos abarcan innumerables áreas de interés, desde las armas letales *"convencionales"* y de empleo directo en elementos tácticos, como también de drones aéreos, terrestres y navales, *Loitering Munition* (LM) y Misiles, que ya hemos mencionado.

No podemos dejar de destacar además, que existe el riesgo asociado al desarrollo y empleo de IA, para su utilización en sistemas de *Armas de Destrucción Masiva - ADM (QBRN)*.

Ello incluye la posibilidad de diseñar y generar Armas Químicas o Biológicas utilizando IA, pero también en el ámbito Nuclear, la posibilidad de incorporar IA en los sistemas de C & C de los Misiles Balísticos Intercontinentales (ICBM) equipados con ojvas nucleares. Expertos en la materia coinciden que tal vez sea este, uno de los *mayores riesgos asociados con la inclusión de IA en Sistemas de ADM*.

En relación con ello, la publicación *"Bulletin of the Atomic Scientists" (BAS),* lleva el control y cálculo de la evolución del denominado *"Doomsday Clock"*.[240] El mismo sirve como sistema de seguimiento y alerta frente al posible uso de ADM, así como un recordatorio de la responsabilidad compartida por los países con armas nucleares, sobre la necesidad de control de las ADM, que permitan a la humanidad, alejarse del *"Precipicio de la aniquilación total"*.[241]

BAS expresa en su publicación del 2024, que el conflicto en Ucrania, la guerra en Gaza y el *crecimiento de la IA como una fuerza disruptiva*, hacen que el *"Doomsday clock"* se encuentre en el punto más cercano a la posibilidad de una catástrofe global, en sus 75 años de existencia. De seguir esa tendencia, la evolución de la situación nos acercará cada vez más, al punto final del reloj y la posibilidad del fin de la humanidad.[242]

---

237 Conflicto entre Armenia y Azerbaijan (2020) por un territorio en la frontera entre ambos países, en disputa desde la disolución de la Ex URSS,.

238 Ex Jefe del Estado Mayor Conjunto de las FFAA de EUA.

239 https://time.com/6691662/ai-ukraine-war-palantir/

240 Reloj del juicio final

241 https://time.com/6565572/doomsday-clock-ukraine-gaza-war-ai/

242 Ibid.

FIGURA 37: RIESGOS ASOCIADOS - "ESQUEMA DE CAPAS DE CEBOLLA DE LA AUTONOMÍA".

Fuente: SIPRI, *AI, Strategic Stability, and Nuclear Risk*

El desarrollo en profundidad del tema de las ADM excede el objetivo y alcance del presente trabajo. No obstante ello, mencionamos brevemente este tema, solo a los fines de colaborar en la generación de conciencia, acerca de los riesgos que involucran estas tecnologías, particularmente cuando se vislumbra la posibilidad de incorporación de *IA en el ámbito de las Armas de Destrucción Masiva*. (ADM).

Vamos a referirnos particularmente entonces a los RIESGOS ASOCIADOS a la incorporación de IA en LAWS, que incluyen entre otros:

- > *Riesgo de Proliferación Global* de LAWS.
- > R*iesgo de Autonomía Total y Fuerza Letal*: el Operador Humano *"Fuera del Ciclo de Decisión"*.

Riesgo de proliferación global de LAWS

Un gran riesgo que se presenta y tiene alcance global, es el de *Proliferación de LAWS que emplean IA*.

La posibilidad de integrar IA en LAWS y su empleo en escenarios de conflicto, no estará solo limitada a los países, sino que podrían desarrollarse o adquirirse por *actores no estatales, fuerzas irregulares y hasta el terrorismo internacional*. Esto que podía parecer un escenario de ficción o imposible hace unos años, dejó de ser hoy *"una remota posibilidad"*. Es algo que con certeza puede presentarse en un futuro cercano.

Crear enjambres de UAS puede resultar relativamente económico, sin un gran esfuerzo de obtención. Esto puede alentar a grupos terroristas, a planificar y ejecutar ataques QBRN que, cumplen con la función de generar inseguridad y terror en la población. Podemos afirmar que este tipo de amenazas, aún en condición *"potencial"* ya existe hoy y es factible que puedan pueden ser utilizadas en ataques masivos.

Un caso concreto que vemos actualmente relacionado con los Riesgos de la Proliferación de LAWS, es el de organizaciones terroristas como las milicias Hutíes (*Yemen*), que emplean misiles balísticos (SRBM), misiles de crucero (CM) y UCAS,[243] para atacar buques de carga y de guerra en el Mar Rojo. Esto ha generado una crisis global que está afectando el tráfico marítimo y para mitigar sus efectos, debió enviarse una *Fuerza de Tareas Multinacional,* a fin de controlar la zona y neutralizar la amenaza terrorista.

Vemos además que, pese a existir acuerdos entre naciones, como es el *Régimen de Control de Tecnologías Misilisticas (MTCR)*,[244] que establece mecanismos reguladores del desarrollo y comercialización de misiles y sus componentes principales, elementos no estatales puedan acceder a ellos y realizar ataques empleando armas sofisticadas como misiles de corto alcance, que no todos los ejércitos disponen.

243 Unmanned Combat Aerial System

244 Missile Technology Control Regime

Otro tipo de escenario posible y que se cita con frecuencia, es la *Conformación de Swarms* (Enjambres) de una gran variedad de los denominados *"Killer Robots"*. Los mismos pueden cumplir su misión letal en forma individual o en equipo, para el asesinato selectivo predeterminado de seres humanos, ya sea de fuerzas militares o blancos civiles. Y realizar todo ello en base a la información incorporada en las etapas previas de preparación de la misión, o bien adquirida de manera autónoma por cada unidad, sobre la base de patrones específicos predeterminados. Estos patrones pueden ser: reconocimiento facial o antropométrico, tipos de vestimenta, elementos que porta el individuo, características raciales o religiosas, tipos de vehículos en que se transporta, etc.

Vemos entonces que las posibilidades en el corto plazo, de fusión de LAWS + IA son grandes. Asimismo, grandes son también los riesgos, que conlleva el empleo *"descontrolado y discrecional"* de estas tecnologías, con el agravante de casos de *Proliferación Global fuera de control*.

Por esa razón, existe cierto consenso al menos en una gran cantidad de países y organizaciones de todo el mundo, acerca de la necesidad urgente de que se establezcan acuerdos específicos para los programas de I&D y aplicaciones de IA.

Existen maneras de regular el empleo de IA en sistemas militares. Una forma adecuada es establecer *Normas y Regulaciones* específicas, tanto para la I&D como el despliegue y empleo operacional de LAWS.

EUA, Rusia y China son las principales potencias que desde hace años llevan adelante programas de desarrollo de LAWS y obviamente todos ellos tienen carácter *"Reservado"*.

En el caso de China o Rusia, se conoce poco acerca de: las políticas de estos países sobre: las Tecnologías de IA; la existencia de un *marco regulatorio* del I&D específico; cuales son los *controles que sobre los programas* se realizan; cuales son *las directivas que regulan* su despliegue operacional y empleo, etc.

Algo similar ocurre con otros países, que avanzan con desarrollos propios de IA en el ámbito militar y de los cuales también se conoce muy poco. En general la postura de los mismos *no siempre es favorable al establecimiento de Acuerdos entre Estados*, para que la I&D y los avances en IA sean regulados, revisados o compartida la información tecnológica disponible, sobre los respectivos programas que se llevan adelante.

En cambio, EEUU y Países Europeos de NATO y aliados (*Alemania, RUGB, Canadá, etc*), si han conformado equipos de trabajo para realizar estudios específicos, destinados a establecer directivas claras sobre I&D, despliegue y uso de IA, siendo de difusión pública las conclusiones y acuerdos que se van alcanzando.

Un documento de interés es el trabajo de ***"US National Security Commision on Artificial Intelligence (NSCAI) – Final Report (2021)"***.[245] En el mismo, este organismo del gobierno hace recomendaciones al Presidente y al Congreso Nacional, para que *"se avance en el desarrollo de IA, Machine Learning (ML) y las demás tecnologías asociadas, que permitan abordar de manera integral las necesidades de seguridad y defensa nacional"*.

Este informe presenta la estrategia propuesta por la NSCAI, para que *"el país (EUA) mantenga el liderazgo en el área de IA y su empleo militar"*. Pero establece además, pautas concretas relacionadas con los mecanismos de control y el marco regulatorio que deben respetar estos programas.

Los 16 capítulos del informe, proporcionan asimismo recomendaciones y conclusiones de interés para el más alto nivel de conducción del estado. Algunos aspectos destacados a mencionar del informe se pueden ver en el documento citado.[246]

---

245 Final Report- US National Security Commision on Artificial Intelligence. (2021). https://reports.nscai.gov/final-report/

246 Ibid.

El **15Feb23** se realizó en La Haya (*Países Bajos*) el evento *"Responsable AI in the Military Domain Summit"* (REAIM 2023) con la participación de 60 países. El mismo finalizó con la firma del documento *"Political Declaration on Responsable Military Use of AI and Autonomy"*.[247]

Esta Declaración provee un marco normativo relacionado con el uso de IA y capacidades asociadas en el ámbito militar. El documento tuvo como objetivo generar consenso internacional, alrededor de un *uso responsable de IA* y una guía para los países, en relación con el *desarrollo, despliegue y uso de IA en el ámbito militar*. Provee además las bases para el intercambio de experiencias e ideas entre los países, en relación con "buenas prácticas" y también en temas de I&D que permitan a todos ellos incorporar capacidades.[248]

EEUU, tal como lo hizo en 2021, reafirmó su interés de *Liderar el esfuerzo global* para construir normas robustas, que promuevan medidas para *"una IA responsable"* en las fuerzas militares del mundo.[249]

El **25Ene23** el DoD EEUU publicó la Directiva *"DoD Directive 3000.09 – AUTONOMY IN WEAPON SYSTEMS"*[250] que modifica y actualiza el documento rector vigente. En el mismo se intensifica y reafirma el compromiso en el desarrollo y uso de *"Armas Autónomas"*.

El aspecto tal vez más destacado es que *se menciona por primera vez*, el concepto de *"AI-enabled Autonomous Weapons"* o *"Artificial Intelligence Autonomous Weapons"*.[251]

Posiblemente las lecciones aprendidas por EEUU / NATO de las guerras de Ucrania / Rusia y de Armenia /Azerbaijan (Nagorno Karabaj), sean las que el **23Oct22**, dieron origen y sustento al documento *"NATO – Autonomy Implementation Plan"*.[252] El mismo tiene por objeto, preservar la *"ventaja tecnológica"* que dispone la NATO, en el área de Sistemas Autónomos e IA.

El **30Oct23** el Presidente de EEUU Joe Biden publicó el documento *"Orden Ejecutiva para una Inteligencia Artificial segura y confiable"*.[253] Este documento marcó un paso adelante, en una era de IA cada vez más poderosa y difundida. Compromete a funcionarios gubernamentales del más alto nivel, a *invertir recursos en auditorías y sistemas de estandarización* de conceptos en el campo de IA, que sean de alcance y cumplimiento para todos los organismos públicos, así como para la actividad privada.

El **15Nov23** en el marco del evento *"Asia Pacific Economic Cooperation – APEC"*, los presidentes Joe Biden (EEUU) y Xi Jimping (China), anunciaron la posibilidad que ambos países, inicien conversaciones para discutir entre los respectivos expertos, acerca de los riesgos y asuntos de seguridad asociados con la IA.

Se mencionó además, que las conversaciones deberían incluir el tratamiento de los riesgos globales, que conlleva incorporar *IA en los Sistemas de Armas Nucleares Estratégicos*.[254]

En un artículo de *"Bulletin of American Scientists"* de Feb 2024, sus autores expresan: *"Existe preocupación acerca de incorporar la Tecnologías de IA dentro de sistemas militares, minimizando así la intervención del juicio humano en asuntos de vida o muerte. Los gobernantes del mundo han tomado conciencia de ello. La Unión Europea ha propuesto un Marco Regulatorio sobre IA; el presidente de EUA Joe Biden ha impartido una Orden Ejecutiva y docenas de países están firmando docu-*

---

247 https://www.state.gov/wp-content/uploads/2023/10/Latest-Version-Political-Declaration-on-Responsible-Military-Use-of-AI-and-Autonomy.pdf

248 Ibid.

249 Ibid.

250 https://media.defense.gov/2023/jan/25/2003149928/-1/-1/0/dod-directive-3000.09-autonomy-in-weapon-systems.pdf

251 Ibid.

252 https://www.nato.int/cps/en/natohq/official_texts_208376.htm

253 https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/10/30/fact-sheet-president-biden-issues-executive-order-on-safe-secure-and-trustworthy-artificial-intelligence/

254 https://www.vox.com/future-perfect/2023/11/28/23972547/the-militarized-ai-risk-thats-bigger-than-killer-robots

mentos de consenso como el "Bletchley Declaration" y "Declaration on Responsible Military use of AI and Autonomy".[255]

El **29Abr24** se realizó en Viena una conferencia sobre *"Armas Autónomas y el desafío de la regulación".* En ella, el Ministro de Relaciones Exteriores de Austria, Alexander Schallenberg expresó: ***"Este es el Momento Oppenheimer de nuestra generación".***[256]

Tecnólogos militares y civiles de más de 100 países se reunieron en ese evento para discutir de qué manera controlar *"la fusión de la IA con las tecnologías militares"*. Se trata de dos sectores que entusiasman a los inversores, llevando los valores de acciones de las empresas a máximos históricos.[257]

Estos son sólo algunos de los antecedentes, que muestran el interés que existe en muchos países, por seguir *avanzando en I&D de IA*, incluso para su empleo militar. Los mismos reafirman que ese interés, debe estar sustentado sobre la base de Acuerdos Mutuos, Regulaciones y Normas, que permitan *mitigar los Riesgos Asociados* que estas tecnologías conllevan, limitando asimismo las posibilidades de proliferación.

Sin embargo, vemos también que *el enfoque y tratamiento del tema todavía no es unánime a nivel global*. Como mencionamos antes, en las reuniones o acuerdos hasta la fecha, *no están participando algunos de los países que lideran los esfuerzos de I&D* en todas las áreas de influencia de IA.

Además, muchos de estos países son los más beneficiados por las exportaciones de tecnologías asociadas, participando activamente en un creciente y prometedor mercado de Sistemas de Armas Autónomas, cada vez más sofisticadas. Lo que trae aparejado como consecuencia negativa, que los productos resultarán más accesibles para su obtención y empleo por fuerzas irregulares y organizaciones terroristas.

El riesgo de proliferación global de herramientas de IA y la posibilidad que organizaciones no estatales irregulares y terroristas, puedan acceder a estas tecnologías y utilizarlas en sistemas de armas, es una amenaza de alta probabilidad de ocurrencia, que una vez concretada será muy difícil de controlar. Por ello se promueve la implementación de normas ysistemas de control, por similitud a lo establecido con la *Convención de Armas Químicas* (CWC) el *Régimen de Control de Tecnologías Misilísticas* (MTCR) o la *Convención sobre Ciertas Armas Convencionales* (CCW) entre otros.

Como síntesis de esta parte relacionada con *"Riesgo de Proliferación"*, las extraordinarias capacidades que otorga la fusión de *IA con LAWS*, requieren en forma urgente el *Establecimiento de Acuerdos y Normas* que regulen y monitoreen su desarrollo, disponibilidad, comercialización y eventual empleo por parte del sistema de defensa nacional de los países.

Pero estableciendo además, estrictos *Sistemas de Control de alcance global*, para negar así por todos los medios posibles, *su acceso indiscriminado a organizaciones* "no estatales", que puedan dar lugar a situaciones fuera de control y con consecuencias gravísimas en el futuro.

Autonomía total y fuerza letal: el operador humano "fuera del ciclo de decisión"

El segundo tipo de Riesgo asociado a la IA en LAWS, es el relacionado con *"La Autonomía Total del Arma"*. Esto implica que el operador humano quede *"Fuera del ciclo de decisión"*.

Como citamos antes, todos los beneficios que aporta la IA en términos de performance y autonomía, tienen como contraparte también, aspectos relacionados con las implicancias legales, éticas, operacionales y estratégicas, alrededor de los desarrollos de LAWS y el *"Uso de Fuerza Letal Completamente Autónoma"*.

---

255 R. Bronson – D. Holz. "Doomsday Clock says we're the closest we've been to apocalypse. We need to move faster". 2024. Bulletin of American Scientists.

256 https://www.abc.es/internacional/canciller-austriaco-advierte-sobre-momento-oppenheimer-generacion-20240430174842-nt.html

257 Ibid.

Uno de los aspectos más cuestionados actualmente y sobre el cual se demanda especial atención, es que el *Operaor / Responsable humano* quede *"fuera del ciclo de decisión"*, en acciones que normalmente tienen como resultado final, "causar la muerte o daños a seres humanos".

El Ministro de Transformación Digital Ucraniano, *Mykhailo Fedorov* expresó en Feb 2023: "las ***armas completamente autónomas*** son el *próximo paso lógico e inevitable de la guerra* y los soldados las verán presentes en los campos de batalla en pocos meses".[258]

Esta afirmación anuncia una firme decisión de las autoridades de ese país, de emplear estas armas *cuando estén disponibles y resulte necesario*. Y seguramente *eso sea lo que hagan también, todos aquellos países que las tengan* en sus arsenales, cuando estas herramientas sean las más adecuadas y eficientes para lograr los objetivos previstos.

UCAS y LM / FPV, son masivamente utilizados en los conflictos actuales y, aunque entendemos que su empleo se realiza todavía bajo supervisión de operadores humanos (OH) en el ciclo de *"decisión – acción"*, es lógico pensar que, dada la complejidad y las urgencias de los conflictos modernos, en ciertas ocasiones finalmente podrá ser *"la máquina"* la que tenga la decisión final en las acciones.

Solo a modo de ejemplo, citamos el caso de un video ampliamente difundido[259] y que causó impacto mediático, en el que se observa a un soldado ruso parado y rindiéndose frente a un UAS "FPV" enemigo. La escena fue un alerta y mensaje a la vez, acerca de *"la crueldad de esta guerra moderna presentada al mundo en una pantalla y en vivo"*. Generó además cuestionamientos, acerca de los límites éticos y morales que se vulneran, al otorgar a LAWS la decisión final sobre la vida o muerte de personas.

Supongamos que en este caso, el UAS hubiera estado en modo "Autonomía total". *¿Está el objeto / arma en condiciones y capacidad de determinar que se encuentra ante un enemigo que ha depuesto las armas? ¿Qué ocurre si el UAV aplica fuerza letal sobre ese individuo desarmado y rendido? ¿Quién es responsable de ello: La máquina; o el observador de la situación que no es el decide la acción final; o el desarrollista / programador que confeccionó los programas?. ¿O todos serán responsables?. ¿O nadie lo será?.*

Lo presentado antes, solo a modo de *"caso testigo"*, da lugar a otras preguntas básicas como: *¿Qué participación tiene el componente humano en todo el proceso desde el desarrollo, hasta el empleo?. ¿Cómo serán considerados los diferentes grados de responsabilidad en la "Kill chain" ?.*[260]

Esto último es algo que se discute cada vez más, en relación con las consecuencias y responsabilidades a asumir por los individuos que integran la *"Kill Chain"*. Las mismas recaen en todas las posiciones de mando y de los que en mayor o menor medida, participan o están involucrados en la ejecución de una acción letal.

En el caso de LAWS, las opiniones de expertos tienden *a considerar diferentes grados y niveles de responsabilidad*, no solo de los que participan en la operación directa de los sistemas, sino también de los *que intervienen incluso en las etapas de I&D y alistamiento*, previas al empleo operacional.

Como ya hemos visto, por definición las LAWS seleccionan un blanco en base a criterios predeterminados, siguiendo en forma autónoma un ciclo de *"Procesamiento de la información - Decisión – Acción"*, que asegura que la misión será cumplida.

Pero ocurre que en estos desarrollos y sobre la base del objetivo *"Autonomía total"* impuesto a los programas, se estaría *otorgando a "la máquina"* la autoridad máxima sobre la decisión final para actuar sobre las vidas de seres humanos, con la posibilidad de errores irreparables.

---

258 James Dawes: "War in Ukraine accelerates global drive toward killer robots". (2023). The Conversation.

259 https://youtu.be/si7F2biOGns

260 Es un concepto militar que describe los pasos que incluye la ejecución de un ataque: Buscar el blanco – Identificarlo - Ubicación – Arma a emplear - Adquirirlo – Atacar – Evaluar resultados. (Existen muchas versiones de este concepto).

Nos preguntamos nuevamente entonces: Si la decisión de matar recae en *"la máquina", ¿Cuál es finalmente la responsabilidad del componente humano, que no tiene injerencia en la fase final del ciclo, o sea la acción?.*

Todas esas preguntas que van surgiendo y que aún no tienen respuesta, son las que autoridades, expertos, desarrolladores y usuarios, deberían abordar metodológicamente y con criterio consensuado, en la búsqueda de un marco normativo legal y ético que estas disruptivas tecnologías demandan.

Al respecto, Manuel A. Solanet en su trabajo *"Inteligencia artificial: una mirada multidisciplinaria"* expresa: *"Hay documentos que establecen pautas éticas para la aplicación de la IA en la Defensa. La duda que surge inmediatamente es: ¿Qué es la ética de la guerra?. Al parecer, estas aplicaciones de la IA, sumándose a otros mecanismos existentes de ocultamiento de las responsabilidades de quienes toman las decisiones, están profundizando el proceso de naturalización de la guerra".*[261]

Más allá de los esfuerzos que hacen muchos países, con el objetivo de reducir los riesgos asociados de la IA en Armas Autónomas, también existe el trabajo e involucramiento de muchos organismos públicos, internacionales y ONG's, que abogan por el pronto establecimiento de normas y regulaciones en el área.

Un caso es el de *ARTICLE 36*,[262] una ONG cuya visión fundacional es *"un mundo con una mínima dependencia de las armas"*. En su sitio web expresa[263]: *"Un movimiento hacia una mayor autonomía en los sistemas de armas, aumenta el riesgo de llevarnos hacia un futuro deshumanizado, en el que se le encargue a las máquinas aplicar fuerza letal, sin que la gente en la cadena operativa del sistema, entienda o sea plenamente responsable de las consecuencias"*.

En un artículo de *"The Conversation"* se entrevista a Richard Moyes (Director de ARTICLE 36), quién expresa que *"actualmente los Comandantes están viendo el extraordinario valor militar de las Loitering Munitions (LM)".*[264]

Nos preguntamos entonces: *¿Qué ocurrirá cuando las LM sean totalmente autónomas y mediante sus sensores obtengan todos los datos necesarios para adquirir los blancos de interés, procesen esa información, resuelvan que la acción es necesaria, decidan actuar y ataquen?.*

El Comité Internacional de la Cruz Roja (CICR) emitió el 10May21 el documento *Posición del CICR sobre los Sistemas de Armas Autónomas.*[265] En el mismo expresa: *"El uso de sistemas de armas autónomas (LAWS) implica riesgos, dadas las dificultades para prever y limitar sus efectos. La falta de discernimiento y control humano en el uso de la fuerza, plantea preocupaciones desde el punto de vista humanitario, jurídico y ético".*

Este documento del CICR también hace *"Recomendaciones a los Estados para regular los LAWS"*, instándolos a que establezcan normas *"Jurídicamente vinculantes"* en relación a: la prohibición de LAWS impredecibles y con efectos indiscriminados, así como otras recomendaciones de interés.[266]

También las empresas de la *INDUSTRIA TECNOLÓGICA*, tratan de avanzar en acciones tendientes a minimizar los riesgos que conlleva la IA, no sólo en el ámbito de la defensa.

El **16feb24** los ejecutivos de las 20 mayores compañías tecnológicas globales, como Microsoft, Google, Amazon, Meta, Adobe, OpenAI, entre otras, participaron del *"MUNICH Security Conference".*

---

261 Inteligencia artificial: una mirada multidisciplinaria / Manuel A. Solanet. - 1a ed compendiada. Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Academia Nacional de Ciencias Morales y Políticas, 2021.

262 https://article36.org/who-we-are/#our-vision-mission-and-values

263 https://article36.org/what-we-think/autonomous-weapons/

264 James Dawes: "War in Ukraine accelerates global drive toward killer robots". (2023). The Conversation.

265 https://www.icrc.org/es/document/posicion-del-cicr-sobre-los-sistemas-de-armas-autonomos

266 Ibid.

En ese evento firmaron un acuerdo comprometiéndose a adoptar *"precauciones razonables"*, para prevenir el uso de malicioso de herramientas de IA.[267]

En una entrevista realizada el 20Feb24 por el diario EL PAIS (España) al Presidente de MICROSOFT, Brad SMITH, expresó: *"las diferencias entre las promesas de bienestar y los peligros que conllevan estas tecnologías, nunca han sido más llamativas… Cuanto más poderosa se vuelve una tecnología, mas fuertes deben ser las salvaguardas y los controles sobre ella".*[268] Y específicamente, en relación con los riesgos de la IA, la preocupación global acerca de los efectos de su empleo en diversas áreas y como pueden afectar la vida de las personas, manifestó: *Tenemos la capacidad de resolver los problemas de hoy y los de mañana; y el mejor momento para resolver un problema, es antes que éste ocurra".*[269]

A modo de síntesis, podemos afirmar entonces que existe un *"Reconocimiento de los Riesgos"* que la fusión de tecnologías con la IA conllevan, *cuando su uso se realiza al margen de las normas y principios éticos*, que deberían regular la relación entre países, organizaciones y la sociedad, que terminan afectando directa o indirectamente a los individuos.

Existe cierto consenso, especialmente en los países con regímenes democráticos, que la utilización de IA en sistemas de defensa *"Tenga siempre al Operador Humano incluido en del Ciclo de Decisión"*. Especialmente en sistemas asociados con *infraestructura crítica*, donde una falla por error del sistema, pueda tener resultados catastróficos. Y también para *su empleo militar o de seguridad* cuando se operen *LAWS*, donde el resultado final de su uso involucra decisiones con efecto sobre la vida de las personas.

Para finalizar la parte del trabajo relacionada con *"RIESGOS de las LAWS"*, volvemos a citar lo expresado por el experto P. Scharre en relación con los principios que deberían regir el empleo de estos sistemas de armas: *"Debemos adoptar la tecnología que permita hacer la guerra más precisa y humana, pero cuando la elección es sobre la vida o la muerte, no hay sustituto que reemplace al corazón humano".*[270]

Consideraciones finales

"Ignorar la posibilidad de que la IA pueda ser catastrófica para la humanidad sería un grave error. Y potencialmente, el PEOR DE TODOS".[271]
Stephen Hawking

Los *Sistemas de Armas Autónomas* y la fusión de ellas con la *Inteligencia Artificial* (IA) suelen ser descriptas como la *"Tercera Revolución en la Guerra"*, luego de las generadas por *"la Pólvora"* y las *"Armas Nucleares"*.

También se afirma que los tres *"males"* que los seres humanos inevitablemente han sufrido y sufrirán en la tierra, son: *Hambre – Enfermedades – Guerras*.[272]

Respecto de los dos primeros, observamos a diario los avances obtenidos en diferentes áreas en las que diversas *Tecnologías de IA* se están incorporando, aportando beneficios y posibilida-

---

267 https://english.elpais.com/technology/2024-02-16/tech-companies-sign-accord-to-combat-ai-generated-election-trickery.html

268 https://english.elpais.com/technology/2024-02-20/brad-smith-president-of-microsoft-we-must-have-a-way-to-slow-down-or-turn-off-artificial-intelligence.html

269 Ibid.

270 Paul Scharre "Army of None: Autonomous weapons and the future of war". (2018) W.W Norton & Company

271 https://www.vox.com/future-perfect/2018/10/16/17978596/stephen-hawking-ai-climate-change-robots-future-universe-earth

272 Mag Tegmark. "Life 3.0: Being human in the age of Artificial Intelligence".

des de acceso a *la Alimentación y la Salud* de los seres humanos, actuando así frente al *Hambre y las Enfermedades*.

Respecto de *"Las Guerras"*, el desarrollo de *IA y su empleo en Sistemas de Armas Autónomas (LAWS)* avanza aceleradamente y estará cada vez más presente en futuros conflictos. De manera incipiente hoy, la fusión de estas tecnologías está siendo aplicada ya en las guerras en curso.

Algunas de las incógnitas que se mantienen aún y cuyas respuestas resultan inciertas son: *¿De qué manera las LAWS serán realmente empleadas por los países?.. ¿Cuál será el Grado de Autonomía otorgada a ellas?.*

Algunos países se esforzarán para que en el desarrollo y empleo de *LAWS*, prevalezcan principios éticos y el respeto a las leyes, que están previstas en la normativa del *Derecho Internacional Humanitario* (DIH).

Otros países por el contrario, sostendrán siempre como prioridad, el objetivo de ganar las guerras que se presenten a cualquier costo y según sus intereses, aplicando el principio de *"El fin justifica los medios"*.

Muchos expertos suelen afirmar que *la incorporación de IA a las LAWS*, puede tener sobre los eventuales contendientes, un efecto disuasorio similar al de las *Armas de Destrucción Masiva* (ADM). Sin embargo, las *barreras de acceso* para disponer de tecnologías como IA / LAWS son menores comparadas con las que presentan las ADM. Y lamentablemente, ello permitiría que el Riesgo de Proliferación resulte mucho mayor, en un mundo globalizado e interconectado.

Además, la posibilidad que la *fusión de IA + LAWS* lleve a los sistemas de armas a una condición de *"Total Autonomía"*, quitando así el componente humano del ciclo de decisión, es hoy uno de los temas que genera más preocupación y cuestionamientos. El experto P. Scharre, en relación con el debate global planteado por el crecimiento del uso de LAWS, se pregunta: *¿Debería permitirse a los LAWS que puedan tomar decisiones finales sobre la vida o muerte de personas? ¿Eso es legal? ¿Eso es ético y está bien?* [273]

Ya en el año 2013, el Jefe Estado Mayor de las FFAA de Rusia, el Grl Valery Gerasimov afirmó: *"Otro factor que influye sobre la esencia de los medios modernos que se emplean en los conflictos armados, es el uso de equipamiento militar automatizado de última generación y la investigación en el área de IA. En un futuro cercano, es posible que sean creadas unidades completamente robotizadas, capaces de conducir operaciones militares de manera independiente. ¿Cómo vamos a luchar nosotros en esas condiciones?. ¿Qué formas y medios deberían utilizarse contra un enemigo robotizado?. ¿Qué tipo de robots necesitamos y como se pueden desarrollar?. **Nuestras mentes militares, deberían estar ya hoy pensando en estas cuestiones**"*. [274]

S. Parkin, en su trabajo *"Killer Robots: the soldiers that never sleep"*, reflexiona: *"la recompensa para las empresas que desarrollan y fabrican estas armas es muy grande"……"Los robots no vienen. Ya están aquí entre nosotros!!. La pregunta que entonces nos formulamos ahora es **¿Qué es lo que les vamos a enseñar a hacer a los robots?**"*. [275]

Los testimonios y opiniones citadas nos permiten entender, porque las potencias globales y muchos países con importantes desarrollos tecnológicos, se esfuerzan por investigar y avanzar aceleradamente en éste área de interés militar. Las predicciones de analistas y expertos han sido muy acertadas hasta ahora y muchos de ellos afirman, que algunos países estarían utilizando *LAWS + IA* en los conflictos en curso.

---

273 Paul Scharre "Army of None: Autonomous weapons and the future of war". (2018) W.W Norton & Company.

274 Paul Scharre "Army of None: Autonomous weapons and the future of war". (2018) W.W Norton & Company.

275 https://www.bbc.com/future/article/20150715-killer-robots-the-soldiers-that-never-sleep

Hemos visto que, para intentar minimizar los efectos adversos de estas tecnologías, las autoridades de muchos países promueven desde hace años, la implementación de *Mecanismos de Regulación y Control* para el desarrollo de IA y su empleo en LAWS. Citamos varios casos de interés en el presente trabajo.

Relacionado con ello el 29Abr24 se realizó en Viena una conferencia sobre *"Armas autónomas y el desafío de la regulación".* En ella, el Ministro de Relaciones Exteriores de Austria, Alexander Schallenberg expresó: ***"Este es el Momento Oppenheimer de nuestra generación".***[276]

Respecto de ***La Industria*** **y** ***La Base Industrial de Defensa*** de los países, citamos como caso de interés la colaboración entre empresas tecnológicas de muchos países y las FFAA de Ucrania, que muestran "una nueva era de experimentación en IA de Empleo Militar". Como ha expresado el GR Mark Milley, ex Jefe del EMC de EEUU, "esa *Fusión FFAA – Empresas – IA Militar*, representa el cambio más significativo en el carácter de la guerra jamás registrado en la historia".[277]

Estamos ante un escenario de desarrollo, fusión y crecimiento acelerado de estas *Tecnologías Emergentes (IA + LAWS)* con un gran potencial de transformarse en *Disruptivas*. Se trata de una temática completamente abierta a nuevos desarrollos, con alcance y aplicación en diversas áreas, con un extraordinario potencial de crecimiento en el corto plazo.

Mencionamos que la adopción de ciertas tecnologías fusionadas con la IA, podrían ayudar a mitigar efectos adversos y daños colaterales, haciendo la guerra más precisa, pero sin vulnerar principios éticos, morales y humanitarios. Sin embargo, debemos recordar siempre, la necesidad de *"no dejar todo en manos de la tecnología"*, ya que la presencia del hombre y su elaborado proceso de toma de decisiones, continúa siendo muy relevante y *no deberían ser delegadas las decisiones finales en máquinas o algoritmos*.

En *el ámbito de la sociedad civil*, el poder de estas tecnologías con IA y sus efectos beneficiosos sobre la humanidad, se consolidarán en la medida que los seres humanos tengan la inteligencia para implementarlas y la capacidad para difundirlas, así como los recursos para sostenerlas y mejorarlas.

En *el ámbito militar*, ese sería también el mejor camino, pero complementado por la *Prudencia y la Ética* que apliquen los que conducen el destino de los países, *para gestionar y regular el empleo de estas tecnologías* con enorme potencial destructivo.

Volvemos a recordar otra expresión de *Stephen Hawking*, relacionada también con los RIESGOS que conlleva la IA, quién afirmó:

"Mientras que el impacto de la IA en el Corto Plazo depende de quién la controla, el Impacto a Largo Plazo depende de si será posible controlarla".[278]

"La decisión final sobre la vida o muerte de las personas en conflictos armados, siempre debe quedar bajo la responsabilidad del componente humano y NO de los sistemas de armas".
Paul Scharre, "Army of none".[279]

---

276 https://www.abc.es/internacional/canciller-austriaco-advierte-sobre-momento-oppenheimer-generacion-20240430174842-nt.html

277 Ibid.

278 https://www.vox.com/future-perfect/2018/10/16/17978596/stephen-hawking-ai-climate-change-robots-future-universe-earth

279 Paul Scharre "Army of None: Autonomous weapons and the future of war". (2018) W.W Norton & Co.

Bibliografía y Fuentes

a. P. Scharre. *"Army of None: Autonomous weapons and future of war"*. (2018). W.W Norton & Co.
b. M.Tegmark. *"Life 3.0: Being human in the age of Artificial Intelligence"*. (2017). Penguin Random H.
c. M. Van Creveld. *"Technology and War: from 2000 B.C. to the present"*. (1989).The Free Press Ed.
d. V. Boulain; et.al. *"Artificial Intelligence, Strategic Stability and Nuclear Risk"*. (2020). SIPRI.
e. P. Scharre; S. Bendett, *"The war in Ukraine is spurring a revolution in drone warfare using AI"*, (2023). CNAS. HTTPS://WWW.CNAS.ORG/PRESS/IN-THE-NEWS/THE-WAR-IN-UKRAINE-IS-SPURRING-A-REVOLUTION-IN-DRONE-WARFARE-USING-AI
f. J. Dawes. *"War in Ukraine accelerates global drive toward killer robots"*. (2023). The Conversation.
g. M. Solanet. *"Inteligencia Artificial: una mirada multidisciplinaria"*. (2021). CABA. Academia Nacional de Ciencias Morales y Políticas,
h. R. Bronson – D. Holz. *"Doomsday Clock says we're the closest we've been to apocalypse. We need to move faster"*. (2024). Bulletin of American Scientists.
i. V. Boularin. M. Verbruggen. *"Mapping the development of autonomy in weapon system"*. (2017). SIPRI. (researchgate.net)
j. M. Wooldridge. *"A brief History of Artificial Intelligence: What it is…"*. (2021). Flatiron books.
k. Robin Li. *"Artificial Intelligence Revolution: How AI will change our society, economy and culture"*. (2020). Skyhorse publishing books.
l. P. Scharre. "Artificial Intelligence: Risks and Opportunities for SOF". (2021). Center for a New American Security (CNAS).
m. P. Scharre. *"Robotics on the battlefield: The coming swarm"*. (2014). (CNAS). https://s3.us-east-1.amazonaws.com/files.cnas.org/hero/documents/CNAS_TheComingSwarm_Scharre.pdf
n. CSET, *"U.S. Military Investments in Autonomy and AI: A Strategic Assessment,"* Center for Security and Emerging Technology.
o. A. P. Williams; et.al. *"Autonomous Systems: Issues for Defence Policymakers"*. (2015). NATO: Norfolk, VA.
p. S. Parkin. *"Killer robots: The soldiers that never sleep (bbc.com)*. (2015).
q. S. Cropsey. *"Drone warfare in Ukraine: historical context and implications on the future"* (2024). Hoover Institution. https://www.hoover.org/research/drone-warfare-ukraine-historical-context-and-implications-future
r. H. Roff. *"Sensor-fused munitions, missiles and loitering munitions: speaker's summary"*. Expert Meeting, Versoix, Switzerland, 15–16 Mar. 2016.
s. European Commission (2019): *"Ethics Guidelines for Trustworthy AI"*. https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/ethics-guidelines-trustworthy-ai
t. https://www.state.gov/wp-content/uploads/2023/10/Latest-Version-Political-Declaration-on-Responsible-Military-Use-of-AI-and-Autonomy.pdf
u. Final Report- US National Security Commision on Artificial Intelligence. (2021). https://reports.nscai.gov/final-report/
v. https://www.nato.int/cps/en/natohq/official_texts_208376.htm.
w. https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/10/30/fact-sheet- president-biden-issues-executive-order-on-safe-secure-and-trustworthy-artificial-intelligence/
x. Joint Publication (JP) 3-60, Joint Targeting. (Washington, DC: U.S. Government Publishing Office [GPO], 28 Sep 2018).
y. "Posición de CICR sobre los Sistemas de Armas Autónomos". (2021). Comité Internacional de la Cruz Roja. https://www.icrc.org/es/document/posicion-del-cicr-sobre-los-sistemas-de-armas-autonomos.

z. Información de prensa de sitios web y fuentes varias: CEPTM "Mosconi". https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/; CSIS.org; Forbes; IISS; MDAA; Reuters; RUSI; JANES; The Conversation; 19FortyFive.com; Army-guide; Army recognition; Army- technology; athlonavia.com; autelrobotics.com; avinc.com; breakingdefense.com; bbc.com; bussinessinsider.com; defensemirror. com; defensenews.com; defenseworld.net; dronewars2021.com; globalsecurity.org; Military-Today; Military.com; missilethreat; nationalinterest.org; nytimes.com; abc.es; technologyreview.com; Thedrive.com; thedefensepost.com; uadynamics.com; ukrspecsystems.com; Ukrinform.com; warukraine.org; warontherocks.com; world-todaynews.com; wsj.com; zala-aero.com;

(*) Juan Carlos Villanueva es Oficial del Arma de Infantería del Ejército Argentino retirado con el grado de Coronel. Ingeniero Militar, especialidad Mecánica – Armamento. Paracaidista Militar y Veterano de la Guerra de Malvinas. Realizó una Maestría en Gestión de Empresas Tecnológicas (Doble titulación ITBA / Escuela de Organización Industrial EOI-España). Especialista en Gestión Tecnológica del Instituto Tecnológico Bs As (ITBA). Ocupó cargos directivos en Fábricas Militares (DGFM) como Jefe de Ingeniería de Producto, Jefe de Producción Mecánica, Subdirector y Director de Fábrica Militar, con responsabilidad en la fabricación de armamento y munición de artillería, armas portátiles, cohetes y propulsantes. Se desempeñó durante 15 años en Proyectos Militares en el EMCFFAA, en EMGE y en CITEDEF. Realizó los cursos de Formación, Avanzado y de Especialización, para desempeñarse como Inspector en el Área de Misiles del "United Nations Monitoring and Verification Commision" (UNMOVIC). Retirado desde el 2015, se desempeña como Analista de Armamento en el Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar "Grl MOSCONI" – Facultad de Ingeniería del EA. (FIE).

1.4

Inteligencia Artificial y Armas Nucleares

Por el CR(R) Dr OIM Osvaldo Azpitarte (*)

Resumen

La Inteligencia Artificial (IA) tiene un uso cada vez más generalizado, y su aplicación se ha extendido a casi todos los ámbitos del quehacer humano.

En el ámbito militar, el uso de la IA tiene un enorme potencial, y sus aplicaciones pueden emplearse para hacer mucho más rápido, eficiente y preciso el uso de los sistemas de armas, de los sistemas de inteligencia, vigilancia y reconocimiento, de los sistemas de comando, control y comunicaciones, y de los procesos de toma de decisiones.

El ámbito específico de las armas nucleares es particularmente influenciable por la aplicación creciente de IA. Aún desde la irrupción de los misiles intercontinentales (ICBM) en la década de 1960, los sistemas de armas nucleares y sus sistemas complementarios siempre se han caracterizado por su complejidad técnica, su automatismo y su autonomía, limitando la intervención humana a la toma de decisiones. Estas propiedades de los sistemas de armas nucleares pueden ser mejoradas exponencialmente por el uso de IA.

La aplicación de IA en los sistemas de armas nucleares, tiene, como presentaremos en este artículo, sus grandes ventajas, pero también sus desventajas. Estas desventajas deben ser tenidas cuidadosamente en cuenta, ya que ignorarlas puede conducir a graves consecuencias, teniendo en cuenta el enorme poder destructivo y devastador de las armas nucleares.

Introducción

El término Inteligencia Artificial (IA) se refiere a la capacidad de algunos sistemas informáticos avanzados (combinación de software y hardware) de llevar a cabo tareas que normalmente requieren la intervención de inteligencia humana, entendida como la capacidad de reconocer, analizar y resolver problemas.

Todos los sistemas de IA combinan algoritmos de aprendizaje autónomo con cientos de capas de redes neuronales que pueden manejar billones de datos en forma simultánea. En cierta forma, estos sistemas constituyen una caja negra que recibe datos o inputs y provee respuestas o outputs.

Los sistemas de IA pueden ser utilizados para evaluar una enorme cantidad de datos de inteligencia de forma exponencialmente más rápida que un analista humano, y sin muchos de sus aspectos desfavorables, como ser el sesgo, la ira, el temor o el prejuicio, mejorando, así, los procesos de toma de decisiones. También puede responder a potenciales amenazas de forma más rápida y precisa que los operadores humanos.

Es importante reconocer que los seres humanos son influenciados, para la toma de decisiones, por su intuición, emociones y sentimientos, atributos que la IA no posee. La IA toma decisiones de forma diferente que los humanos, lo que puede ser tanto positivo como negativo. Por ejemplo, la IA puede tomar decisiones más rápido y sin influencia de las emociones, pero, a su vez, puede ignorar factores importantes que un humano sí puede considerar, como ser la experiencia o la apreciación de un contexto general.

La IA tiene un gran potencial en aplicaciones relacionadas con los sistemas de armas nucleares. Su empleo puede:

- aumentar las capacidades de alerta temprana, inteligencia, vigilancia y reconocimiento,
- acelerar los procesos de toma de decisiones,
- mejorar la integración de los sistemas de comando, control y comunicaciones (NC3),
- aumentar la capacidad de las armas nucleares autónomas, mejorando la maniobrabilidad, la capacidad de detección de obstáculos, y la identificación automática de blancos.

El uso de IA para armas nucleares lleva implícito un debate sobre tres áreas principales: la autonomía de las armas nucleares, la estabilidad de los sistemas militares de IA, y la estabilidad estratégica. Este debate se manifiesta en, entre otras, las siguientes consideraciones:

- El uso de IA facilita el empleo de armas nucleares autónomas, entendiendo por tales, aquellas que seleccionan el blanco y lo alcanzan sin intervención humana.
- Los sistemas de IA carecen de la capacidad de analizar el contexto general de un conflicto, por lo que pueden provocar la toma de decisiones apresuradas. Los seres humanos son emocionales y pueden cometer errores, pero su experiencia y conocimiento del contexto puede compensar errores técnicos, como quedó demostrado en varios incidentes reales. Valga como ejemplo lo sucedido en 1983, cuando el sistema de alerta temprana de la entonces Unión Soviética indicó el lanzamiento de cinco misiles intercontinentales desde bases de USA. Stanislav Petrov, el oficial de servicio en el centro de comando del sistema de alerta temprana, sospechó que estas advertencias de ataques con misiles eran falsas alarmas, dada la escasa cantidad de misiles en vuelo, y decidió esperar a que se corroborara la evidencia, en lugar de transmitir inmediatamente la advertencia a la cadena de mando. La evidencia no se corroboró, y las investigaciones posteriores indicaron que hubo una falla técnica en el sistema de alerta. La prudente decisión del oficial Petrov evitó un ataque nuclear de represalia contra USA, lo que hubiera resultado en una guerra nuclear de gran escala.
- El uso de IA facilita el empleo de los denominados *"dead-hand systems"* , sistemas que provocan una represalia automática, sin intervención humana, en caso de recibir un primer ataque nuclear o *"nuclear first strike"*.
- Simulaciones hechas en juegos de guerra han demostrado que el uso de IA normalmente lleva a escalar un conflicto hasta llegar, incluso, al uso de armas nucleares.

Marco legal

El documento internacional vigente más importante sobre el tema es la Declaración Política sobre el Uso Militar Responsable de la Inteligencia Artificial y la Autonomía, propuesto por el Departamento de Estado de USA, acordado en La Haya en 2023 y firmado por más de 50 países (Argentina aún no lo ha firmado).

Este documento define:

- **Inteligencia Artificial (IA):** puede ser entendida como referida a la capacidad de las máqui-

nas de llevar a cabo tareas que hubieran, de otro modo, requerido inteligencia humana. Esto puede incluir: reconocimiento de patrones, aprendizaje de la experiencia, obtención de conclusiones, establecimiento de predicciones o generación de recomendaciones.

> **Autonomía:** involucra sistemas que pueden operar sin intervención humana luego de su activación
> **Capacidades de la IA militar:** incluye no solo a las armas si no también a los sistemas de apoyo a toma de decisiones que ayuden a los jefes militares de todos los niveles a tomar mejores y más oportunas decisiones, tanto en el campo de batalla como en el puesto de comando.

El debate sobre la IA en la armas nucleares

El potencial de la IA militar

La IA tiene un enorme potencial para aplicaciones militares. Las potencias nucleares la consideran esencial y buscan lograr su integración en los sistemas de armas, comando y control antes de que lo hagan sus adversarios. Se puede decir que se ha establecido una especie de carrera armamentista de IA (*AI arms race*).

La IA puede ahorrar tiempo y costo en la investigación, optimización del diseño, fabricación, prueba, mantenimiento y vigilancia de los misiles nucleares.

La IA también puede mejorar la alerta temprana y las capacidades de inteligencia, vigilancia y reconocimiento, coordinando el sensado, adquisición, procesamiento y diseminación de información relevante, precisa y oportuna, haciendo más eficiente y rápido el proceso de toma de decisiones.

Autonomía de los sistemas de armas nucleares

Teniendo en cuenta el amplio poder devastador de las armas nucleares, este punto reviste particular importancia.

Una clasificación ampliamente aceptada de la intervención humana en los sistemas autónomos es la siguiente:

> *"Human in the loop":* sistemas de armas que usan su autonomía para atacar blancos que un humano debe decidir atacar.
> *"Human on the loop":* sistemas de armas que usan su autonomía para atacar blancos, pero los controladores humanos pueden detener su operación cuando sea necesario.
> *"Human out of the loop":* sistemas de armas que usan su autonomía para atacar blancos específicos sin posible intervención de operadores humanos.

La opción más ampliamente aceptada por las potencias nucleares es la de mantener los sistema de armas nucleares autónomos como "Human in or on the loop".

La estabilidad de la IA militar

Los sistemas militares autónomos pueden mejorar el reconocimiento y la inteligencia, acelerar el proceso de toma de decisiones y permitir reacciones más rápidas, pero pueden, también, desestabilizar o perjudicar el cumplimiento de una misión militar. Algunos ejemplos pueden servir para ilustrar:

> Un sistema autónomo puede decidir atacar un blanco importante, pero esto puede revelar o poner en riesgo una operación encubierta.

- Una computadora puede considerar que combatir por la conquista de una localidad puede significar un desperdicio de recursos, y decidir, en consecuencia, una retirada, sin tener en cuenta que esa localidad puede tener un alto valor simbólico o psicológico.
- La IA puede decidir realizar un ataque en forma apresurada, sin tener en cuenta la necesaria preparación de las fuerzas convencionales, o cerrando la puerta a posibles soluciones pacíficas. Se ha comprobado que todos los modelos de IA tienden a adoptar, siempre, actitudes agresivas, que incluyen el uso de armas nucleares.

Vulnerabilidades o fallas de los sistemas de IA

Cuando se habla de falla de los sistemas de IA se debe entender que no es que los sistemas de IA funcionen mal. Los sistemas hacen exactamente aquello para lo que fueron desarrollados. Lo que a veces sucede, es que esto no siempre concuerda con el deseo de los desarrolladores.

Los sistemas de IA pueden presentar las siguientes vulnerabilidades:

- Envenenamiento de datos: los sistemas de IA reciben, de forma casi instantánea, millones de datos provenientes de diferentes fuentes, pero carecen de la capacidad de distinguir la confiabilidad de esos datos. La manipulación de esos datos, deliberada o no, puede resultar en resultados indeseables, que, tratándose de armas nucleares, pueden tener graves consecuencias (por ejemplo, malinterpretar un ataque nuclear entrante).
- Manipulación de imágenes: la manipulación de imágenes digitales, deliberada o no, puede provocar, entre otros efectos, una mala interpretación por parte de los sistemas de vigilancia y reconocimiento.
- Sesgo automático: producto del proceso de aprendizaje autónomo, los sistemas de IA pueden tener una tendencia, que puede ser incluso imperceptible, a juzgar los hechos en una forma no del todo ecuánime, lo que en el caso de un conflicto nuclear de rápido desarrollo puede tener graves consecuencias.
- Escalada artificial: cuando un sistema de IA realiza cálculos basados en el output de otro sistema de IA, se puede producir una realimentación positiva que escale un conflicto de forma artificial.
- Ataques cibernéticos: como cualquier otro software, los sistemas de IA pueden sufrir todo tipo de ataque cibernético, sobre todo de sistemas de IA enemigos. Estos ataques pueden incluir malware, virus, ransomware, etc..

Todas estas vulnerabilidades, hacen que, en general, a los sistemas de IA no se les permita adoptar una decisión final, sobre todo cuando se trata del uso de armas nucleares.

La IA y la estabilidad estratégica

El mantenimiento de la estabilidad estratégica implica evitar, en lo posible, cualquier evento que dé lugar a un primer ataque nuclear. La política conocida como "primer ataque nuclear" (*first strike policy*), implica atacar primero el arsenal nuclear enemigo para evitar que éste lance una represalia, o para minimizarla.

Una razón para lanzar un primer ataque nuclear puede ser la incerteza sobre las capacidades nucleares del enemigo, ya que si se ignora lo que éste puede hacer ante determinada situación, la única forma de asegurar una victoria es atacar primero. En este sentido, la IA puede contribuir a presentar un conflicto nuclear como "ganable", ya que puede socavar la disuasión nuclear del enemigo amenazando su capacidad de responder a un primer ataque.

La IA también puede perjudicar la estabilidad estratégica por la reducción de los tiempos para la toma de decisiones, lo que puede resultar en una escalada del conflicto o en un uso involuntario de armas nucleares.

Tanto la aparición de las armas hipersónicas, cuya detección oportuna es muy difícil, como la creciente velocidad de desarrollo de los conflictos, socavan la estabilidad estratégica e incrementan el riesgo de un enfrentamiento nuclear.

Recomendaciones para la aplicación de IA a las armas nucleares

Algunos expertos sugieren la adopción de las siguientes medidas de seguridad para el empleo de IA en armas nucleares:

- Mejorar la seguridad de las armas nucleares mediante el aumento de salvaguardas y la evaluación de riesgos de ataques cibernéticos.
- Implementar códigos de autenticación para mejorar los protocolos de comando y control y los mecanismos para disminuir la probabilidad de un lanzamiento nuclear involuntario.
- Utilizar salvaguardas robustas para limitar las consecuencias de errores o accidentes
- Establecer acuerdos bilaterales y multilaterales para fortalecer la confianza mutua e incrementar el diálogo sobre el uso de la IA en el control de las armas nucleares.

Conclusiones

En el ámbito de las armas nucleares, el uso de IA es considerado como positivo para funciones básicas como comunicaciones, diseño, pruebas, etc.. mientras que hay recelo general en lo que concierne a incluirla en procesos de toma de decisiones y lanzamientos autónomos. La imprevisibilidad y susceptibilidad a ataques cibernéticos son, por ahora, los argumentos que impiden la inclusión de la IA en los procesos de toma de decisiones.

Existe actualmente, entre las potencias nucleares, un consenso sobre el que la IA es una tecnología aún inmadura como para ser utilizada en escenarios estratégicos de alto riesgo, y que su uso debería limitarse al apoyo.de las funciones de comando y control. En ese sentido, en mayo de 2024, el Departamento de Estado de USA pidió a China y Rusia que declaren oficialmente que no darán el control de sus armas nucleares a los sistemas de IA, como ya fuera comprometido con el Reino Unido y Francia en 2022.

Referencias

[1] Artificial Intelligence and Nuclear Weapons, Klauss Saalbach, Geostrategy and Geopolitics Department, Osnabrük University, Germany, 2024.
[2] Stanislav Petrov: el hombre que salvó al mundo de un desastre nuclear, BBC News, https://www.bbc.com/mundo/noticias/2013/09/130926_internacional_ruso_detuvo_ataque_nuclear_jrg, 2013.
[3] Dr James Johnson on How AI is Transforming Nuclear Deterrence, Caroline Russell, NTI – Nuclear Threat Initiative, 2023.
[4] Political Declaration on Responsible Military Use of Artificial Intelligence and Autonomy, U.S. Department of State, 2023.
[5] On Integrating Artificial Intelligence with Nuclear Control, Peter Rautenbach, Arms Control Association, 2022.
[6] Artificial Intelligence and the Evolving Landscape of Nuclear Strategy, Silky Kaur, Union of Concerned Scientists, 2024.
[7] AI and Nuclear Weapons: Keeping the human in the loop, not only for the decision, but also before the decision, Paul van Hooft, The Hague Centre for Strategic Studies, 2024.

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

1.5

La Inteligencia Artificial aplicada a la Defensa Aérea: el caso del Sistema "Iron Dome"

Por el CR A (R) OIM José Alberto Guglielmone (*)

Temario

Introducción.
El Sistema de Armas "Iron Dome".
La Defensa Multicapa Israelí.
Arquitectura del Sistema "Iron Dome".
Lógica operativa del Sistema Iron Dome.
Funciones y aportes de la IA al SDA "Iron Dome".
Conclusiones

PALABRAS CLAVE: INTELIGENCIA ARTIFICIAL- IA- IRON DOME - DEFENSA AÉREA

Introducción

La Inteligencia Artificial (IA) está transformando profundamente la vida de las personas y la manera en que se desarrollan los sistemas, los negocios y las industrias. Sus aplicaciones abarcan desde asistentes de voz, conducción autónoma y diagnóstico médico automatizado, hasta reconocimiento visual, videojuegos, detección de oportunidades de negocio, y prevención de riesgos y ataques. Estas tecnologías no se limitan a sectores tecnológicos, sino que se extienden a todas las industrias y servicios, creando un impacto transversal en la sociedad. Además, la IA impulsa la creación de nuevas empresas y abre puertas a oportunidades de negocio innovadoras.

Actualmente las organizaciones operan en un entorno caracterizado por las siglas **VUCA+H**1[1], (volatilidad, incertidumbre, complejidad, ambigüedad, hiperconectividad), en este contexto, la implementación de herramientas de IA se convierte en un aliado estratégico, permitiendo a las orga-

1 VUCA+H: que se refieren a Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity, Hyperconnectivity (volatilidad, incertidumbre, complejidad, ambigüedad, hiperconectividad)

nizaciones comprender mejor su entorno, optimizar su funcionamiento y adaptarse a los desafíos. Entre las aplicaciones típicas de la IA destacan la reducción de costos operativos, la mejora en la experiencia del cliente y el incremento de ventas.

Este mismo enfoque puede aplicarse a los conflictos armados modernos, que se desarrollan en escenarios igualmente VUCA+H. La volatilidad y la incertidumbre están presentes en la rápida evolución de los frentes de combate y la dificultad para anticipar acciones enemigas. La complejidad surge de la participación de múltiples actores, tecnologías y dominios (físico, digital, informacional), mientras que la ambigüedad se refleja en la difusa identificación de amenazas y objetivos. Finalmente, la hiperconectividad amplifica los efectos de la información y exige capacidad de reacción en tiempo real.

La IA está revolucionando especialmente la industria del software y los métodos de trabajo, actúa como una herramienta estratégica que potencia la productividad, eficiencia y eficacia, acelerando significativamente el desarrollo de proyectos tecnológicos. Tecnologías avanzadas como el Aprendizaje Profundo (Deep Learning) y las Redes Neuronales Convolucionales (CNN-Convolutional Neural Network) están liderando avances en campos como el reconocimiento de imágenes y el Procesamiento del Lenguaje Natural (NLP- Natural Language Processing). Estas tecnologías no solo son innovadoras, sino que están redefiniendo los límites de lo que es posible en ciencia y tecnología.

En el ámbito del desarrollo de software, herramientas como los copilotos de programación, basados en modelos de IA, están aumentando la productividad de los desarrolladores al automatizar tareas repetitivas y asistir en la generación de código. Asimismo, los sistemas de recomendación, impulsados por algoritmos de aprendizaje automático, están transformando la personalización de productos y servicios, lo que contribuye a elevar la satisfacción del cliente.

Como vemos, la IA ha dejado de ser un concepto futurista para convertirse en una realidad tangible que está transformando todos los aspectos de nuestra vida, y el **ámbito de la defensa,** no es una excepción, este artículo explorará cómo la IA está impactando en el desarrollo de los sistemas de defensa y cómo tiene el potencial de revolucionar las estrategias militares del futuro.

El **entrenamiento** mediante los **simuladores**[2], han evolucionado a lo largo del tiempo, hoy impulsados por IA posibilitan mayores capacidades. Estos sistemas son preparados para adaptarse en tiempo real a las acciones de los participantes, ofreciendo una experiencia de entrenamiento más inmersiva y efectiva. Esta tecnología no solo mejora las habilidades individuales, sino que también puede simular dinámicas de equipo, tácticas complejas y escenarios de combate asimétrico.

La **ciberseguridad** es un componente crucial de la defensa moderna. A medida que las tecnologías digitales se integran en las operaciones militares, las amenazas cibernéticas se vuelven cada vez más sofisticadas. En este ámbito, la IA puede ser una herramienta clave, capaz de identificar patrones anómalos en las redes, detectar intrusiones antes de que se conviertan en problemas y responder de manera rápida y eficaz. Estos sistemas no solo protegen información sensible, sino que también aseguran que las operaciones militares puedan llevarse a cabo sin interrupciones. Sin embargo, también es importante destacar que los adversarios están utilizando la misma tecnología para desarrollar ataques más complejos. La carrera por la superioridad cibernética está en marcha, y la IA es el nuevo campo de batalla.

La **logística**, mediante la IA tiene el potencial de revolucionar optimizando el suministro y la distribución de recursos en el campo de batalla. Sistema que pueda prever las necesidades de las

2 Simuladores: ver articulo TEC1000-2016; "Los sistemas de simulación: otra forma de entrenar para el combate."

tropas, basándose en las condiciones del terreno, el clima y las acciones del enemigo. Este tipo de tecnología podría reducir significativamente los tiempos de respuesta y aumentar la eficiencia operativa. La capacidad de anticipar necesidades y gestionar recursos de manera efectiva es crucial en situaciones de combate, donde el factor tiempo es fundamental para el desarrollo de las operaciones.

En los **sistemas de armas**, la IA participa realizando tareas que normalmente realizan las personas, como el aprendizaje, la resolución de problemas cada vez más complejos y la toma de decisiones. En el ámbito de la defensa, mediante las capacidades tecnológicas cada vez más avanzadas, se traduce en sistemas capaces de analizar y procesar grandes volúmenes de datos de información en tiempo real, predecir el comportamiento del enemigo optimizando estrategias de combate y recomendando las acciones más convenientes y efectivas. Lo novedoso de estas tecnologías, es que pueden aprender de su entorno, adaptarse a nuevas situaciones y operar de manera autónoma. Esto no solo incrementa su eficacia, sino que también reduce el riesgo para los soldados en el campo de batalla.

Mirando hacia el futuro, la IA tiene el potencial para transformar las estrategias de defensa, en lugar de batallas convencionales, podríamos ver conflictos asimétricos, que se libren en múltiples escenarios simultáneamente, estos serían más complejos y difíciles de predecir, requiriendo una nueva forma de pensar sobre la guerra.

Los conductores deberán adaptarse a un entorno en constante cambio, donde la tecnología y la IA desempeñan un papel crucial en las operaciones, esto implica no solo adoptar estas tecnologías, sino también desarrollar estrategias éticas, legales y operativas que aseguren su correcto uso.

El sistema de armas "Iron Dome[3]"

Vamos a analizar la aplicación de la IA en un sistema de armas específico: el **"Iron Dome",** haciendo la analogía, adjetivándola a una "Cúpula de Hierro", como si esta fuera infranqueable y lograr así la confianza de la población, no solamente por su nombre sino, lo que es primordial, por sus resultados. Este **Sistema de Defensa Aérea** ha cobrado relevancia mundial debido a su capacidad para interceptar y neutralizar amenazas aéreas, especialmente a la luz de los recientes conflictos entre Israel y el grupo terrorista Hamás en la región de la Franja de Gaza. Mostraremos como el Iron Dome es un claro ejemplo de cómo la IA puede integrarse en sistemas de armas para maximizar su eficacia y minimizar riesgos. Si bien el sistema no es perfecto, su capacidad para proteger vidas civiles en un entorno de alta amenaza lo convierte en una herramienta indispensable para Israel. Su desarrollo y operación reflejan cómo la tecnología puede ser utilizada estratégicamente para abordar desafíos complejos en el ámbito de la defensa moderna.

El contexto que dio origen al desarrollo del Iron Dome es crucial para entender su importancia. Entre los años 2000 y 2008, se lanzaron aproximadamente 8.000 proyectiles desde Gaza hacia Israel, la mayoría por parte de Hamás. Estos ataques representaban un riesgo constante para la población civil, obligando al gobierno israelí a buscar una solución eficaz para proteger a sus ciudadanos. En febrero de 2007, el Ministerio de Defensa israelí decidió desarrollar un sistema de defensa aérea móvil como respuesta a esta creciente amenaza.

El Iron Dome fue desarrollado por *Rafael Advanced Defense Systems* e *Israel Aerospace Industries*, dos de las principales compañías tecnológicas de Israel, supervisado por el IMDO[4], con el apoyo financiero y técnico de Estados Unidos. Tras varios años de investigación y desarrollo, el sistema

---

3 Iron Dome: llamado Kipat Barzel en hebreo.

4 IMDO: Organización de Defensa de Misiles de Israel, es una división de la Dirección de Investigación y Desarrollo de Defensa (DDR&D) del Ministerio de Defensa de Israel.

se declaró operativo en marzo de 2011, siendo desplegado cerca de la ciudad de Beersheba, a más de 100km de Tel Aviv. El primer cohete Grad, fue interceptado en 7 de abril de ese mismo año, disparado desde la Franja de Gaza hacia la ciudad israelí de Ascalón, y ya en noviembre había neutralizado más de 400 amenazas aéreas. Desde entonces, ha demostrado ser un componente clave de la defensa Israelí.

Este sistema se encuentra preparado para actuar en la capa más baja o **última capa** del complejo Sistema de Defensa Aérea, posee la singular característica y única en su tipo, que es tener la posibilidad de actuar operativamente con **doble propósito**, pudiendo ser empleado como sistema misilístico de muy corto alcance VSHORAD[5], contra objetivos aéreos tradicionales, tales como aviones, helicópteros, UAVs, o bien la otra misión que es la que le permite actuar contra amenazas asimétricas, como cohetes lanzados de corto alcance desde los cuatro kilómetros hasta los setenta kilómetros, contra C-RAM[6], y actualmente contra drones de diferentes tipos.

FIGURA 1: LANZADORES DE IRON DOME

Fuente: Rafael Advanced Defense Systems

Desde su instalación en 2011, el Iron Dome ha evolucionado significativamente, no solo gracias al avance natural de la tecnología, sino también debido a su constante despliegue en escenarios de combate reales. Esta experiencia operativa constante, le ha permitido ser un sistema **"probado en combate",** lo que representa una ventaja clave frente a otros sistemas que permanecen inactivos o se desarrollan en condiciones de laboratorio.

La experiencia en el campo de batalla proporciona datos críticos que pueden ser analizados para identificar fallos, optimizar el rendimiento y adaptar el sistema a nuevas amenazas. Esta retroalimentación frecuente permite una evolución acelerada y una mejora continua, manteniendo al Iron Dome siempre actualizado y listo para enfrentar desafíos emergentes.

A diferencia de sistemas que no han sido probados en combate, el Iron Dome no solo incorpora tecnología avanzada, sino que también se beneficia de una validación práctica en situaciones reales. Esto garantiza que sus capacidades no sean teóricas, sino demostradas bajo las condiciones más exigentes, lo que refuerza su fiabilidad y eficacia como sistema de defensa.

Además, esta experiencia ha facilitado la incorporación de mejoras innovadoras, como la optimización del uso de interceptores para reducir costos operativos y el desarrollo de capacidades para enfrentar amenazas más complejas, como drones o proyectiles simultáneos.

En otros artículos publicados en TEC1000[7], hemos señalado que, cuando hablamos de defensa aérea, no podemos enfocarnos en un único sistema de armas, sino por múltiples sistemas que

5 VSHORAD: Very Short Range Air Defence Systems (Sistemas de Defensa Aérea de muy corto alcance)

6 C-RAM: Counter Rocket, Artillery & Mortar (Contra Cohetes, Artillería y Morteros)

7 TEC1000-2017- "La oportunidad de sobrevivir en la última capa de la defensa antiaérea."

trabajan de manera complementaria, compartiendo datos y modos de operación. Este enfoque integrado es esencial para garantizar una defensa eficaz frente a la amplia variedad de amenazas aéreas modernas.

En este contexto, el Iron Dome es solo una pieza dentro de un sistema de defensa aérea mucho más amplio y sofisticado. Este sistema de múltiples capas incluye también la "Honda de David" (*David's Sling*), diseñada para interceptar amenazas de alcance medio como misiles balísticos tácticos, cohetes de mayor alcance y aviones enemigos. Además, el sistema "Flecha" (*Arrow*), con sus variantes *Arrow-2* y *Arrow-3*, se encarga de interceptar proyectiles de largo alcance, incluyendo misiles balísticos intercontinentales y amenazas exoatmosféricas.

Este enfoque de multicapas, permite a Israel cubrir un espectro completo de amenazas aéreas, desde cohetes y morteros de corto alcance hasta misiles avanzados de largo alcance. La integración de estos sistemas se logra mediante un sofisticado sistema de Comando y Control, que centraliza los datos de sensores, radares y satélites, permitiendo una respuesta coordinada y precisa.

Es importante destacar que esta arquitectura no solo optimiza la eficiencia de cada sistema individual, sino que también minimiza costos operativos al asignar recursos de manera estratégica según la naturaleza y la gravedad de la amenaza. Por ejemplo, el Iron Dome se reserva para cohetes de corto alcance que amenacen áreas pobladas, mientras que los sistemas de mayor alcance, como el *Arrow*, se emplean para amenazas estratégicas de alta altitud.

La combinación de estos sistemas no solo garantiza una defensa más robusta, sino que también posiciona a Israel como líder mundial en tecnología de **defensa aérea integrada**. Este modelo es un ejemplo claro de cómo la cooperación entre sistemas y el uso de inteligencia artificial y análisis de datos pueden maximizar la eficacia de las operaciones defensivas en un entorno de amenazas crecientes y complejas.

Un aspecto destacado del **Iron Dome** es su portabilidad y flexibilidad operativa. Este sistema de defensa puede desplazarse rápidamente de un lugar a otro, transportados por vehículos militares, lo que le permite adaptarse a condiciones geográficas diversas y responder a amenazas en tiempo real. Actualmente, el Iron Dome está desplegado en múltiples ubicaciones estratégicas dentro de Israel, incluyendo áreas urbanas densamente pobladas como Tel Aviv, Jerusalén y Haifa, así como en regiones cercanas a la Franja de Gaza y el norte del país, donde las amenazas de cohetes y misiles son más frecuentes.

Esto permite que las unidades se reubiquen y configuren en cuestión de horas, garantizando una defensa efectiva en las zonas que más lo necesitan. Durante períodos de alta tensión, como en los conflictos recientes con Hamás, el Iron Dome ha sido desplegado rápidamente en ciudades del sur de Israel, como Sderot y Ashkelon,[8] que suelen ser los principales objetivos de ataques con cohetes desde Gaza.

FIGURA 2: LANZADORES DE IRON DOME MONTADO EN VEHÍCULOS

Fuente: Rafael Advanced Defense Systems

8 En la actualidad no quiere decir que se encuentra emplazados en estas ciudades ya que son móviles.

Esta capacidad de movilidad y rápida reconfiguración no solo garantiza la protección de áreas críticas como infraestructuras estratégicas, bases militares y poblaciones civiles, sino que también otorga a Israel una ventaja, al poder posicionarse donde se detecten mayores riesgos, el **Iron Dome** refuerza la seguridad nacional mientras minimiza las vulnerabilidades ante ataques inesperados.

En situaciones recientes, las baterías del Iron Dome también han sido desplegadas en puntos sensibles del norte del país, cerca de la frontera con el Líbano, para contrarrestar posibles ataques del grupo Hezbolá, que posee un arsenal significativo de cohetes y misiles. Esto demuestra que, más allá de su eficacia técnica, el sistema es un pilar clave para la defensa activa de Israel frente a amenazas múltiples y cambiantes.

Como ocurre con muchos sistemas de armas exitosos, los resultados positivos suelen inspirar la creación de variantes adaptadas a diferentes necesidades operativas. Este es el caso del Iron Dome, cuya tecnología ha sido replicada y adaptada bajo distintas configuraciones. Un ejemplo reciente es el desarrollo del **C-Dome**, una variante diseñada específicamente para su instalación en buques de guerra y plataformas de transporte marítimo.

A pocos días de que un UCAV iraní atacara un buque petrolero en el Golfo de Omán, la Armada de Israel, en colaboración con Rafael Advanced Defense Systems, anunció la realización de ensayos exitosos del **C-Dome**. Este sistema mantiene las mismas capacidades avanzadas que las versiones terrestres del Iron Dome, como la interceptación precisa de amenazas aéreas, incluyendo cohetes, misiles y drones, pero ha sido optimizado para ofrecer una mayor flexibilidad operativa en entornos marítimos.

El **C-Dome** se ha integrado como parte del sistema de defensa aérea de Israel, ampliando significativamente las capacidades defensivas de sus buques. Su diseño compacto y modular permite su instalación tanto en buques de combate como en embarcaciones de transporte, asegurando protección contra amenazas en alta mar y en operaciones costeras. Esta capacidad de defensa móvil es especialmente relevante en un entorno geopolítico como el de Oriente Medio, donde las amenazas marítimas son una constante.

FIGURA 3: C-DOME VERSIÓN NAVAL

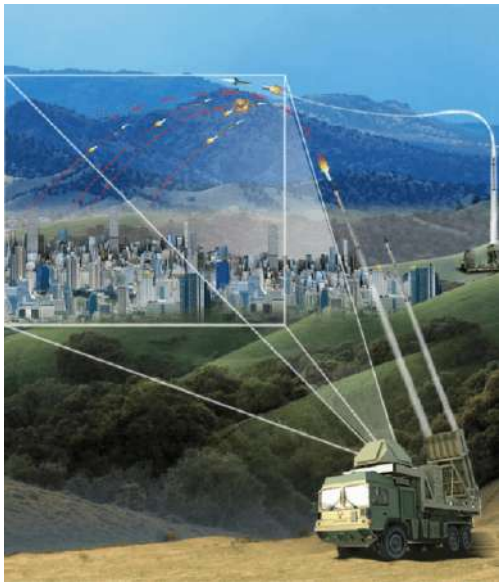
Fuente: Rafael Advanced Defense Systems

El **I-Dome** es una versión **móvil y autónoma** del sistema **Iron Dome**, diseñada para proporcionar una defensa aérea efectiva en movimiento. A diferencia del sistema terrestre estándar, que está pensado para proteger ubicaciones fijas como ciudades o bases militares, el **I-Dome** está montado sobre vehículos, lo que le permite moverse con rapidez y adaptarse a operaciones dinámicas en el terreno. Este diseño es especialmente útil para proteger columnas militares, fuerzas en despliegue y puntos estratégicos en áreas de combate que requieren alta movilidad. El sistema es completamente autónomo, lo que significa que incluye un radar, un centro de control y lanzadores de interceptores en el mismo vehículo. Esto elimina la necesidad de depender de infraestructuras externas, haciéndolo ideal para despliegues rápidos en zonas remotas o en movimiento. El **I-Dome** es un componente crítico en la estrategia de defensa aérea móvil de Israel, comple-

mentando al **Iron Dome** y al **C-Dome** para cubrir una amplia variedad de escenarios, desde áreas fijas hasta operaciones móviles y marítimas. Es un claro ejemplo de cómo la tecnología se adapta a las necesidades operativas para ofrecer soluciones de defensa versátiles y efectivas.

Desde otra óptica totalmente diferente, el artículo *"**La ironía del Domo de Hierro:** Sistemas de Defensa Inteligentes, Derecho y Seguridad"*[9] (Harvard National Security Journal), analiza cómo el Derecho Internacional Humanitario (DIH) debería abordar los Sistemas de Defensa Inteligentes (SDI), como el Iron Dome. Los autores proponen que estos sistemas sean considerados parte de la defensa civil, ya que protegen a la población y reducen las bajas civiles. Si bien los SDI presentan desafíos legales y estratégicos, el artículo sostiene que no incentivar su desarrollo contradice los objetivos del DIH. Promover su uso, dentro de un marco legal adecuado, fortalecería la protección de los civiles en conflictos armados.

FIGURA 4: I-DOME ALL IN ONE



Fuente: Rafael Advanced Defense Systems

La defensa multicapas israeli

En el marco de los recientes conflictos en Medio Oriente, el sistema de defensa aérea y antimisiles de Israel, particularmente el Iron Dome, la Honda de David, y los Sistemas Arrow 2 y Arrow 3, demostró un nivel sin precedentes de efectividad operativa. A continuación, se detallan los episodios más significativos según declaraciones del Sr. Moshe Patel, director de la Organización Israelí de Defensa contra Misiles (IMDO), funcionario clave en la defensa israelí, durante una entrevista con el Dr. Thomas Karako. Mediante el detalle de los hechos entre Oct23 y Abr24, se puede apreciar la importancia de la Defensa Aérea organizada por capas, que se mencionan a continuación:

El ataque del 7 **de octubre de 2023**, ese día, Israel enfrentó un ataque masivo coordinado, considerado por muchos como su "11 de septiembre". El sistema Iron Dome, junto con la Honda de David, se activó de inmediato y respondió eficazmente a múltiples amenazas aéreas simultáneas. Fue la primera vez que se logró un despliegue tan amplio y exitoso de toda la arquitectura defensiva, salvando miles de vidas en zonas urbanas. Aunque otros sectores del sistema nacional no respondieron con igual eficacia, la defensa aérea funcionó según lo planificado y probado en ejercicios previos.

El **31 de octubre de 2023,** en esta fecha, el sistema **Arrow 2** alcanzó por primera vez una intercepción operativa real de un misil balístico lanzado desde Irán. Hasta entonces, el sistema solo había sido probado en múltiples simulaciones y vuelos de prueba, tanto en Israel como en bases estadounidenses como Point Mugu, pero nunca en combate real.

El 9 de noviembre de 2023, por primera vez en la historia, el sistema **Arrow 3** interceptó exitosamente un misil balístico hutí en el espacio exterior (zona **exoatmosférica**). Este hecho marcó un hito tecnológico, confirmando la capacidad del sistema israelí para defenderse contra misiles balís-

9 https://www.academia.edu/17670708/The_Irony_of_the_Iron_Dome_Intelligent_Defense_Systems_Law_and_Security?utm_source=chatgpt.com

ticos en altitudes elevadas. La intercepción confirmó la efectividad de décadas de inversión conjunta entre Estados Unidos e Israel en defensa estratégica.

El 13-14 de abril de 2024, durante la noche del 13 de abril (hora estadounidense) al 14 de abril (hora israelí), Irán lanzó un ataque masivo y sin precedentes contra Israel. El asalto incluyó:

> 120 misiles balísticos, con ojivas de hasta una tonelada.
> 220 misiles de crucero.
> Cientos de drones de diferentes tipos.

En total, más de 550 amenazas aéreas fueron dirigidas hacia Israel, con un claro objetivo de saturar sus defensas y causar daños masivos a la población civil.

Gracias a la arquitectura multicapa de defensa (que incluye a Iron Dome, Honda de David, Arrow 2 y Arrow 3) y la cooperación con aliados como Estados Unidos y otras naciones de la coalición, el sistema logró una coordinación táctica ejemplar y una tasa de éxito altísima. Fue la primera vez que toda la arquitectura defensiva israelí enfrentó un escenario real a gran escala, y los resultados confirmaron la validez de años de simulaciones y cooperación estratégica.

Los eventos entre octubre de 2023 y abril de 2024 consolidaron el prestigio del sistema de defensa aérea de Israel como uno de los más avanzados del mundo. El Iron Dome, en particular, reafirmó su rol clave en la protección de áreas urbanas y en la prevención de bajas civiles. Su integración con sistemas más complejos como el Arrow 3, y la coordinación internacional durante eventos críticos, evidencian el impacto de la **defensa multicapa basada en inteligencia artificial, sensores interconectados y mando conjunto.**

FIGURA 5: INTERCEPTACIÓN NOCTURNA IRON DOME

Fuente: Rafael Advanced Defense Systems

Arquitectura de sistema Irom Dome

Entrando de lleno en el funcionamiento de este sistema podemos decir que el Iron Dome, cuenta con 3 subsistemas bien diferenciados:

> Radar de Búsqueda y Seguimiento,
> Unidad de disparo de misiles interceptores.
> Unidad de Comando y Control.

Radar de Búsqueda y Seguimiento

Este sistema es el encargado de **detectar y rastrear** proyectiles hostiles desde el momento de su lanzamiento, hasta el impacto potencial. Posee un **Radar 3D ELTA,** del tipo **ELM-2084,** los MMR (Multi Mission Radar), son una familia de radares, que poseen la capacidad de operación 24/7/365. Utiliza un radar activo de **estado sólido,** de matriz de barrido electrónico **AESA** (*Active Electronically Scanning Array*), cada uno de los pequeños módulos emite su propio haz de ener-

gía en diferentes frecuencias, con lo que se reduce la emisión electromagnética y se disminuye la posibilidad de ser detectado, puede producir numerosos "sub-haces" y activar, detectar, trackear, un número mayor de amenazas enemigas. Así los transmisores de estado sólido son capaces de emitir con eficacia, en una gama mucho más amplia de frecuencias, dando la capacidad de cambiar su frecuencia de funcionamiento con cada pulso enviado, por esto son considerados "Activos". Trabaja en bandas específicas del espectro electromagnético, como la **Banda S o Banda C**[10]. Debido a la frecuencia con que trabaja, la tecnología avanzada de estado sólido y la sensibilidad del receptor, es que le permite adquirir diferentes tipos de amenazas, inclusive como son los de tipo **C-RAM y drones**, todos estos con una muy **pequeña RCS** (*Radar Cross Section*), además puede detectar blancos de alto poder de maniobras, blancos a baja altura, blancos de baja velocidad y con una gran tasa de actualización de los objetivos.

La tecnología de vanguardia permite una integración perfecta con sensores adicionales como SIGINT[11], IFF[12] y EO/IR,[13] y puede realizar múltiples misiones simultáneamente, ya sea en modo rotatorio 360º o en modo sectorial para una vigilancia enfocada.

El Radar según sus configuraciones y las características geográficas, asegura una cobertura precisa incluso en condiciones climáticas adversas.

FIGURA 6: MULTI MISSION RADAR ELM-2084 MMR

Fuente: Israel Aerospace Industries

Unidad de Disparo de Misiles Interceptores[14]

Este subsistema se encarga de lanzar los **misiles interceptores Tamir,** diseñados específicamente para neutralizar amenazas aéreas. Los misiles Tamir, tienen 3m de largo, pesan 90 kg y tiene un diámetro de 160mm. Puede alcanzar una velocidad máxima de 700 m/s (2,2 Mach). Usan una combinación de guiado inercial y corrección en tiempo real mediante enlaces de datos, con sensores electrópticos. En las etapas finales, cuentan con un sistema de guía por radar activo para garantizar la precisión. Están diseñados para alcanzar altas velocidades y maniobrar mediante aletas canard, en

10 Bandas de radar: Banda S: 2.0 a 4.0 GHz; Banda C: 4.0 a 8.0 GHz

11 SIGINT (Signals Intelligence): Inteligencia de señales. Se refiere a la obtención de información a través de la interceptación de señales electrónicas, incluyendo Inteligencia de Comunicaciones (COMINT), Inteligencia Electrónica señales de Radar (ELINT).

12 IFF (Identification Friend or Foe): Identificación Amigo o Enemigo. Es un sistema utilizado para identificar si una aeronave o vehículo aéreo es amigo o enemigo. Funciona mediante la emisión de señales de interrogación y la respuesta de un transpondedor en la unidad identificada.

13 EO/IR (Electro-Optical / Infrared): Electro-óptico / Infrarrojo. Hace referencia a sistemas de sensores que utilizan cámaras electro-ópticas y sensores infrarrojos, para detectar, rastrear y monitorear objetivos.

14 Se la menciona como: Missile Firing Unit (MFU)

función de los datos de trayectoria del sistema de control. El misil cuenta con una espoleta de proximidad que activa una carga de fragmentación dirigida de alto poder, con un peso aproximado de 11 kg, optimizada para maximizar la probabilidad de intercepción efectiva mediante la neutralización o destrucción del proyectil hostil.

FIGURA 7: MISIL TAMIR

Fuente: Rafael Advanced Defense Systems

Cada Batería de Iron Dome, cuenta con tres o cuatro lanzadores cada uno de ellos tiene la capacidad de 20 misiles. Los lanzadores pueden ser reubicados rápidamente según las necesidades del terreno. El proceso de lanzamiento de los misiles **está automatizado,** pero puede ser supervisado por un operador si fuese necesario. Una Batería con cuatro lanzadores puede proteger una ciudad de tamaño mediano aproximadamente de 150 km^2.

Unidad de Comando y Control[15]

Este subsistema cumple la función de **centro neurálgico** del Iron Dome, ya que procesa la información proveniente de los radares y coordina, en tiempo real, la respuesta del sistema ante amenazas aéreas. Su operación puede dividirse en los siguientes componentes funcionales:

Computación de trayectorias: Mediante algoritmos avanzados de cálculo balístico, determina con precisión la trayectoria de los proyectiles entrantes, estimando sus puntos de impacto.

Priorización de amenazas: Utiliza Inteligencia Artificial para clasificar los objetivos en función de su peligrosidad, evaluando si representan una amenaza real para zonas densamente pobladas, infraestructuras críticas o activos estratégicos.

Control de interceptores: Supervisa y gestiona el lanzamiento de misiles interceptores, asegurando que cada uno alcance su blanco con la máxima eficiencia y precisión.

Red de comunicaciones: Se integra en una arquitectura de defensa en red, permitiendo la in-

FIGURA 8: UNIDAD DE COMANDO Y CONTROL

Fuente: Gadi Kabalo

15 Se menciona como: Battle Management and Control (BMC)

terconexión y el intercambio de datos con otras baterías del Iron Dome y sistemas de defensa aérea, optimizando así la cobertura y coordinación en escenarios complejos.

La red de comunicaciones emplea el protocolo **Data Link 16,** es la designación de un TDL (Tactical Data Link), un canal primario de comunicaciones, utilizado para el intercambio de datos tácticos militares en tiempo real, entre sistemas tácticos instalados en vehículos terrestres, marinos y aéreos.

Lógica operativa del sistema Iron Dome

Si bien la utilización de la IA en el Sistema de Armas Iron Dome es reservado y no existe documentación alguna al respecto, trataremos de interpretar su accionar, mediante el conocimiento que se tiene del uso de la IA. La inteligencia artificial desempeña un papel fundamental en el Sistemas de Defensa Aérea **Iron Dome** y sus variantes. Su operación la podríamos dividir en las siguientes etapas:

> **Detección e identificación de amenaza.**
> **Predicción de la trayectoria.**
> **Evaluación de amenazas.**
> **Toma de decisión, asignación de recursos e interceptación.**

A continuación, se analiza cómo la IA interviene en cada etapa de este proceso, utilizando diversas herramientas, técnicas algorítmicas y de Inteligencia Artificial.

Detección e Identificación de Amenazas

La operación de este sistema es continua, funcionando las 24 horas del día, los 7 días de la semana y los 365 días del año (24/7/365). Cuando se detecta el lanzamiento de una posible amenaza, desde una zona entre 4 a 70 km, el Radar de Búsqueda que permanece activado permanentemente, es el primero en actuar. Este radar una vez detectada y adquirida la amenaza, recopila la información clave como la velocidad, distancia, altitud y dirección del objeto detectado, parámetros típicos obtenidos por la mayoría de los radares modernos. Cabe mencionar que según el tipo de amenaza será la distancia de detección, la cual estará en relación de la RCS (Radar Cross Section).

Una vez obtenidos estos datos, el sistema inicia un proceso avanzado de **identificación del blanco.** En esta fase, la IA juega un papel crucial al emplear algoritmos de **Procesamiento de Señales (Signal Processing).** El procesamiento de señales es una técnica utilizada para analizar, modificar y sintetizar señales como sonido, imágenes y datos. En este contexto de los sistemas de armas, se utiliza para mejorar la precisión de los sensores, el radar y otros sistemas de detección, ayudar a filtrar el ruido en las señales de radar, obtener patrones característicos para mejorar la identificación de los objetivos, distinguiendo así las amenazas reales de los no peligrosas.

También en la identificación se utilizan las **Redes Neuronales Convolucionales (Convolutional Neural Networks, CNN),** estas empleadas para realizar el análisis de imágenes, la operaciones de convolución para filtrar y detectar características importantes en las imágenes, como bordes, texturas y formas. Todos los datos que se posean deben ser utilizados y mediante la **Correlación** (Correlation), que describe la relación y dependencia entre dos variables o señales, utilizada para detectar patrones y relaciones entre diferentes datos, como la posición y velocidad de un objetivo.

Además, con **Machine Learning** (ML), la IA mejora continuamente su capacidad de discriminación mediante el aprendizaje automático, utilizando grandes volúmenes de datos históricos, simulaciones, como también los datos de las nuevas amenazas desconocidas hasta el momento,

engrosando así el volumen de características y patrones de objetos a ser consultados. Esto no solo incrementa la precisión en la identificación de amenazas, sino que también reduce la posibilidad de falsos positivos y minimiza el tiempo de respuesta del sistema.

Predicción de la Trayectoria

Cuando el sistema Iron Dome es emplazado, se carga con las coordenadas de su posición exacta, junto con una cartografía detallada de su zona de acción. Además, se integra con otras zonas y Sistemas de Defensa Aérea que estén conectados, permitiendo una coordinación eficiente. Esta configuración inicial es de suma importancia, ya que una de las principales capacidades del sistema es **predecir** con gran **precisión el punto futuro de impacto** de la o las amenazas. Es así que el sistema tiene el detalle de las zonas pobladas y aquellas que no se encuentran habitadas o con escasos habitantes, como también áreas militares y de importancia estratégica.

La Unidad de Comando y Control, con todos los datos proporcionado por Radar, más la información que posee y utilizando algoritmos avanzados de Inteligencia Artificial y Machine Learning, el Iron Dome analiza en tiempo real la trayectoria del proyectil, considerando variables como velocidad, dirección, condiciones atmosféricas, etc. Con estos datos, el sistema determina si la amenaza caerá en una zona poblada o deshabitada.

Para la predicción del futuro punto de impacto intervienen varios factores, **Modelos de Dinámica No Lineal,** simulan el comportamiento de los proyectiles bajo condiciones cambiantes como la resistencia del aire y las variaciones de velocidad, integrando con **Filtros de Kalman,** los cuales se alimentan de todas las variables posibles obtenidas o calculadas, aplicados para predecir la trayectoria a corto plazo y corregir imprecisiones en los datos obtenidos. Las **Redes Bayesianas** se aplican para calcular la probabilidad de que un proyectil impacte en una zona crítica, utilizando información histórica y datos en tiempo real.

Los "radares de contrabatería" tienen como finalidad determinar el punto de origen de los proyectiles o cohetes de artillería. Para lograrlo, registran múltiples puntos a lo largo de la trayectoria del proyectil y, mediante un análisis de su movimiento, calculan con precisión el lugar desde donde fue disparado. En el caso del Iron Dome es más complejo, gran cantidad y variedad de amenazas hacen que la predicción no sea para nada sencilla. Con los datos iniciales procesados, la IA aplica modelos matemáticos para estimar la trayectoria del proyectil. **Redes Neuronales Recurrentes (RNN)** y **LSTM (Long Short-Term Memory),** utilizadas para analizar patrones temporales en la trayectoria y mejorar la predicción precisa en tiempo real, es esencial para evaluar el nivel de amenaza y planificar una posible intercepción.

Esta capacidad predictiva no solo maximiza la eficacia operativa del sistema, sino que permite optimizar el empleo de recursos, reduciendo significativamente tanto los costos logísticos como los daños colaterales. La posibilidad de evaluar en tiempo real múltiples trayectorias hostiles, identificar las amenazas con mayor probabilidad de impacto crítico y priorizar su neutralización, fortalece la capacidad de defensa activa y la protección de infraestructuras clave, zonas pobladas y activos de valor estratégico.

Evaluación de Amenazas

Una vez identificada la amenaza y clasificada como misil, cohete, proyectil de artillería, mortero, UAV, dron o "amenaza desconocida", se procede a determinar con mayor precisión su tipo específico. Este proceso permite identificar el modelo exacto y determinar sus características técnicas, como velocidad, carga explosiva, alcance y radio de acción, entre otros. Con estos parámetros se evalúan su **peligrosidad y capacidad de letalidad.**

Además de estas características, como ya se dijo, el sistema realiza una predicción precisa del punto futuro de impacto. En el caso de UAVs o drones, también se analiza su comportamiento para prever posibles maniobras evasivas o cambios de trayectoria.

Con esta gran cantidad de información, la Unidad de Comando y Control lleva a cabo un análisis integral para evaluar las amenazas existentes.

La primera instancia de evaluación consiste en determinar si el proyectil caerá en una zona despoblada o en un área donde los daños colaterales serán mínimos. Si la predicción indica que el impacto ocurrirá en un área despoblada o con riesgo mínimo, el sistema puede optar por no interceptar el proyectil, preservando recursos y reservando los interceptores para amenazas más críticas.

Por el contrario, si se identifica que la amenaza caerá en una zona poblada o en una con infraestructura crítica, se procede a establecer un orden de prioridades basado en su peligrosidad y el daño potencial. Una vez descartadas las amenazas que impactarán en zonas despobladas, se evalúan las restantes, teniendo en cuenta sus características específicas y el tiempo estimado hasta el impacto. Esta priorización es esencial para optimizar la asignación de recursos defensivos y tomar decisiones eficaces en escenarios con múltiples amenazas.

Dado que los tiempos de respuesta son extremadamente reducidos, el análisis y la toma de decisiones deben realizarse en tiempo real. La **intervención humana** en este proceso es prácticamente nula, ya que cualquier demora podría comprometer la eficacia del sistema. Por ello, la Inteligencia Artificial y los algoritmos de Machine Learning se encargan de ejecutar las evaluaciones y activar las respuestas de forma autónoma y precisa. Este enfoque automatizado no solo garantiza una reacción rápida y efectiva, sino que también maximiza la capacidad defensiva del sistema ante ataques simultáneos, protegiendo tanto a la población como a las instalaciones e infraestructuras críticas.

Los sistemas de **clasificación basados en Inteligencia Artificial** permiten identificar y categorizar objetos en diferentes clases mediante modelos de aprendizaje supervisado, optimizando así el proceso de evaluación de amenazas.

Toma de Decisiones, Asignación de Recursos e Interceptación

Uno de los desafíos más complejos y menos visibles en el desarrollo de la Cúpula de Hierro fue definir un concepto que, en apariencia, parecía simple, la pregunta era, ¿qué es una interceptación? Según relata el General de Brigada (R) Doron Gavish[16], uno de los creadores del sistema, esta fue una de las primeras preguntas que su equipo se planteó. La experiencia de la Guerra del Golfo en 1991, cuando Israel sufrió numerosos impactos pese al uso de misiles Patriot en colaboración con Estados Unidos, dejó una lección clara: no basta con desviar un proyectil, hay que asegurarse de que no cause daño alguno.

En ese sentido el General Gavish, enfatiza que para algunos, una interceptación era considerada exitosa si el misil no caía en su objetivo previsto, incluso si impactaba en otra zona. Pero para su equipo, esta visión era inaceptable. La verdadera meta era **destruir la ojiva** del misil enemigo en **pleno vuelo**, de modo que no quedara margen de daño colateral. Lo contrario, permitir que el proyectil interceptado caiga en otra ciudad o área poblada, representaba un fracaso.

Esto implicó enfrentar numerosos retos tecnológicos. Se debieron definir parámetros precisos: ¿dónde interceptar? ¿En qué punto del cielo es seguro destruir el proyectil? ¿Cómo garantizar que los restos no representen una amenaza para la población civil? Para resolver estos dilemas, el equipo debió esforzarse en validar cada resultado de forma empírica. Se instalaron cámaras y sistemas

16 General de Brigada (R) Doron Gavish: Fue el responsable del desarrollo del Iron Dome. Prestó servicios 30 años en la Fuerza Aérea. Durante la primera Guerra del Golfo (1990-1991) estuvo al mando de las Baterías Patriot.

de verificación para confirmar que la destrucción del misil se producía en el lugar y momento adecuados. En los inicios, incluso era necesario acudir al sitio de caída para verificar manualmente si el fragmento encontrado correspondía a la ojiva. Solo entonces se podía declarar una interceptación como un verdadero éxito.

Asimismo, otro desafío clave fue calcular la trayectoria del **misil interceptor** para guiarlo hacia un punto que garantizara la destrucción de la amenaza sin comprometer a la población. Esto requería un equilibrio delicado entre precisión, velocidad de respuesta y análisis de datos en tiempo real, una combinación que hoy es posible gracias a la sofisticada tecnología alcanzada e integrando la IA al sistema.

Una vez confirmada la presencia de una amenaza real, y habiéndose completado la fase de evaluación de su peligrosidad y punto estimado de impacto, el sistema Iron Dome entra en una etapa crítica: la toma de decisiones y la asignación de recursos defensivos. Esta fase es completamente automatizada y gestionada por inteligencia artificial, lo cual garantiza una respuesta inmediata y precisa, fundamental en escenarios donde el margen de error y los tiempos de reacción son extremadamente reducidos.

Si la amenaza en cuestión se dirige hacia una zona urbana densamente poblada o hacia infraestructuras consideradas estratégicas, el sistema activa automáticamente la fase de interceptación. Para ello, lanza un misil interceptor Tamir, diseñado específicamente para neutralizar el proyectil enemigo en el aire, antes de que este alcance su objetivo. La explosión del misil Tamir, suele producirse a una altitud segura, minimizando así los posibles daños colaterales sobre el terreno. En cambio, si el sistema predice que el impacto ocurrirá en un área despoblada o de bajo riesgo, se evita el uso de interceptores, priorizando la conservación de recursos para amenazas más críticas.

En situaciones donde se detectan múltiples amenazas de forma simultánea, la IA del sistema despliega algoritmos avanzados de priorización. A través del análisis de variables como el nivel de riesgo, el tipo de proyectil, el tiempo hasta el impacto y la localización geográfica del posible punto de caída, el sistema determina un orden de actuación y asigna los recursos defensivos de manera óptima. La IA selecciona el lanzador más adecuado y el interceptor mejor posicionado para cada amenaza, calcula el momento preciso del disparo y ajusta, en tiempo real, la trayectoria del misil interceptor conforme a la evolución de la amenaza en vuelo.

Este proceso se ve reforzado por tecnologías como redes de decisión basadas en IA, que evalúan múltiples cursos de acción y seleccionan la respuesta más efectiva, y **algoritmos de optimización heurística,** tales como los **algoritmos genéticos** o los **enjambres de partículas,** diseñados para encontrar soluciones eficientes en escenarios altamente dinámicos. Además, el sistema opera bajo un esquema de coordinación multi-agente, lo que permite a distintas unidades de defensa y plataformas compartir información en tiempo real, maximizando así la cobertura y efectividad del sistema frente a ataques múltiples y coordinados.

Durante toda esta etapa, la IA no solo toma decisiones, sino que también alimenta continuamente al sistema de control de armas con datos en tiempo real. Este flujo de información permite calcular con precisión trayectorias, predecir puntos de impacto y ajustar los parámetros de interceptación de manera dinámica. Gracias a estas capacidades, el sistema puede rastrear múltiples proyectiles al mismo tiempo, diferenciando aquellos que representan una amenaza directa de los que no requieren intervención. En la actualidad posee la significativa capacidad de atender simultáneamente un alto número de blancos.

En cuanto a su **efectividad,** uno de los indicadores clave para considerar que una operación ha sido exitosa es la tasa de interceptación. En el conflicto más reciente, esa tasa alcanzó el 90%, una cifra significativamente superior a la de campañas anteriores, donde los niveles de efectividad eran

considerablemente más bajos. Este crecimiento es reflejo de una evolución sostenida, impulsada por la experiencia acumulada en combate y la mejora continua de los sistemas defensivos.

Si bien el Iron Dome ha demostrado una altísima efectividad frente a amenazas asimétricas como cohetes de corto alcance, su capacidad debe evaluarse a la luz de un entorno tecnológico en constante evolución. La carrera armamentista moderna no es unilateral: los avances tecnológicos benefician tanto a aliados como a adversarios. En este marco, el desarrollo misiles hipersónicos, drones de nueva generación y enjambres autónomos representa una amenaza potencial a los actuales sistemas antimisiles, al introducir nuevas variables cinéticas, numéricas y de saturación que podrían comprometer la tasa de éxito de interceptación. Así, la efectividad del Iron Dome no debe entenderse como un estado fijo, sino como una condición dinámica sujeta a los desafíos de la próxima generación de amenazas.

En definitiva, la toma de decisiones y asignación de recursos dentro del Iron Dome representa uno de los componentes más sofisticados del sistema, donde la inteligencia artificial actúa como núcleo operativo, asegurando una defensa eficiente, adaptativa y extremadamente veloz frente a las amenazas aéreas modernas.

Una de las ventajas estratégicas que posee Israel es que, al enfrentarse constantemente a amenazas reales y latentes, su industria militar tiene la posibilidad de probar en escenarios concretos los sistemas de defensa y armamento que desarrolla. Esta situación, aunque desafiante, permite ajustar, corregir y perfeccionar en tiempo real la eficacia de sus tecnologías. Ya nos encontramos con sistemas de Energía Dirigida, como el Iron Beam (Laser de alta potencia), el Drone Dome (anti drones), que se irán sumando al sistema de Defensa Aérea.

Funciones y aportes de la IA al SDA Iron Dome

El Sistemas de Defensa Aérea Iron Dome se ve beneficiado con la intervención de la Inteligencia Artificial, en los siguientes aspectos:

Mejora en la precisión y velocidad de respuesta: La IA permite al **Iron Dome** identificar, rastrear y predecir trayectorias de múltiples amenazas en tiempo real. Gracias a algoritmos avanzados, el sistema puede diferenciar entre proyectiles que representan un peligro real y aquellos que caerán en áreas no habitadas, optimizando el uso de interceptores y reduciendo costos operativos.

Reducción de la carga humana y automatización: Los sistemas de defensa aérea como el Iron Dome dependen de tiempos de reacción extremadamente rápidos. La IA reduce la intervención humana en la toma de decisiones críticas, permitiendo respuestas automáticas y minimizando el margen de error en situaciones de alto estrés.

Adaptabilidad ante nuevas amenazas: A medida que los adversarios desarrollan tácticas más avanzadas (como enjambres de drones o misiles de mayor velocidad), la IA mejora la capacidad del Iron Dome o de su Sistema de Defensa Aérea, para adaptarse y ajustar sus estrategias defensivas de manera autónoma. Esto permite una evolución constante frente a amenazas emergentes.

Integración con otros sistemas de defensa: La IA facilita la comunicación entre el Iron Dome y otros sistemas de defensa, como radares, satélites y plataformas de vigilancia. Esto permite una defensa más coordinada y una detección temprana de amenazas, integrándose en una **red de defensa aérea inteligente.**

Desafíos éticos y operacionales: Si bien la IA mejora la eficiencia del Iron Dome, su autonomía plantea **desafíos éticos y legales,** especialmente en el uso de sistemas de armas letales autónomas (*LAWS*). La dependencia de la IA en la toma de decisiones genera debates sobre el control humano y la posibilidad de errores en la identificación de amenazas

Conclusiones

El sistema analizado constituye una solución tecnológica de última generación, concebida para operar en la capa más baja del escudo de defensa aérea. Su capacidad operativa dual, al actuar tanto como sistema VSHORAD frente a amenazas aéreas convencionales como medio de defensa activa contra amenazas asimétricas tipo C-RAM y drones, le otorga una cobertura táctica integral y una flexibilidad sin precedentes, adecuada para escenarios bélicos contemporáneos caracterizados por su alta dinámica y heterogeneidad.

La eficacia del sistema se ha visto notablemente potenciada gracias a la integración de la IA y capacidades de análisis predictivo, que le permiten discriminar amenazas relevantes en tiempo real y optimizar la asignación de recursos interceptores. Esta autonomía controlada mejora la sostenibilidad operativa, reduce costos innecesarios y refuerza la eficiencia frente a situaciones de saturación de amenazas.

En entornos de amenaza real, las estimaciones indican una tasa de efectividad cercana al 90%, lo que refleja un alto grado de confiabilidad incluso ante ataques masivos y continuos. Aun considerando el bajo costo unitario de los proyectiles enemigos, el sistema prioriza la preservación de vidas humanas y la protección de infraestructura crítica por sobre cualquier lógica estricta de costo-beneficio.

La integración de la IA en sistemas de armas como el *Iron Dome* representa un cambio de paradigma en la defensa moderna, al permitir niveles de reacción, análisis y discriminación de amenazas imposibles de alcanzar mediante medios puramente humanos o analógicos. Su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos en tiempo real, detectar patrones, predecir trayectorias y priorizar objetivos otorga una ventaja decisiva en escenarios donde los tiempos de respuesta se miden en milisegundos. En contextos hiperconectados, volátiles y saturados de información, la IA no es solo una herramienta de apoyo, sino un multiplicador de poder militar, indispensable para preservar vidas, asegurar superioridad táctica y mantener la iniciativa estratégica.

A pesar del avanzado grado de automatización, la conducción humana y la doctrina operativa continúan siendo componentes fundamentales. La operación de estos sistemas requiere supervisión, interpretación y capacidad de intervención por parte del personal militar, cuya formación y entrenamiento deben asegurar el dominio técnico y doctrinal necesarios para asumir el control efectivo ante fallos o situaciones no previstas por el software.

Finalmente, es esencial reafirmar que la IA, por más sofisticada que sea y cualquiera sea la evolución que tome, debe ocupar un lugar subordinado a la decisión de la conducción de las operaciones, mantenerse bajo control humano, guiada por el juicio profesional, la ética militar y la legitimidad de las decisiones.

Referencias

- CEPTM "Grl. Mosconi". TEC1000-2016. Facultad de Ingeniería del Ejército, 2016. Disponible en: https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/tec1000/2017.pdf
- CEPTM "Grl. Mosconi". TEC1000-2017. Facultad de Ingeniería del Ejército, 2017. Disponible en: https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/tec1000/2017.pdf
- CEPTM "Grl. Mosconi". *Centro de Estudios de Prospectiva Tecnologica Militar*. Facultad de Ingeniería del Ejército. Disponible en: https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/
- Video entrevista de Innvation Experience a Doron Gavish.(2023). https://innovationexperience.mykajabi.com/webinar-room-irondome
- Johnson, J. (2019): Artificial intelligence & future warfare: implications for international security, Defense & Security Analysis, DOI: 10.1080/14751798.2019.1600800.
- Scharre, Paul (2018). *Army of None: Autonomous Weapons and the Future of War*. W. W. Norton & Company.
- Documentos de Seguridad y Defensa 79. (2017). La inteligencia artificial aplicada a la defensa. Instituto Español de Estudios Estratégicos.
- Event "Missile Defense in Israel: A Conversation with Moshe Patel". Center for Strategic and International Studies (CSIS)-(2023). https://www.csis.org/analysis/missile-defense-israel-conversation-moshe-patel
- Event "Los combates de defensa antimisiles de Israel desde el 7 de octubre" Center for Strategic and International Studies (CSIS). (2024). https://www.csis.org/analysis/israels-missile-defense-engagements-october-7th
- Israel Missile Defense Organization (IMDO). *Iron Dome: Defense Against Short-Range Rockets*. Ministerio de Defensa de Israel.
- Cordesman, Anthony H. (2014). *Missile Defense in Israel: Iron Dome, David's Sling, and the Arrow Programs*. Center for Strategic and International Studies (CSIS).
- Horowitz, Michael C. (2019). *Artificial Intelligence and the Future of War*. In Survival.
- International Committee of the Red Cross (ICRC) (2019). *Artificial Intelligence and Machine Learning in Armed Conflict: A Human-Centred Approach*.
- Departamento de Defensa de los Estados Unidos (DoD). *Autonomy in Weapon Systems – DoD Directive 3000.09* (2012, actualizado).

(*) **José Alberto Guglielmone:** Coronel de Artillería (R); Ingeniero en Sistemas de Armas Electrónicas; posgrado en Criptografía y Seguridad Teleinformática (EST "Grl 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 "Grl 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 "Grl 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 "Grl MOSCONI".

1.6

Epistemología militar: valores, experiencia y ciencia. El saber militar

Por el CR A (R) OIM Juan Carlos Perez Arrieu (*)

Temario

Resumen; Introducción – La guerra principal campo de estudio.
El comportamiento humano – concepto agonístico.
Carácter teórico y pragmático del saber /conocimiento militar.
El criterio de verdad en la Ciencia Militar.
Ideas - niveles de conocimiento - valores, experiencia y ciencia.
Valores - la cosmovisión militar.
Disciplina o ciencia.
Conclusiones.
Bibliografía.

"No puedo enseñar nada a nadie. Solo puedo hacerles pensar"[1]

Resumen

El artículo trata sobre epistemología, una disciplina que se refiere al estudio de la naturaleza, el origen y los límites del conocimiento, que aborda la reflexión y el análisis de cómo se adquiere, valida y utiliza el saber, en particular en este caso se refiere a la Epistemología Militar (EM), su campo y objeto de estudio, y al corpus teórico disciplinar[2] que se orienta hacia uno de los acontecimientos más importantes y trascendentes para los seres humanos como es el fenómeno de la guerra y el uso y empleo de la fuerza (desde el punto de vista agonístico y militar), destaca a lo militar como profesión, arte, ciencia y técnica, que recurre a los valores, la experiencia y al conocimiento científico como fuentes de su saber.

1 Atribuida a Sócrates - refleja el espíritu del método socrático que Platón describe en varias de sus obras.

2 La teoría no es más que el producto de un modo específico de apropiarse de lo real.

Se propone discutir y responder a: ¿Cuál es el marco general de lo que comúnmente se denomina la "Ciencia Militar" (CM), su cuerpo teórico, su metodología y su validez?, ¿Es una ciencia, o es más bien un campo transdisciplinario que incorpora elementos de diversas disciplinas científicas?, y por último y no menos importante, ¿Cómo y quién debe validar las decisiones y opiniones militares?.

En el campo castrense juicios, ideas, metodología, planeamiento y acción son un continuo, al abordar un "problema u objetivo militar"[3].

La importancia del tema, para los hombres cuya razón de ser está firmemente orientada a la praxis en defensa y seguridad, radica en que los especialistas y expertos militares se ven envueltos por múltiples factores y actores políticos/sociales que no son idóneos en el campo militar, todo lo contrario de lo que sucede en otras ciencias y disciplinas también de finalidad pragmática, como por ejemplo ocurre en la economía, la ingeniería, la salud y la administración, en donde ellos mismos, como expertos de su campo, son los que validan el conocimiento específico de su disciplina. Otro ejemplo doméstico pero muy elocuente se aprecia en las redes sociales donde personal de distintas profesiones res comentan de geopolítica militar, estrategia militar, historia militar, educación militar y hasta ethos militar . Es necesario entonces revalorizar y hacer visible la CM, en la sociedad en su conjunto, no solamente por el prestigio de la profesión militar sino por la importancia de los temas que aborda.

La CM tiene un contenido que le es propio y diferencial de otras disciplinas y ciencias, permanentemente integra conocimiento (con la óptica militar), tiene una ventaja frente a otros campos de estudio, por no estar fragmentado[4], al abordar un problema militar, su complejidad y transdisciplinariedad exige un conocimiento profundo del caso a afrontar y ese conocimiento no se adquiere por un cargo, ni por un título, requiere de valores experiencia y ciencia.

En síntesis el artículo se propone pensar el saber militar relacionado con la investigación y la generación de conocimiento así como la justificación del hacer específico de la profesión, que permite prevenir, conducir y resolver los conflictos armados, el uso y empleo de la fuerza y los problemas militares derivados.

"Scientia potentia est"[5]
El fenómeno de la "Guerra" no escapa a ningún ser humano.

Introducción

La guerra principal campo de estudio militar

Desde los albores de nuestra existencia, con la finalidad de asegurar la defensa y supervivencia de sus comunidades, un grupo de individuos al que podríamos llamar genéricamente la "clase de los guerreros"[6], se ha diferenciado, especializado y dedicado en resolver el "mayor de sus problemas": la guerra /el conflicto armado.

" Ya sea que se haya luchado con palos y piedras, dispositivos explosivos, o aviones no tripulados, la guerra ha sido una parte aparentemente permanente e inmutable de la historia humana… y sigue siendo una tragedia"[7].

---

3 De difícil definición, los nuevos conceptos de guerra hibrida desdibujan sus límites, un concepto que se refiere a un tipo de conflicto que combina diversas formas de guerra convencional, no convencional y guerra asimétrica, así como tácticas cibernéticas, de comunicación y políticas.

4 Si bien la fragmentación es una técnica fundamental en el proceso de análisis, ya que facilita una comprensión más profunda y detallada de los objetos de estudio. La fragmentación puede ser la resultante de la división técnica del trabajo.

5 "El conocimiento es su poder" (Referido a Dios), es un aforismo atribuido a sir Francis Bacon (1561-1626), se empleó la primera vez en la versión de 1668 del Leviatán de Thomas Hobbes (1588-1679). El Conocimiento es Poder - Significado, origen y autores (concepto.de) https://concepto.de/el-conocimiento-es-poder/

6 Platón; Séptima edición mayo 1973; "La República"; Los Guardianes de la Ciudad Libro IV – Pag239; Ed EUDEBA; Argentina.

7 Peter, W, Singer, (2015), What is the future of war?, Defense One -Rebuilding the military for the new threat era.
https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/pdf/prospectiva/rebuilding_the_military.pdf

Históricamente la profesión militar fue considerada un arte[8], Sun Tzu, Maquiavello, Clausewitz, la trataron como tal, enfatizando la necesidad de combinar teoría y práctica. Con el devenir del tiempo las naciones vieron conveniente crear una categoría especial de ciudadanos que integraran sus ejércitos con características similares (valores, experiencias y tecnologías) se fue conformando un saber militar con teóricos, investigadores, profesionales y técnicos militares con producción de conocimiento propio y valido, con un método determinado y un objeto específico de estudio donde se opera, para afrontar los conflictos armados.

Si bien el saber específico militar (lo podemos sintetizar en valores, experiencia y ciencia) utiliza otras disciplinas y ciencias como auxiliares, es independiente de estas por que se unifica en torno a un campo concreto, y como sucede en cualquier ciencia, forma expertos que amplían, validan y legitiman ese saber.

"Si vis pace, parabellum"[9]

El comportamiento humano

El concepto agonístico y la guerra

El comportamiento agonístico[10] y la guerra están intrínsecamente relacionados, ya que ambos implican estrategias de competición, confrontación y dominio. La relación puede ser vista desde varias disciplinas como la filosofía, la sociología, la psicología, la antropología, la política, la geopolítica, la estrategia, la historia, la ciencia y tecnología, etc.

"…la guerra ha sido parte de la cultura de la humanidad, los hombres conforman "culturas agonales" y ellas han sido la parte esencial de su historia hasta inicios del siglo XX en que el "pacifismo" comenzó su difusión y las otrora respetada "cultura de pueblos guerreros" empezó a ser vista como inculta o bárbara. Debido a ese cambio cultural en el que aún estamos inmersos se ha creado la aversión a la lucha natural por la existencia, al grado que la guerra se ha hecho un fenómeno clandestino por haber sido colocada fuera de los causes de la política y del derecho"[11].

"Saber prever a fin de poder"[12]
(hoy diríamos el saber es poder)

Carácter teórico y pragmático del saber militar

Se dice que el saber militar es teórico y pragmático porque en él, la teoría y práctica son interdependientes, la teoría informa a la práctica y a su vez la práctica informa y enriquece a la teoría, la discusión epistemológica se centra en términos de ratificar su ser, en cómo se construye, se valida, se utiliza y se relaciona el conocimiento teórico con el conocimiento que se adquiere a través del estudio, la experiencia y la acción.

El "saber" militar se ocupa de los aspectos filosóficos, estratégicos, tácticos y científico tecnológicos relacionados con los conflictos armados. Los valores, la experiencia y la ciencia, están siempre presentes en los juicios y decisiones e interactúan constantemente para la solución de un "problema militar".

---

8 El arte de la conducción y organización, especialmente en contextos militares y administrativos, se refiere a la habilidad de dirigir y coordinar recursos humanos y materiales para alcanzar objetivos estratégicos. Arte-operacional.-Teoria-y-practica.pdf (ceeag.cl) https://www.ceeag.cl/wp-content/uploads/2022/10/Arte-operacional.-Teoria-y-practica.pdf

9 "Si quieres paz prepárate para la guerra", frase del romano Flavio Vegecio Renato (383-450 dC), en su obra De re militari.

10 Que se refiere a la conducta social relacionada con la lucha y al combate.

11 Salinas Granda, C. (2021). Filosofía Política de la Guerra. Miami -Florida: Primigenios.

12 La frase "saber prever a fin de poder" es atribuida a Auguste Comte, un filósofo francés conocido como uno de los fundadores de la sociología y el positivismo. La frase encapsula su énfasis en la necesidad de comprender y anticipar los eventos para poder actuar efectivamente en el mundo.

La filosofía, las ciencias sociales, naturales, formales y aplicadas (Ingeniería,administración, medicina, biotecnología, agronomía, salud …) contribuyen y dan forma a su campo de estudio y teorías.

Durante la carrera, con los años[13] los militares, se especializan, acumulan conocimientos y experiencias en el marco de una propia cosmovisión, se preguntan y polemizan sobre qué saberes se deben dominar y contribuyen al núcleo de su profesión (dada la complejidad y cantidad de ellos). En términos históricos, el poderío militar pasó de la mera prolongación de la fuerza bruta a la utilización de la tecnología de base empírica, a la de base científica para obtener la superioridad (metalurgia, artillería, arma aérea, arma nuclear, guerra electrónica, inteligencia artificial…) en la actualidad, la inteligencia embebida en los sistemas de armas posiciona al conocimiento como condición previa para todo Poder Militar, quedar desactualizado es una amenaza, y presenta múltiples desafíos para mantener en la modernidad a los cuadros[14].

La CM posee una multidimensionalidad que no solo contempla lo epistemológico (sobre las características y estructura del conocimiento militar) sino contempla la dimensión axiológica (acerca de los distintos valores que le son pertinentes), así como su incidencia política, social y cultural con especial repercusión en su proceder en esos ámbitos.

El pragmatismo en este contexto también puede implicar la adaptación y modificación de las estrategias militares basadas en los resultados observados. La flexibilidad y adaptación son principios fundamentales en la práctica militar, en la guerra el cambio en el entorno y las nuevas amenazas son constantes. Es decir, si una estrategia particular no produce los resultados deseados, un enfoque pragmático implica ajustar esa estrategia para mejorar su eficacia y eficiencia.

El criterio de verdad en la CM

El criterio de verdad es el método utilizado para determinar si una afirmación, proposición o teoría es verdadera o falsa, implica criterios de correspondencia, coherencia y pragmatismo.

Tanto en ciencia s fácticas como formales, es fundamental para evaluar la validez confiabilidad y utilidad de las teorías, hipótesis y métodos, se utilizan además de los nombrados criterios de falsabilidad, reproductibilidad, consistencia y predictividad, así como el "consenso científico", la combinación y aplicación de estos criterios contribuyen a una ciencia rigurosa y confiable.

Hay que tener en cuenta que las teorías científicas son consideradas verdades provisionales no absolutas, sirven como modelos para entender los fenómenos, de allí que la revisión y el acuerdo de los pares es trascendente.

En el ámbito de la CM, el criterio de verdad puede funcionar de manera diferente en comparación con otras disciplinas /ciencias, debido a las características particulares de la guerra, prima el criterio pragmático a través de la eficacia operativa y la validación empírica (realización de ejercicios militares, simulaciones de combate, análisis históricos de batallas pasadas, pruebas de campo y evaluaciones de desempeño de equipos y armamento).

Las ideas conforman el mundo

Niveles de conocimiento

Valores, Experiencia y Ciencia en la carrera militar

En una perspectiva filosófica las ideas y percepciones dan forma a la comprensión del mundo, influyen en las acciones y pueden tener un impacto real, por lo tanto, en cierto sentido se podría decir

---

13 Actualmente la carrera militar en Argentina conlleva 35 o más años de servicio activo, desde su inicio hasta el retiro.

14 Perez Arrieu, Juan Carlos, 2017, Conocimiento, Tecnología y Poder Militar En El Siglo XXI, TEC1000 2017 , EST, UNDEF, pág21 .

que lo conforman. Es importante tener en cuenta que las ideas asimismo están influenciadas por el mundo que nos rodea en un proceso interactivo y dinámico de realimentación o feedback.

En sentido genérico, se entiende por conocimiento al conjunto de conceptos abstractos (o ideas) que una persona construye en base a su experiencia y crea con relaciones lógicas las representaciones mentales y los objetos de la realidad.

El Conocimiento

Una posible clasificación

El conocimiento se puede clasificar de diversas maneras según diferentes criterios, por su origen (empírico religioso, filosófico, científico, intuitivo…), por su relación con la experiencia (a priori, a posteriori), según su grado de generalidad o abstracción (concreto, general, abstracto, …), según su uso (declarativo, procedimental), sintéticamente se puede resumir en tres niveles o tipos de ideas[15]: Valores, Experiencia y Ciencia:

- **Valores:** son ideas no estructuradas, llamados telos por los griegos son predicciones polares (p.ej.: bueno o malo, lindo o feo, muero o vivo, lucho o escapo) acerca del mundo, la religión, los mitos las leyendas, las pequeñas historias nos hablan de ellos. Tienen que ver con nuestra cosmovisión (p.ej.: cristiana, islamita, indú, budista, maya, marxista …conservadora, liberal) es una apuesta a la supervivencia, al progreso o cualquier otra motivación, la libertad, la belleza, la justicia, la bondad, la utilidad, responden a esta forma de conocer.

- **Experiencia:** son ideas extructurables, los griegos las llamaron doxa, es saber agregado, vivido individualmente. “Ser un experto en cualquier campo significa haber reunido suficiente experiencia para reconocer problemas familiares en casi toda situación posible”[16].

- **Ciencia:** son ideas estructuradas que los griegos llamaron episteme tiene un lenguaje axiomático preestablecido, que se hace independiente de la situación o del sujeto. Como no requiere de sujetos para poder aplicarlo puede ser aprendida y aplicada por las máquinas. Si bien el objeto principal de la ciencia es el conocer la verdad, desde su formalismo no tiene garantía de ser la verdad.

En la famosa obra “La estructura de las revoluciones científicas”, de Thomas Kuhn (1922-1996)[17] se introduce la idea de que la ciencia no es solo un conjunto de teorías y experimentos, sino que también está profundamente influenciada por valores y experiencias compartidas dentro de la comunidad científica, aunque Kuhn no se centró en la ciencia militar, su marco teórico puede aplicarse para entender cómo las prácticas y teorías militares evolucionan a través de cambios de paradigma.

Es de destacar que en todos los ámbitos de acción de la profesión militar estos tres tipos de conocimiento se conjugan permanentemente.

Sin valores el mundo no tiene sentido

---

15 Federico Frischknecht; 1993; “Dirección Recursiva”; Ed El Ateneo; Buenos Aires. Existen otras formas / taxonomías conocidas como las de Bloon y Tobon, jerárquicas que asumen que el aprendizaje a niveles superiores depende de la adquisición del conocimiento y habilidades de ciertos niveles inferiores.

16 Federico Frischknecht; 1993; “ Dirección Recursiva”; Ed El Ateneo; Buenos Aires

17 Filosofía de Thomas Kuhn: El paradigma científico y su revolución (miguelsantaolalla.es) https://www.miguelsantaolalla.es/filosofos/thomas-kuhn/#Vida_y_contexto_de_Thomas_Kuhn_La_trayectoria_y_entorno_que_influyeron_en_su_pensamiento

Valores la cosmovisión del militar[18]

"La cosmovisión es la manera con la que se interpreta la realidad de acuerdo a la cultura y creencias de una sociedad determinada. Esta visión del mundo puede ser global o personal y depender de la época, de la educación recibida o de otros factores"[19].

En el caso particular del militar, esta se deriva de su condición como experto en el uso y manejo de la fuerza, así como de su estatus de funcionario público en el Estado. Implica una perspectiva particular del mundo que lo rodea. Como servidor de su nación tiene muy arraigados los conceptos de patria, de mantenimiento del orden público de dignidad nacional y del cumplimiento del deber entre otros.

Cuando un individuo elige la carrera militar casi siempre se refiere al "ethos"[20] o a la "vocación"[21] de la vida castrense, siente que su existencia se realiza en la profesión donde vive y muere si fuera necesario, (es la única profesión de tiempo completo cuyo deber así lo exige), son tan diversos los saberes que implican las organizaciones militares que todos los ejércitos completan sus cuadros con otras profesiones, oficios y saberes donde con el tiempo ellos también adquieren el ethos militar.

"Las ciencias difieren, primero, en los objetos de estudio, es decir, las regularidades y los fenómenos que estudian"[22]

¿Disciplina o Ciencia?

Como se expresó, el objeto de estudio del saber militar es el fenómeno de la guerra y el uso y empleo de la fuerza, pero ese saber, los es respecto de una disciplina o se refiere a una ciencia. Resulta entonces necesario distinguir la diferencia de dos términos que a menudo se utilizan en el ámbito académico y de investigación, y que tienen significados distintos:

- **Ciencia:** si bien ya se ha definido como ideas estructuradas, solo se agregará que es un conocimiento objetivo que solo tiene en cuenta aquello que se puede comprobar, se caracteriza por ser fáctica, trascender los hechos, ser analítica, neutral, tiene un método, es especializada y por sobre todas las cosas es verificable.

  Cuando se dice que la ciencia trasciende los hechos, se refiere a que la ciencia no se limita simplemente a observar y registrar hechos aislados, sino que va más allá para comprender, explicar y predecir fenómenos.

- **Disciplina[23]:** como un campo del saber, se relaciona con la investigación, con las profesiones y con la producción del conocimiento, está enmarcada dentro de unos contextos específicos, unos marcos teóricos especiales y una organización del conocimiento. Comparte alguna de las

---

18 Blanco Ande Joaquin; 1990 ; Rasgos del militar profesional; https://dialnet.unirioja.es

19 Montano, J. (06 de enero de 2021). Cosmovisión. Recuperado el 2023, de Lifeder: https://www.lifeder.com/cosmovision/

20 Ethos militar: se refiere al conjunto de valores, creencias y características culturales que definen la profesión militar. Estos elementos forman la base de la identidad militar y orientan el comportamiento de los individuos que forman parte de las fuerzas armadas

21 El término "vocación", se refiere a una inclinación o llamado interno hacia una determinada profesión, ocupación, o estilo de vida. La gente a menudo habla de tener una "vocación" cuando siente una conexión profunda y significativa con una actividad o un propósito en particular.

22 Prince Cruzat; 2008; " Los fundamentos de las Ciencias Militares"; Revista Política y Estrategia Nro: 111; Academia Nacional de Estudios Políticos y Estratégicos ; Chile .

23 Según el Diccionario de la Real Academia Española (DRAE), la definición de "disciplina" es: Conjunto de reglas o preceptos que se han de seguir en una institución, corporación, facultad, etc., para el buen orden y gobierno de ella. Adiestramiento en las buenas costumbres y en el cumplimiento de los deberes. Método de enseñanza que comprende reglas para conducir el estudio. Conformidad con las leyes morales o religiosas. Estudio, instrucción, doctrina, especialmente la que se imparte en los centros docentes. Arreglo, disposición, orden. Mantenimiento de la subordinación y del orden entre los soldados.

características de la ciencia, por ejemplo tienen su método de estudio, está relacionada con conocimientos que incluyen lo no comprobable (predicciones sobre el futuro - prospectiva), ni reproducible (historia, astronomía,economía o meteorología…) . En síntesis pueden ser subsumidas en una ciencia (p.ej. la geografía militar dentro de la geoestrategia),e incluyen conocimiento científico como no científicos.

El saber militar es ciencia en tanto busca comprender, explicar y generar conocimiento aplicado, y se ocupa de objetos que no pueden ser abordados desde otras ciencias: las características del conflicto armado, los métodos para preparar y conducir la guerra en los niveles estratégico, táctico y operacional, la composición, la organización y la provisión de equipamiento militar a los soldados, el comando, la organización y el control de las fuerzas en tiempos de paz y de guerra, el entrenamiento, el adoctrinamiento, la historia militar, la tecnociencia militar entre otros[24].

Se habla de CM, porque en este campo se generan teorías, que se definen como un sistema hipotético deductivo y como conjunto de proposiciones donde unas son premisas y otras conclusiones basadas en su objeto de estudio. Particularmente dichas teorías se aplican en distintos niveles (estratégico, operacional, táctico) de las situaciones del conflicto. Incluyen desde teorías estratégicas (p.ej.: Disuasión, Sin tiempo, Aniquilamiento, Asimétrica …) y tácticas de combate (p.ej.: Fuego y maniobra, Armas combinadas, Emboscada …), hasta su aplicación en doctrinas que guían las prácticas logísticas y de administración (organización, gestión, educación …) entre otras.

Las teorías militares fueron desarrolladas a lo largo de la historia y proporcionan un marco conceptual para comprender desafíos y objetivos militares, sus principios, doctrinas y conceptos guían las acción castrense y desempeñan un papel fundamental en la planificación.

Un estudioso de la CM no busca comprobar hipótesis ni validar algún nuevo conocimiento como una ley universal de la física, busca los medios científicos, tecnológicos y sociales que le permitan alcanzar un fin[25].

Varios autores han argumentado que el saber militar puede considerarse una ciencia particular debido a su carácter sistemático y metodológico otros consideran que la CM constituye un conjunto de disciplinas que estudian diversos aspectos de la guerra y el conflicto armado, desde una perspectiva científica, técnica, psicológica, histórica, geográfica, política, etc., en este sentido se habla de ciencias militares en plural. En particular el GD Laidlaw[26], expresan que la CM es una ciencia única, que tiene como objeto el estudio de la guerra como fenómeno social, y que busca generar conocimientos que permitan prevenir, conducir y resolver los conflictos armados.

Existe una unidad metodológica, epistemológica y axiológica que la distingue de otras ciencias sociales o naturales. Su campo de estudio es relevante y complejo que requiere de una formación rigurosa y multidisciplinaria que tiene implicaciones prácticas y éticas para la sociedad.

El GD Laidlaw concluye que es importante remarcar la singularidad de lo que denominamos la Ciencia Militar frente a la pluralidad Ciencias Militares, expresando que : "La pluralidad constituye una irregular interpretación de la misma, muy similar, por ejemplo, a la que ocurre con la ciencia política, tal como por ejemplo, la define Marcel Prélot[27], en contraposición con la usual denominación de "Ciencias Políticas". Otro tanto acontece con la Ciencia Económica y la referencia a las "Cien-

---

24 Prince Cruzat ; 2008;" Los fundamentos de las Ciencias Militares"; Revista Política y Estrategia Nro: 111; Academia Nacional de Estudios Políticos y Estratégicos; Chile

25 Prince Cruzat ; 2008;" Los fundamentos de las Ciencias Militares"; Revista Política y Estrategia Nro: 111; Academia Nacional de Estudios Políticos y Estratégicos; Chile

26 General de División (R) Carlos Enrique Laidlaw; " La Ciencia Militar"; exposición realizada en el Comando de Educación y Doctrina (COEDOC) del Ejercito el 07 de noviembre de 2005.

27 PRÉLOT, Marcel. "La Ciencia Política". EUDEBA SEM. Segunda reimpresión 1997. Buenos Aires. Pág. 9

cias Económicas", que ha sido definida por Lionel Robbins en1932 (una de las más aceptadas por los especialistas) como: La ciencia que estudia la conducta humana como una relación entre fines y medios escasos que tienen usos alternativos[28]. En tal sentido la singularidad es la cualidad de singular que, a su vez, significa único en su especie, siendo especie el conjunto de cosas semejantes o su sinónimo género, que es un conjunto de cosas que tienen caracteres comunes.

Tales definiciones indican que la singularidad está dada por: ser única en su especie y que, en tal carácter, está compuesto por un conjunto de cosas semejantes que tienen caracteres comunes, ello no significa pluralidad, sino complejidad una cosa muy diferente, ya que el asunto considerado es "único en su especie", tal como resulta del enfoque militar de la ciencia. En síntesis, la denominación singular de Ciencia Militar es correcta porque es única en su especie".

Una idea mundialmente compartida es que el saber militar se enseña particularmente en universidades y academias militares[29] y su objeto es formar a profesionales y especialistas capaces de comprender y abordar los desafíos y complejidades asociados con la defensa y la seguridad nacional. Esto último abonaría la idea de una CM única y particular.

No se puede entender lo militar fuera de lo social, y como la relación entre ciencia y tecnología militar es clara y evidente, la CM se puede reconocer como un ámbito de los estudios sobre ciencia tecnología y sociedad. Dichos estudios a menudo incluyen análisis de conflictos históricos, teorías estratégicas, administrativas, tecnologías militares, logística, liderazgo y asuntos relacionados con las organizaciones para el combate en varios dominios (terrestre, marítimo, aéroespacial, espacial, ciber espacio, la mente del hombre). Existen además aspectos jurídicos, éticos, ambientales que tratan de regular su accionar.

Los aspectos teóricos, filosóficos y científico/tecnológicos dan fundamentos y apoyo a la problemáticas militares de los conflictos armados (guerra convencional, de guerrillas, asimétrica, psicológica, cibernética, espacial …). Los aspectos prácticos se centran en la aplicación y la implementación del conocimiento en contextos operativos.

Conclusiones

- El campo de estudios de la profesión militar es único entre las disciplinas y ciencias existentes, se dedica al fenómeno de la guerra y los conflictos armados, cuya importancia, enormidad y trascendencia no puede cuestionarse.
- Existe una Ciencia Militar que se caracteriza por ser:
- Transdisciplinaria e integradora de saberes en un corpus complejo de conocimientos que incluyen valores, experiencia y ciencia, que posee una multidimensionalidad que, no solo contempla lo epistemológico (sobre las características y estructura del conocimiento y de la CM), sino contempla la dimensión axiológica (acerca de los distintos valores pertinentes), y su incidencia política, social y cultural de su práctica y resultados.
- Compleja, dado que no existe un algoritmo decisorio, reglas o leyes que mecánicamente permitan establecer que hacer en las etapas de concepción, diseño y aplicación para la solución de problemas militares. Los llamados principios de la guerra[30] solo dan una guía.

- Conflictiva dado que hay conflicto de valores en la operatividad militar.

---

28 http://www.econlink.com.ar/definicion/economia.shtml

29 La academia militar más antigua del mundo en activo es la Academia de Artillería de Segovia en España, fundado el 16 de mayo de 1764 . https://www.realcolegiodeartilleria.es/historia

30 Los principios de la guerra son un conjunto de conceptos fundamentales que guían la planificación, la ejecución y la evaluación de las operaciones militares (p.ej.: objetivo, masa, seguridad, sorpresa , flexibilidad, etc.).

- Los especialistas y expertos militares son los únicos capaces de verificar, cuestionar, organizar y expandir el conocimiento de su campo, así como de formar los recursos humanos (como es norma en cualquier disciplina o ciencia que se trate).
- Es necesario revalorizar y visualizar la CM, en la sociedad, en la academia y al máximo nivel del Estado.

Finalmente, caben las siguientes preguntas a modo de reflexión:

- ¿Importa que exista una ciencia militar? o en otras palabras que se le reconozca dicho estatus al saber militar, dado el innegable aporte[31] en todos los órdenes de la sociedad,
- ¿Qué lugar ocupa el saber militar y la CM en la sociedad?,
- ¿Las instituciones militares fomentan la CM y la formación de intelectuales propios?,
- ¿Es tolerable la injerencia de no profesionales en la toma de decisiones militares, y en su caso hasta que limite?,
- ¿Qué conocimiento se debe dominar y formar parte del núcleo de la profesión militar en el siglo XXI?.

Bibliografía / Fuentes:

- Frischknecht, F.; (1993); "Dirección Recursiva" ; Buenos Aires ; Ed. El Ateneo.
- Laidlaw, C. E. Grl. Div. (nov 2005). La Ciencia Militar . Buenos Aires: Conferencia . Secretaria de extensión del Instituto de Enseñanza Superior del Ejercito Argentino .
- Montano, J. (06 de enero de 2021). Cosmovisión. Recuperado el 2023, de Lifeder: https://www.lifeder.com/cosmovision/
- Podesta Miguel Angel,(2016) Método para la toma de decisiones militares - una mirada crítica, Revista visión Conjunta Año 8 Nro. 15. https://cefadigital.edu.ar/bitstream/1847939/650/1/VC%2015-2016%20PODESTA.pdf
- Pérez Idiart, Hugo; (2023); "Epistemología Militar" ; Colegio Militar de la Nación, ReDiU año 21 Nro 54 ; Bs AS, Argentina .
- Prince Cruzat, Sergio. (2008). Los Fundamentos de las ciencias militares. (A. N. Chile, Ed.) Revista Política y Estrategian Nro 111-2008. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5622177
- Perez Arrieu, Juan Carlos, (2017), Conocimiento, Tecnología y Poder Militar En El Siglo XXI, TEC1000 2017, EST, UNDEF. https://cefadigital.edu.ar/bitstream/1847939/1605/1/TEC1000%202017%20Conocimiento%20CYT%20y%20Poder%20Militar%20en%20el%20sXXI.pdf
- Sanchetta, Alberto A. ; (2007); " El Desafío Profesional y Ético de la Vida Militar"; Boletin del Centro Naval Nro 815 mayo/agosto 2007 ; Centro Naval ; BsAs.
- Salinas Granda, C. (2021). Filosofía Política de la Guerra. Miami -Florida: Primigenios.
- Bosio, Nick, (2018), Understanding War's Theory: What Military Theory Is, Where it Fits and Who Influences it. | Australian Army Research Centre (AARC)
- Jiménez Escamilla, H. (2016). Epistemología y disciplinas. Colombia: U. Santo Tomas.
- Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional, (2020) CESEDEN, Cuestiones sobre Etica militar, Instituto Español de Estudios Estratégicos (IEEE), https://emad.defensa.gob.es/Galerias/CCDC/files/CUESTIONES_SOBRE_ETICA_MILITAR.pdf
- Medici, Hector,(1949), "La Matemática en la Guerra", Colegio Militar de la Nación, Conferen-

31 Defensa y seguridad, C+I+i, medicina y salud, organización y logística, educación, diplomacia, estabilidad y orden interno, ...)

cia pronunciada ante el Cuerpo de Cadetes del Colegio Militar de la Nación por el profesor del Instituto Ing. Héctor J. Medici, el día 30 de Julio de 1949, Reedición digital por el CEPTM "Grl MOSCONI", https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/wp-content/uploads/2024/09/La-Matematicas-en-la-Guerra.pdf

(*) Juan Carlos Perez Arrieu: Coronel (R) 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 – EST). Fundador, ex director y analista del Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Grl Mosconi de la Facultad de Ingeniería del Ejercito, Docente de la FIE – UNDEF, Docente Investigador y Sec Tec Dpto Ing Mec de la de la UTNFRGP, miembro del Área de Prospectiva de Energía Eléctrica - APEE y del CIDIV Centro de I&D Ingeniería Vehicular UTN FRGP.

1.7

Epistemologia
La Ciencia Militar

Por GD (R) D. Carlos Enrique Laidlaw (*)

El Centro de Estudios Prospectivos Tecnológicos Militares "Grl Mosconi" (CEPTM) de la FIE tiene el enorme agrado de reeditar y presentar el ensayo sobre epistemología militar del GD OEM EA D. Carlos Enrique Laidlaw. El tema en particular tiene pocos antecedentes en nuestro país por lo complejo y transdisciplinario de su campo de estudios.

El ensayo del GD Laidlaw se expuso en el IESE el 07 de noviembre 2005, llegando con alguna copia a nuestros días en manos de un miembro del CEPTM; es por ello que luego de analizarlo se decidió tomar contacto con el autor discutiendo y remarcando la importancia de su publicación y difusión a la cual gentilmente accedió . Esperamos que sirva para futuros estudios de "ciencia militar" y a una mayor comprensión de la profesión y disciplinas militares.

CEPTM "Mosconi" – FIE – Agosto 2024

"Todos los hombres, tienen por naturaleza, el deseo de saber"
ARISTÓTELES[1]

Introducción

La finalidad de este ensayo es realizar una investigación sobre el asunto mencionado en el título, que ha interesado al autor por la sentida necesidad de comprender mejor el concepto y su contenido, dadas las diferentes interpretaciones y la dificultad en encontrar antecedentes afines.

Tal interés surgió y se consolidó luego de la búsqueda, consulta y estudio de la diversa bibliografía publicada (nacional y extranjera) así como de los aspectos íntimamente relacionados con la tarea, como consecuencia de lo cual se llegó a la conclusión que era necesario: 1) Establecer una clara definición de la misma, 2) Precisar las bases para realizar una investigación científica de naturaleza

1 ARISTÓTELES. "Metafísica". Libro Primero. Capítulo I. Editorial Iberia. Barcelona. España. 1968. Pág. 3, porque ello es imprescindible para hacer algo adecuadamente.

militar, 3) Desarrollar un análisis generalizado e integral para determinar una Teoría Militar sobre los conocimientos necesarios y esenciales de su contenido y 4) Culminar con algunas reflexiones sobre la posterior transmisión científica-pedagógica de los mismos

El Objeto de este ensayo, surgido de una investigación exploratoria, es:

"Presentar un conjunto de reflexiones generales necesarias para desarrollar en forma abreviada una TEORÍA sobre la CIENCIA MILITAR, específica de las Fuerzas Armadas y del nivel Conjunto de la Defensa Nacional, para su posterior aplicación en el ARTE MILITAR, con el apoyo imprescindible de la CIENCIA de la EDUCACIÖN, que habilite con eficiencia y eficacia al hombre de armas para el ejercicio de su profesión""

Los Objetivos particulares seleccionados son:

1. Considerar los Conceptos Básicos del Tema (PRIMERA PARTE) en cuyo desarrollo se esclarecerán las nociones referidas a cada uno de los conceptos que componen el Tema, con la intención de definir qué es la CIENCIA MILITAR.
2. Establecer las bases para realizar una Investigación Científica de naturaleza militar (SEGUNDA PARTE) a cuyo fin se considerarán: 1) El problema de la Ciencia Militar, 2) El objeto de la Ciencia Militar, 3) El diseño de la Ciencia Militar, 4) El método aplicado, 5) El Sistema de Defensa Nacional y Políticas derivadas y 6) La exoestructura nacional y su relación con la Defensa Nacional, cuyos enfoques tienen la intención de plantear el contexto dentro del cual se encuadrará la siguiente actividad.
3. Desarrollar, en forma sintética y general, el Contenido de la Ciencia Militar (TERCERA PARTE), según las diferentes Causas de su Etiología, así como aquellos aspectos referidos al Proceso Decisorio, que configurarán la Endoestructura de la Ciencia Militar, con la intención de visualizar los aspectos principales que deben ser tenidos en cuenta en el desarrollo de los conocimientos básicos específicos del profesional militar.

   Tal desarrollo de los conocimientos debería realizarse en forma escalonada y sucesiva a través de las pertinentes disciplinas en las cuales se fraccionan los mismos, con la finalidad de elaborar los diseños curriculares en los respectivos Sistemas Educativos de las FFAA y Conjunto, en sus diferentes niveles académicos, a cargo de un Equipo de Trabajo de Expertos.
4. Considerar de igual modo aquellos aspectos relacionados con la Ciencia de la Educación aplicada a la Ciencia Militar (CUARTA PARTE), dada la necesidad de transmitir los conocimientos teóricos a través de los enfoques pedagógicos y didácticos correspondientes, para establecer la forma de enseñarlos en los pertinentes Institutos de Formación, Perfeccionamiento y Especialización, Escuelas y Unidades, a fin de capacitar al profesional militar en las correspondientes disciplinas y sus interrelaciones endógenas y exógenas, así como aplicar los conocimientos.

Por último debe destacarse que la completa capacitación profesional se realiza a través de la alternancia académica y práctica en los diferentes niveles orgánicos ya que la Teoría proporciona las bases para la capacidad de Obrar con eficacia y, en aquéllos superiores, la aptitud necesaria para desarrollar el Arte Militar, en tanto siempre es imprescindible previamente -en toda situación, momento y lugar- "Saber para Obrar", razón de la existencia de una Ciencia Militar.

En síntesis, el presente trabajo constituye un escrito, lo más breve posible dentro de la complejidad y amplitud del Tema, que desarrolla un aspecto importante para el profesional militar sin cuyo

conocimiento y aplicación carecerá de la idoneidad requerida para cumplir adecuadamente sus funciones de acuerdo con su grado y jerarquía, puesto orgánico correlativo y el escalafón al cual pertenece.

El tema ha sido considerado desde un punto de vista objetivo, en cuanto se refiere a los aspectos que "tienen existencia real e independiente de la conciencia" y están relacionados con la aplicación de los mismos en ese fenómeno particular de naturaleza sociopolítica que es la Guerra.

Debe destacarse, por último, que se trata de un escrito "abierto", con vistas a su reconsideración y perfeccionamiento, por parte de los interesados en este tema.

Primera parte

Conceptos básicos

Esta PARTE está destinada a satisfacer la primera exigencia de los Objetivos de este trabajo que es el esclarecimiento y ordenamiento de las nociones que integran el tema, así como establecer el proyecto de un significado común e integral del título.

Se comenzará considerando la denominación singular del Tema, en razón de la pluralidad que le asignan algunos autores, para luego considerar el significado y sentido del sujeto "CIENCIA", seguido por el significado y sentido del predicado "MILITAR", a fin de tratar finalmente una conceptualización de la integración de ambos términos: "LA CIENCIA MILITAR", que está íntimamente relacionada con su aplicación en el "ARTE MILITAR".

Así se considera que:

1. Es necesario dilucidar y remarcar la singularidad de la denominación del tema elegido ("LA CIENCIA MILITAR") frente a la pluralidad ("LAS CIENCIAS MILITARES") que caracteriza a los títulos de algunos importantes trabajos sobre el mismo asunto.

La pluralidad constituye una irregular interpretación de la misma, muy similar, por ejemplo, a la que ocurre con la CIENCIA POLÍTICA, tal como por ejemplo, la define Marcel Prélot[2], en contraposición con la usual denominación de "Ciencias Políticas". Otro tanto acontece con la CIENCIA ECONÓMICA y la referencia a las "Ciencias Económicas", que ha sido definida por Lionel Robbins en 1932 (una de las más aceptadas por los especialistas) como "La ciencia que estudia la conducta humana como una relación entre fines y medios escasos que tienen usos alternativos".[3] En tal sentido:

a. La Singularidad es "la cualidad de singular" que, a su vez, significa "único en su especie", siendo "especie" el "conjunto de cosas semejantes" o su sinónimo "género", que es "un conjunto de cosas que tienen caracteres comunes".

Tales definiciones indican que la singularidad está dada por: 1) ser "única en su especie" y que, en tal carácter,2) "está compuesto por un conjunto de cosas semejantes que tienen caracteres comunes". Ello no significa Pluralidad, sino Complejidad una cosa muy diferente, ya que el asunto considerado es "único en su especie", tal como resulta del enfoque Militar de la Ciencia.

b. La Pluralidad, por otra parte, es la "calidad de ser más de uno", como es el caso de las "CIENCIAS SOCIALES" que está integrada por varias CIENCIAS que se agrupan porque se ocupan,

---

2 PRÉLOT, Marcel. "La Ciencia Política". EUDEBA SEM. Segunda reimpresión 1997. Buenos Aires. Pág. 9

3 ECOLINK.COM.AR # Ciencia Económica. http://www.econlink.com.ar/definicion/economia.shtml

individualmente y en singular, de diferentes aspectos relacionados con un mismo asunto: el comportamiento y actividades de los seres humanos. Así, ellas se refieren al estudio de la cultura, la política, la economía, la sociedad, etc., todas las cuales se caracterizan por la interacción social y la forma como se organiza el ser humano. Por tal razón, toda conducta (incluso la guerra) si interactúa con otros seres humanos, es social.

c. En síntesis, la denominación singular de "CIENCIA MILITAR" es correcta porque es "única en su especie" e integra, por definición, las plurales "CIENCIAS SOCIALES".

2. El segundo aspecto a explicar se refiere a los términos que integran el título del trabajo, comenzando por la definición de "CIENCIA" el sujeto (o sustantivo) de la proposición formulada, en el sentido que es una "oración que expresa un concepto cabal". Así:

a. La CIENCIA (del latín *"scientia"*, derivado del verbo *"scire":* saber) es el "conjunto de conocimientos especulativos obtenidos mediante la observación y el razonamiento sistemáticamente estructurados" relacionados con determinados objetos o fenómenos, que configuran una TEORÍA, ya que son independientes de toda aplicación.

Profundizando la definición puede expresarse que la Ciencia es "el conocimiento de las cosas por sus fundamentos, razones y causas"[4]

Como consecuencia de tales nociones, se puede afirmar que la Ciencia es un conocimiento metódico y ordenado, derivado del examen, el estudio (inducción o deducción) y la experimentación cuando ella es factible, ejecutada para conocer la naturaleza y principios de lo que se estudia.

Es imposible la Ciencia sin primeros principios. En tal sentido está relacionada con la Filosofía (la Ciencia de las Ciencias) que tiene por finalidad "justificar y defender los principios de la ciencia, porque determina los objetos primeros sobre los cuales operan y determinan la naturaleza de la misma, su valor y límites".

En tal campo se vincula con la Epistemología, una disciplina filosófica que estudia "la definición del saber y los conceptos relacionados, las fuentes, los criterios, los tipos de conocimiento posible y del grado con el que cada uno resulta cierto; así como de "la relación exacta entre el que conoce y el objeto conocido; la naturaleza y validez del conocimiento científico". (Ferrater Mora).

Por ello, algunos autores la denominan la "Filosofía de la Ciencia" y está relacionada con la Gnoseología o "Teoría del Conocimiento".

1) El conocimiento, objeto de la Ciencia, por su parte es "la acción y efecto de conocer", esto es "averiguar por el ejercicio de las facultades intelectuales que buscan ver cosas o hechos fuera de nosotros"."Su razón es explicar las ideas y las relaciones entre los objetos.

Desde un punto de vista práctico lo primero que se requiere es "identificarlo" (Qué es) para luego "aislarlo" (De qué se trata) y, posteriormente "relacionarlo" (Cuál es su contexto) con otros afines, anteriores y posteriores; superiores, inferiores o colaterales. Es decir temporal y espacialmente

De allí que el "conocimiento" es una problemática entre el sujeto que quiere conocer y el objeto de lo que se desea conocer.

---

4 QUILES, Ismael. R.P. "¿Qué es la filosofía?" Club de Lectores. San Martín. Bs. As. 1973. Pág. 19

2) El conjunto de conocimientos, debidamente integrados e interrelacionados con otros, constituyen un "sistema de ideas", establecidas provisionalmente, denominados "conocimientos científicos" que sirven de base para realizar una "actividad productora de nuevas ideas", mediante la investigación científica.[5]

Los "conocimientos científicos" se obtienen por procedimientos puntuales y precisos, utilizando razonamientos lógicos y respondiendo a una búsqueda intencional, por la cual se delimitan los objetivos y se previenen los medios y el método, tal como ocurre con la PARTE II.

3) Las Ciencias, según procuren o no el Conocimiento Objetivo, se clasifican:

> "Ciencias Formales" que son racionales, sistemáticas y verificables pero no son Objetivas porque no proporcionan información sobre la Realidad.

> "Ciencias Fácticas" cuyas características son completamente diferentes porque son Objetivas, dado que se refieren a una determinada Realidad, esencialmente probable.

"El conocimiento de la realidad es objetivo porque concuerda aproximadamente con su objeto, vale decir que busca alcanzar la "Verdad Fáctica" y porque "verifica la adaptación de las ideas a los hechos"... Ambos rasgos de la Ciencia Fáctica están íntimamente soldados.[6]

Por otra parte, el filósofo español Jaime L. Balmes (1810/1848) expresa en el Capítulo I de su obra "El Criterio" # I: "El pensar bien consiste en conocer la verdad o en dirigir el entendimiento por el camino que conduce a ella. La verdad es la realidad de las cosas" (Ed. SOPENA ARGENTINA. Sexta Edición. Octubre. 1954)

4) Desde el punto de vista del criterio lógico las Ciencias fácticas "están en relación con

a) Las Ciencias Ideales, porque el conocimiento científico militar se basa en principios lógicos, tal como ocurre con la Ética profesional militar y

b) Las Ciencias Reales, porque los hechos específicamente militares se analizan con las conexiones profundas que tienen con la guerra y los condicionamientos del Derecho, la Política, las Relaciones Exteriores, la Economía, la Sociología, etc."

5) La Ciencia, debe destacarse por último, impone elaborar una TEORÍA que determina un conjunto de conocimientos relacionados entre sí, derivadas de principios generales referidos a determinados objetos o fenómenos.

b. La TEORÍA (del griego *theorein*, observar) es: 1) Una visión inteligible, 2) Una apertura a lo real, 3) Una construcción intelectual que aparece como resultado del trabajo científico que describe una realidad o un fenómeno particular, lo cual permite una explicación de los hechos orientados a deducir otros hechos y 4) Una simplificación abstracta de lo real y una puesta al día de sus relaciones esenciales y fundamentales.

c. En síntesis, la CIENCIA es un "sistema de ideas racional, sistemático, exacto, confiable y por consiguiente falible" que -a través de la investigación científica- permite al especialista alcanzar una construcción conceptual de los aspectos relacionados con el fenómeno que estudia.

---

5 BUNGE, Mario. "La Ciencia. Su método y filosofía". Editorial Sudamericana. Pág. 12

6 BUNGE, Mario. Op. cit. Pág. 21 y 21/46, respectivamente

Su aprehensión intelectual, mediante la elaboración de una TEORÏA, permitirá a los profesionales que se dedican al estudio de dicho fenómeno su posterior aplicación en tanto es necesario, como ya se expresó, "saber para obrar", única razón que justifica la misma, por la cual lo científico ha pasado a ocupar un lugar preeminente en la escala de valores de nuestra sociedad, respondiendo al antiguo sentido del epígrafe.

3. El tercer aspecto a explicar se refiere a la definición de "MILITAR", el predicado (lo que se dice del sujeto), utilizado como adjetivo del enunciado, el cual en tal carácter permite calificar al sustantivo, determinando su cualidad que lo distingue de otros, configurando de tal modo la mencionada proposición del Tema y determinando su carácter de "único en su especie científica".

La noción de "Militar" tiene varios enfoques según el artículo que se use. Tienen un significado particular los siguientes enfoques:

a. "Lo militar" (el género neutro es usado para expresar conceptos) se refiere a todos aquellos aspectos relacionados con la profesión militar y vincula la Ciencia (saber) y el Arte de la Guerra (obrar), en cuanto a los conocimientos educativos y prácticos requeridos por el personal de las FFAA para integrar los elementos de la estructura militar de la Defensa Nacional y cumplir su finalidad. En particular, tales conocimientos fácticos son necesarios para la capacitación en la Conducción y Administración de los elementos orgánicos específicos o conjuntos, además de considerar aquéllos otros conocimientos formales necesarios en el proceso y materialización de la Producción para la Defensa.

b. "El militar" está definido en el diccionario como "aquél que profesa la milicia", término que significa "el arte de hacer la guerra o servir en la guerra". Tal denominación se refiere al "ser militar", un concepto que designa a la persona que profesa una determinada vocación y decide seguir la "carrera de las armas" o carrera militar para prestar un servicio a su país en ese campo.

Para ello necesita de los conocimientos profesionales que le proporciona la Ciencia Militar, de acuerdo con el 1) Grado y jerarquía, 2) Puesto o cargo que le corresponde desempeñar 3) Escalafón en el cual revista (condicionantes de la capacitación) en las diferentes Etapas de Formación, Perfeccionamiento y 4) Especialización específica o conjunta.

También incide el campo donde ellos se aplican, sean éstos: a) Operaciones Específicas de cada Fuerza Armada; b) Operaciones Conjuntas cuando se integran para operar dentro del nivel superior de conducción del Instrumento Militar de la Defensa Nacional u c) Operaciones Combinadas o Multinacionales, cuando se integran con Fuerzas Armadas de otros países, regionales o internacionales.

En cualquier situación deberán tenerse en cuenta los valores o principios éticos y sociales de su tradición histórica, las normas constitucionales y bases legales (propias, complementarias o afines) con su correspondiente reglamentación.

c. <u>En síntesis</u>, el Militar hacia quien va dirigida la necesidad de la Ciencia correspondiente, requiere los conocimientos completos necesarios para ejercer su profesión, de acuerdo con la Fuerza Armada donde revista o, eventualmente, su integración en el Estado Mayor Conjunto de las FF.AA (EMCFFAA) o Comandos Operacionales en función de los tres condicionantes de la capacitación determinados en 2. a., segundo párrafo, a fin de "hacer la guerra", considerando el plano social y cultural dentro del cual actúan y del cual provienen sus integrantes.

En otras palabras la relación entre los conceptos "militar y su preparación para "hacer la guerra", constituye el "FUNDAMENTO" de esta Ciencia, tal como se expresa en el segundo párrafo de 2. a., al profundizar la definición.

4. La "CIENCIA MILITAR" es, gramaticalmente, una oración que expresa un concepto cabal y afirmativo entre un sujeto (Ciencia) y un predicado (Militar) que lo determina.

Conceptualmente, expresa un juicio referido a "una ciencia fáctica o empírica, no experimental, de acuerdo con el criterio gnoseológico"[7], que da origen a una TEORÏA MILITAR y busca la verdad ateniéndose a la realidad y, por lo tanto, a la objetividad del conocimiento específico de dicha profesión.

Ella tiene sentido sólo si se la relaciona con su aplicación en la práctica, en tiempo de paz, a través del adiestramiento sea mediante el auxilio "computacional" en el ámbito académico o ejercitaciones en el terreno, que transforman los conocimientos en experiencia, esto es la enseñanza que permite adquirir el conjunto de preceptos y reglas necesarios para desarrollar con creatividad el Obrar y el Arte Militar en la guerra, a la vez que permite su evaluación.

Así, la Ciencia y el Arte se encuentran indisolublemente unidos, en tanto el saber técnico es imprescindible para el obrar en dicho campo, como los valores axiológicos son necesarios para el obrar ético, de acuerdo con una recta conciencia profesional.

Retomando el punto de vista del obrar, es necesario que el profesional ponga de manifiesto los conocimientos en las ejercitaciones en tanto es "una actividad inmanente al individuo que añade perfección al sujeto que la cumple".[8]

El obrar, en consecuencia, corresponde a una actitud y una conducta orientada por una acción ética-profesional y técnico-profesional, dentro del ámbito socio-cultural. Tiene un carácter transitivo que enriquece a la persona, dado que vuelve a sí mismo, bajo la forma de destreza y habilidad, debido a la comprobación de los conocimientos en las ejercitaciones en el terreno, en tiempo de paz, para aplicarlo en la guerra.

Complementariamente la Ciencia Militar, requiere de los conocimientos que proporciona la Ciencia Formal que es racional, sistemática y verificable, para el desarrollo y producción de los sistemas de armas para la Defensa, necesarios y adecuados a la acción militar (especialización), cuya materialización está en función de las posibilidades de atenderlas con los recursos financieros que se le asignen a la Defensa Nacional, de donde resultará la eficacia material de su Instrumento Militar.

Para comprenderla adecuadamente, debe tenerse en cuenta el hecho existencial que la CIENCIA MILITAR de las FFAA, éstas constituyen un Sistema, dentro del Supersistema de la DEFENSA NACIONAL y, éste a su vez, es un factor o expresión de Poder que integra el Suprasistema de la POLÍTICA NACIONAL, que se inscribe dentro del Universo del DERECHO INTERNACIONAL y NACIONAL, en el contexto específico de las CIENCIAS SOCIALES.

De allí que, cuando se habla de la Ciencia Militar, no se puede ignorar la complejidad de los conocimientos que requiere los cuales se materializan en una gran cantidad de disciplinas (del latín "discere" que significa aprender, de donde deriva *"discipulus"*[9], siendo discípulo: "persona que aprende una doctrina, ciencia o arte bajo la dirección de un maestro") que constituyen los currículos, de los diferentes niveles académicos de los Sistemas Educativos de las FFAA, cuya metodología de enseñanza corresponde a la CIENCIA DE LA EDUCACIÓN.

De allí la estrecha relación entre la CIENCIA MILITAR y la CIENCIA DE LA EDUCACIÓN, en general -y la Pedagogía con su Didáctica en particular- en cuanto hace a la transmisión de los conocimientos referida al saber científico y cultural de las disciplinas que conforman el hecho educativo, que surgen de los respectivos diseños curriculares interdisciplinarios.

---

7 CASTILLO de HIRIART, Nelly. Licenciada. "Bases Epistemológicas para la elaboración de diseños curriculares en el Sistema Educativo del Ejército". Trabajo inédito. Pág. 63

8 Aut. cit. y otro."Las Ciencias Militares". Revista ESG Nº 508. Pág. 30

9 CASTILLO de HIRIART, Nelly. Licenciada. Op. Cit.

En síntesis, la CIENCIA MILITAR tiene por finalidad elaborar una TEORÍA MILITAR, específica o conjunta, que permite al profesional adquirir los conocimientos necesarios, a lo largo de su carrera, en relación con su preparación para la guerra, utilizando inicialmente los fundamentos de la Ciencia de la Educación, en su parte académica y, posteriormente, en las Unidades operacionales respectivas para desarrollar la práctica.

De allí la necesidad de dejar expresa constancia que el Militar "sin Teoría hace que la práctica sea ciega, así como sin práctica la Teoría Militar (y con ella la Ciencia) sea una utopía"

5. Por último, es necesario tener en cuenta la interrelación entre el Saber y el Hacer (u Obrar del Arte militar), para lo cual es necesario seguir -según opinión personal del autor- los siguientes pasos en el orden práctico:

1) "Saber", es decir tener conocimientos Éticos y Técnicos-profesionales sobre la preparación para la guerra. Constituye un Saber teórico, científico, propio de la Ciencia Militar. Ellos son necesarios para…
2) "Saber Hacer" es decir disponer del Saber Práctico que se pone a prueba mediante la aplicación continua de los conocimientos y la creatividad, esencia del Arte de la guerra, en los diferentes niveles orgánicos y cuya repetición es necesaria para dominar el obrar militar.
   Pero ¿qué ocurre con los subordinados que integran los diferentes conjuntos y carecen de ambos conocimientos? Obviamente es imprescindible...
3) "Hacer Saber", esto es transferir los conocimientos teóricos de la Ciencia Militar, necesarios a los integrantes del correspondiente conjunto, que por jerarquía le corresponde comandar y aplicarlos en ejercitaciones (Educar, Instruir y Adiestrar), oportunidad a partir de lo cual recién podrá...
4) "Hacer Hacer", esto es que el conjunto sea apto para ejecutar la misión o tarea que se le imponga, oportunidad en la cual se materializa el ejercicio del mando y del comando.

Recién entonces el profesional y la fracción, unidad, gran unidad, comando u organismo, según corresponda, pueden actuar como un conjunto "eficiente" en los efectos y "eficaz" en el logro de un propósito, a partir de la aplicación de tales conocimientos en ejercitaciones prácticas, sean éstas específicas, conjuntas o combinadas para obtener los resultados que justifican su razón de ser existencial frente a la opinión pública nacional. (el eficiente y eficaz ejercicio de sus funciones)

De tal modo su capacitación le permitirá mostrar a la sociedad lo que ella espera de sus Fuerzas Armadas y para cuyo sostenimiento realiza importantes esfuerzos, mediante el pago de impuestos que aportan los recursos financieros necesarios para su sustentación. (Compromiso y obligación moral del profesional militar)

Segunda parte

Bases para la investigación científica

Esta PARTE está destinada a satisfacer la segunda exigencia de los Objetivos de este trabajo que es el tratamiento de diferentes enfoques necesarios para realizar la Investigación Científica para señalar el contexto y establecer una orientación para fijar el Contenido de la Ciencia Militar.

1. El problema de la Ciencia Militar

El problema de la CIENCIA MILITAR (CM), como todas las ciencias, pero muy especialmente en ésta

considera aquellos aspectos que permiten introducirse en este campo específico a partir de nociones básicas generales y particulares.

a. Nociones básicas generales. El conocimiento sistemático que imponen las Ciencias y, consecuentemente la CM, se apoya en la clasificación aristotélica de las tres operaciones del Espíritu:
1) Saber ("*Théôrein*") que se refieren al conocimiento teórico y especulativo.
2) Hacer ("*Prattein*") que se refiere al conocimiento práctico u operativo.
3) Crear ("*Poïein*", derivado de "*poiesis*") que se refiere al proceso que desarrolla la virtud, disposición y habilidad para hacer algo nuevo que no existe y que se introduce por primera vez. Constituye una acción que indica y refleja la sabiduría que es "el grado más alto y profundo del conocimiento de las ciencias, letras o artes"[10]

1) El "saber teórico", la Teoría, no se ordena a otra cosa que al conocimiento mismo, pero prepara a la persona para una acción distinta a sí misma. Es analítico
2) El "hacer práctico" es un acto de la voluntad, posterior a la intelección, que desarrolla una aptitud donde concurren diferentes rasgos por planos orgánicos y campos de la personalidad social, intelectual, ético-espiritual, ético-profesional y técnico-profesional que hacen al perfil profesional[11] y desarrolla una nueva aptitud. Es sintético.
3) El "proceso creativo", corresponde al Arte Militar ya que desarrolla una actitud y una conducta para producir algo que no existía antes y que requiere de una evolución que combina el "saber", el "hacer" y el "crear", ante circunstancias condicionadas por la voluntad del enemigo.

Esta última operación del espíritu (crear) puede sintetizarse en la aplicación de las siguientes acciones reunidas por el autor y denominada como la Regla de las 5 Íes[12], ya que requiere:

1º Información, para obtener los elementos de juicio que le permitan configurar el cuadro de la situación a fin de meditar (discernir) y juzgar (deliberar y decidir) para luego obrar, mediante la
2º Iniciativa, a fin de aplicar esa "alta cualidad militar" que se "ejercita con la orientación debida" y se desarrolla "mantenida dentro de justos límites" (antiguo Reglamento Interno del Ejército - Introducción) Ella es imprescindible para movilizar las fuerzas interiores del individuo, a fin de proceder de la mejor manera en procura de un objetivo con inteligencia (del latín "*intelligere*", que viene de "*intus-legere*" esto es "leer adentro, leer en hondura")
3º Imaginación, para cultivar esa cualidad de la conciencia que permite concebir y facilita la formación de ideas, proyectos, etc., transformando las impresiones recibidas de la realidad en otras ideas diferentes por medio del talento, la intuición y la clarividencia o intelecto (del latín "*intellectus*" que viene de "*intus-lectus*" que significa lectura iluminada, penetrante y profunda de la realidad)
4º Innovación, para fomentar la capacidad de inventar, descubrir y crear nuevas ideas, pro-

10 PRÉLOT, Marcel. Op. cit. Pág 17 y Diccionario de la Real Academia Española. (RAE)

11 CASTILLO de HIRIART, Nelly. Licenciada. Op. Cit.

12 LAIDLAW, Carlos Enrique. Grl Div (R) "Concepto personal"

cesos o sus modificaciones que, en su conjunción armónica con las anteriores, conllevan a alcanzar su máxima expresión en la

5º IDONEIDAD, para convertirse en un individuo competente, diestro, hábil que tiene la aptitud profesional para desarrollar y lograr hacer algo de una manera completa, eficiente y eficaz en tiempo y forma, relacionado con su posición orgánica y consiguiente responsabilidad.

Completando y reforzando este concepto conviene recordar lo expresado en la Constitución Nacional en su Artículo 16º donde establece que "Todos sus habitantes son... y admisibles en los empleos sin otra condición que la idoneidad".

Tal es la exigencia moral y material de la necesidad de su obtención para lograr lo que se pretende en el campo profesional militar.

b. Nociones básicas particulares

1) **Generalidades sobre la investigación científica militar.** Es el conjunto de acciones metodológicas que persiguen descubrir los conocimientos de la C M dentro de un "enfoque sistémico" ("una manera de concebir las cosas, así como de abordar y formular problemas"[13]) con una visión global de la realidad presente y futura.

Requiere un estudio cuidadoso, sistemático y paciente en el campo militar para establecer los conocimientos pertinentes[14] y aquéllos otros relacionados con el mismo.

A tal fin se deben hacer diligencias para descubrir cuales son ellos, lo cual impone realizar actividades intelectuales y experimentales, de modo sistemático y futurables

En síntesis, la investigación científica militar procura materializar la creación de la estructura de los conocimientos y su aplicación en las funciones que se exigen en los distintos niveles orgánicos de ejecución acorde con sus responsabilidades, en función del objeto del estudio de la CM y configurando una Teoría Militar para el presente teniendo en cuenta la futura evolución de la guerra.

De tal estructura deben deducirse las disciplinas, las cuales se desdoblarán académicamente para realizar los Diseños Curriculares de los diferentes niveles de capacitación de los Sistemas Educativos, que luego se llevarán a la práctica en los diferentes Institutos de la correspondiente organización militar, con la asistencia de la Ciencia de la Educación.

2) **Análisis básico para determinar el Objeto.** Para tener una clara concepción del mismo es importante plantearse las siguientes preguntas sobre la CM, a fin de identificar su Objeto:

a) ¿De qué se trata? (Determina la naturaleza de la misma): La respuesta es "Desarrollar los conocimientos profesionales relacionados con la finalidad de prepararse para la Guerra, en función de los perfiles que correspondan a las diferentes grados y jerarquías según las funciones que deban desarrollar en cada Fuerza o en los elementos conjuntos o combinados.

b) ¿Por qué se eligió el tema? (Explica la razón por la cual se seleccionó el tema): La respues-

---

13 BUNGE, Mario. "Sistemas Sociales y Filosofía". Editorial Sudamericana, Buenos Aires. Pág. 7

14 Cf. WEBSTER. "New Dictionary of the American Language. The World Publishing Company. Cleveland y New York. USA. 1957.

ta ?es[15 y 16]a) "Llenar un vacío o cubrir inconsistencias en el área de estudio de la Ciencia considerada, b) Penetrar en la realidad existencial de la misma para superar incongruencias, disipar contradicciones o esclarecer asuntos polémicos que requieren una investigación y c) Explicar situaciones concretas que configuran un problema producto de hechos, escritos, lecturas, etc."

c) ¿Para qué se desarrolla el mismo? (Expresa la finalidad particular de la investigación científica): La respuesta es "Determinar, en forma general, el conjunto de conocimientos militares necesarios, teniendo en cuenta su articulación, la coordinación interna y el desdoblamiento de los mismos en los niveles de las organizaciones específicas y conjuntas (endoestructura), así como su interrelación con otras Ciencias de nivel superior o colateral, que lo complementan o condicionan (exoestructura)".

La respuesta detallada de las preguntas 1) y 3) permiten determinar la RAZÓN ("Argumento aducido en apoyo de algo"), configurando el Objeto de la Investigación sobre la CM y satisfaciendo la segunda exigencia establecida en la PARTE 1, apartado 2.a., segundo párrafo. :

2. Objeto de la Ciencia Militar

a. Conceptos generales. La CM procura desarrollar los conocimientos teóricos de la realidad militar necesarios para satisfacer las exigencias de los recursos humanos, de naturaleza operacional, administrativa y productiva militar del sistema de la Defensa Nacional (DN) y de la organización de cada una de las Fuerzas Armadas (FFAA), a fin de proporcionar las bases que permitan practicar los mismos y, así, desarrollar sus capacidades para hacer la guerra, cuando lo disponga el Poder Ejecutivo Nacional, en su carácter de Comandante en Jefe de las FFAA.

Tal empleo de las capacidades militares podrá tener lugar frente a determinadas circunstancias internacionales que puedan afectar la soberanía o independencia nacional frente a una agresión (exigencia nacional), respondan a compromisos con países vecinos que impongan integrar un Sistema de Seguridad Regional (exigencia supranacional regional) o de acuerdo con el artículo 43 de la Carta, contribuyan al mantenimiento de la paz y la seguridad internacional como integrante de las Naciones Unidas (exigencia supranacional internacional).

Los conocimientos deben dirigirse al estudio y práctica de los factores éticos-sociales-culturales y específicos (fácticos) o productivos (formales) que respondan a su naturaleza y determinen o condicionen la preparación teórica de los militares profesionales y los individuos integrantes de los conjuntos.

Están orientados al "deber ser" para enfrentar a un mundo convulsionado, conflictivo, deshumanizado en la acción, esto es con "una evolución in crescendo de la agresividad", donde "la rivalidad se convierte en odio" por diferentes y múltiples razones.

Ello permitirá la posterior aplicación de la violencia de las armas (Arte Militar) para atender las necesidades de la DN en la guerra, "un tema grave para una situación grave", frente a la cual no se puede improvisar porque requiere de personal militar capacitado con sistemas de armas adecuados, en acto y potencia, a fin de imponer la propia voluntad al enemigo frente a cualquier agresión.

---

15 BRIONES, Guillermo. "Métodos y Técnicas de Investigación". Editorial Trillas. Pág. 13

16 ASTI VERA, Armando Dr. "Metodología de la Investigación". Revista Escuela Superior de Guerra. Número extraordinario. 1970. Pág. 62

b. Definición. El OBJETO es, en consecuencia:
Capacitar al profesional militar para "cultivar su personalidad, pensar con criterio y obrar con decisión", sobre la base de "la razón actuada sobre el conocimiento" (enfoque científico) y la aplicación del "movimiento sobre la realidad", (enfoque aplicativo) en el contexto de los valores constitucionales e institucionales y bajo circunstancias en las cuales tendrá que poner en juego su vida para ejercer el empleo de la fuerza, a fin de satisfacer los Objetivos Políticos.

3. El diseño de la Ciencia Militar

Determinado el Objeto de la CM corresponde considerar el diseño de la misma orientada a realizar su descripción desde diferentes puntos de vista para la posterior elaboración de los conocimientos necesarios, que permitan el planeamiento, programación y ejecución de la educación, instrucción y adiestramiento militar de los individuos profesionales y subconjuntos o conjuntos orgánicos, para cuyo fin es necesario conocer los siguientes enfoques.

a. La Etiología de la Ciencia Militar[17] es necesaria para comprender las "CAUSAS" de su existencia, que servirán para plantear los conocimientos generales que resultan de las mismas. De esta forma se completan las exigencias que requiere la Ciencia, según lo establecido en la PARTE 1, apartado 2.a., segundo párrafo. (referido a Fundamentos, Razones y Causas de la CM)

Las causas, en su carácter de "origen o fundamento de algo", impone tenerlas en cuenta al formular las bases de la TEORÍA MILITAR en tanto proporcionan bases temáticas conceptuales, las cuales serán analizadas desde el punto vista filosófico-aristotélico, ya que existe:

- Una "causa final" ("el fin que se procura o la realidad hacia lo cual algo tiende a ser"): Emplear el uso de la violencia por parte del Instrumento Militar de la DN (IMDN), en el contexto de una guerra internacional, para preservar los fines de la misma según lo establece Ley Nº 23.554, Artículo 2º, conforme a la decisión política correspondiente, a fin de imponer la voluntad al enemigo y obligarlo a aceptar la paz de acuerdo con los fines políticos.

  También debe estar en aptitud para participar en operaciones regionales junto a otras naciones vecinas o internacionales (a requerimiento del Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas), en función de la correspondiente decisión política del Gobierno Nacional, según los procedimientos establecidos en la Constitución.
- Una "causa eficiente", ("la actividad fundamental que condiciona al propósito"): Disponer de un adecuado y contundente Poder Militar, en acto y potencia, para aplicar la Estrategia Militar Conjunta o Combinada, en tales situaciones, con eficiencia y eficacia a fin de lograr la "causa final".
- Una "causa material", ("aquélla de lo cual surge algo o mediante la cual llega a ser"):
  - Desarrollar los conocimientos específicos de la CM para los recursos humanos que integran las FFAA y el IMDN, según el perfil profesional que corresponda a los individuos, a fin de aplicar con éxito los procedimientos adecuados para cumplir las misiones que se le asignen, previo apoyo de la aplicación de los principios de la Ciencia de la Educación;
  - Disponer de los recursos materiales de equipamiento tecnológicamente evolucionados y
  - Contar con los recursos presupuestarios adecuados a las posibilidades del país para satisfacer las exigencias de la mencionada "causa eficiente"
- Una "causa formal", ("la idea o paradigma, plasmada en el poder y el ordenamiento jurídi-

17 La Ciencia de las Causas

co, que proporciona la constitucionalidad orgánica finalista"): Tener en cuenta las normas constitucionales y legales, así como a las ético-profesionales que surgen de las respectivas tradiciones Institucionales de las FF.AA., a fin de asegurar la legitimidad de las acciones y la aplicación de los valores, dentro de los conocimientos de la CM.

b. El Proceso Decisorio a los fines del Planeamiento es la secuencia de las actividades y responsabilidades de los órganos Político-militares que tienen participación en el sistema de la DN, de acuerdo con la Ley de Defensa Nacional y su Reglamentación.

Él permite adoptar aquellas resoluciones que dispongan la ejecución de las acciones operativas políticas-militares para el empleo del IMDN, correspondiente al Planeamiento Nacional en el campo de la Seguridad Nacional (defensa nacional y seguridad interior), al Planeamiento Militar Conjunto a nivel de la Estrategia Militar y planes derivados, así como las acciones administrativas de las FFAA para satisfacer las exigencias del Sistema de Planeamiento Militar.

Su importancia y trascendencia reside en el hecho que ellas se relacionan con la "cuestión existencial del Estado" y, consecuentemente, con la defensa de los intereses vitales de la Nación frente a cualquier agresión.

Tales decisiones se toman con el asesoramiento de los organismos creados a tal fin en los respectivos niveles, por los mencionados instrumentos legales, con la participación protagónica de la Inteligencia Nacional y Militar.

El Enfoque Decisorio a los fines del Planeamiento proporcionará los conocimientos teórico-decisionales del aspecto sistemático de la Teoría Militar.

Su conocimiento se combina con aquéllos otros obtenidos por vía del análisis causal de la Etiología de la Ciencia Militar, mencionados en el apartado anterior y, de tal forma. los dos enfoques configurarán la Teoría Militar.

4. El método científico a aplicar en la Ciencia Militar

a. La metodología científica teórica procura la búsqueda y hallazgo de la verdad mediante el "método de descubrimiento" o, la refutación de esas verdades, según el "método de justificación".[18]

La CM por su naturaleza es una verdad en cuanto atiende una realidad y por consiguiente no es necesario descubrirla ni refutarla metodológicamente, dado que es imprescindible para atender la exigencia de la DN de un país, a fin de asegurar la mencionada "cuestión existencial del Estado" con la intención de evitar situaciones de riesgo o peligro inminente. De allí que los métodos científicos teóricos mencionados no le son aplicables.

Por tal razón se buscará otro camino para su diseño que cumpla las exigencias de "racionalidad" y "objetividad" 17 al cual se lo denominará "método de identificación sistémico militar"

b. El método científico seleccionado para la Ciencia Militar responde a la realidad, en tanto comprende y describe el hecho que

"La Ciencia Militar tiene un carácter sistémico, caracterizados por su complejidad, porque se refiere a diferentes subsistemas del conocimiento del personal que integran las 3 FFAA, dado que cada una utiliza difstintos sistemas de armas, más el correspondiente a los conocimientos necesarios para realizar Operaciones Conjuntas en el contexto de la Estrategia Militar.

---

18 CASTILLO de HIRIART, Nelly. Licenciada. Op. cit. Pág. 69.

El método sistémico tiene un sentido mas objetivo en tanto permite que "la verificación torne más exacto el significado" y es "una condición necesaria para que una proposición sea verificable"[19]

La verificación requiere en primer lugar saber qué es un "sistema".

Un sistema, teniendo en cuenta las dos primeras acepciones que establece el Diccionario de la Lengua Española, es:

> Un "conjunto de reglas y principios sobre una materia racionalmente enlazados entre sí". Se aplica al sistema funcional de cada una de las Fuerzas Armadas o Conjuntas, caracterizadas por su verticalidad jerarquizada.

El sistema funcional comprende el ejercicio de las actividades que realizan los diferentes órganos que integran una Institución (procesos, procedimientos y métodos), ordenadamente relacionados entre sí, estableciendo la competencia, la dependencia y los vínculos funcionales

> Un "conjunto de cosas que, ordenadamente relacionados entre sí, contribuyen a determinado objeto". Se aplica al sistema orgánico de cada una de las fuerzas militares mencionadas.

El sistema orgánico comprende a los elementos que, con el personal necesario, integran una Institución, responsables de cumplir determinada actividad, con: 1) Aptitud (conocimientos adecuados para cumplir con las tareas pertinentes), 2) Armonía ("conveniente proporción y correspondencia de unas cosas con otras") y 3) Consonancia ("relación de igualdad o conformidad que tienen algunas cosas entre sí de naturaleza interna) que contribuye al logro de finalidad para el cual fueron creados.

Relacionando la función con el órgano es conocido que la primera requiere y precede a la segunda porque aquélla justifica la existencia de ésta, estableciéndose de tal forma una íntima relación ordenada entre ambos conceptos. Si existe un órgano es porque debe cumplir una función, caso contrario el mismo es inexplicable e injustificable

Los órganos normalmente están constituidos por personas y medios que ocupan puestos cuyo dimensionamiento requiere, por un lado, estar de acuerdo con la naturaleza de las tareas cuyo cumplimiento exige la función así como aplicar el principio de economía de medios y, por el otro, necesitan de conocimientos particulares que proporciona la CM y le otorgan la correspondiente idoneidad para cumplir con las mismas.

De tal forma la conjunción de todos los elementos mencionados integran el Método Científico de la CM que puede denominarse Sistémico por su carácter "orgánico-funcional-cognoscitivo".

Así se puede arribar a la conclusión que un Sistema Orgánico-Funcional-Cognoscitivo es el ordenamiento de los conocimientos a una actividad vinculada con un conjunto de acciones o tareas propias de una función específica.

Para ello, el sistema requiere de: 1) Reglas o mandatos (fines), 2) Estructuras de poder (organizaciones), 3) Procedimientos (métodos de instrumentación) y 4) Recursos humanos capacitados con conocimientos afines a la organización de cada Fuerza Armada y de los Organismos Conjuntos.

Ellos son proporcionados por la respectiva Teoría Militar del subsistema (Sistema de Capacitación de cada Fuerza) particularizada por los tres condicionantes ya señaladas 1) El grado y

19 BUNGE, Mario. "La Ciencia – Su método y filosofía". Editorial Sudamericana. Tercera edición. 1998. Pág. 20

jerarquía, 2) Los cargos a ocupar y 3) El escalafón al que pertenece, los cuales determinan los perfiles profesionales en los diferentes niveles orgánicos específicos o conjunto.

Para responder a tal metodología científica es necesario referirlo al sistema general de la DN (el Supersistema) dentro de las cuales se inscriben las FFAA, con la intención de desarrollar los aspectos cognoscitivos referidos a la CM de cada Institución, para lo cual deben considerar los siguientes aspectos comunes:[20]

1) Desarrollar "la razón actuada sobre el conocimiento", el conocimiento no meramente de las cosas", sino en su forma sistémica. En cuyo caso debe:
   > Entender los varios sistemas dentro de los cuales se inscribe para comprender el valor exacto de cada uno, así como la respectiva inserción instrumental dentro de los mismos,
   > Referir cada cosa hacia atrás a sus antecedentes, en especial aquellos que mostraron errores (políticos, estratégicos u operacionales) que son necesarios corregir,
   > Proyectar los mismos hacia delante, a su fin, por la necesidad de prevenir los resultados de los continuos cambios que se producen en la tecnología y los procedimientos de la guerra debido a los continuos descubrimientos de las Ciencias y la evolución de la propia realidad internacional y nacional, y con esto:
   > Disponer la capacidad de: a) Remediar las deficiencias, b) Reconocer los errores y c) Hallar soluciones para desarrollar una Teoría que permita actualizar los conocimientos militares con vistas al futuro..

   El enfoque sistémico es una manera de concebir las cosas para desarrollar conocimientos, así como abordar, formular y solucionar problemas que permitan aplicar el "movimiento sobre la realidad", emplear prácticamente los medios frente a las circunstancias, propio del Arte Militar.

   La complejidad del sistema reside en la variada organización de las FFAA, en forma específica, conjunta o combinada, las cuales deben satisfacer múltiples necesidades funcionales y consecuentemente orgánicas y de capacitación (enfoque orgánico-funcional-cognoscitivo).

2) Aplicar el "movimiento sobre la realidad", es una consecuencia del Proceso Decisorio y debe realizar un conjunto de acciones previstas en el Planeamiento Político-Militar, aplicando procedimientos doctrinarios específicos y conjuntos, de acuerdo con la situación internacional y nacional (circunstancias de modo, tiempo y lugar) y la normativa legal y reglamentaria de la Ley de Defensa Nacional.
   > El Planeamiento Político Militar impone adoptar una decisión de tal naturaleza basada en las siguientes hechos: 1) Apreciación de Inteligencia Política-Militar, 2) Apreciación y Resolución Política-Militar que determina la Hipótesis de Conflicto (en el contexto de la Apreciación y Resolución Política Nacional), 3) La Directiva Política-Militar y 4) La Supervisión Política-Militar
   > El Planeamiento Estratégico Militar impone cumplimentar los aspectos doctrinarios para la Acción Militar Conjunta

3) En síntesis, el saber sistémico, dentro de su complejidad, hace uso de la capacidad especulativa propia de la inteligencia humana que lleva a elaborar una forma de pensamien-

20 Cf. NEWMAN. "Selected Discourses on Liberal Knowledge" citado por PALMES, Fernando M, en "Pedagogía Universitaria". "Comentario a la Constitución Apostólica". Editorial BALMES. Barcelona. España. 1940. Pág. 172/173.

to riguroso y construir una Teoría para cada gran exigencia y aquellas otras derivadas.

Ella se logra a través del análisis y la síntesis, para configurar una "doctrina" (en el sentido de "opinión en determinada materia") que expresa la posición oficial sobre los procedimientos que se deben adoptar sobre los diferentes asuntos principales militares a fin de orientar la enseñanza con los conceptos necesarios y suficientes, transformados en las diferentes disciplinas o materias, que permitan organizar y desarrollar la CM, con los correspondientes conocimientos.

5. El sistema de Defensa Nacional

a. La Finalidad.

El Sistema de Defensa Nacional: "Tiene por finalidad garantizar de modo permanente la soberanía e independencia de la Nación Argentina, su integridad territorial y capacidad de autodeterminación; proteger la vida y la libertad de sus habitantes." (Ley de Defensa Nacional, Nº 23554, Artículo 2º)

"Se concreta en un conjunto de planes y acciones tendentes a prevenir o superar los conflictos que esas agresiones generan, tanto en tiempo de paz como de guerra, (así como) conducir todos los aspectos de la vida de la Nación durante el conflicto bélico y a consolidar la paz una vez concluida la contienda".[21]

Los aspectos de detalle de la Finalidad se desarrollan en el TÍTULO II (Ley mencionada, Artículos 7º y 8º)

b. La Estructura y sus Órganos componentes.

El TITULO III establece la Estructura del Sistema (Artículos 9º / 19º) y el TÍTULO IV considera la Organización de las FFAA (Artículos 20º/24º), ampliados en la Reglamentación de la Ley (Decreto 727 / 2006) en los TÍTULOS I / V, en cuyo articulado se precisan "los conceptos, los alcances y el rol de los actores fundamentales del sistema de defensa nacional" (Considerandos, # 9)

Tal estado de prevención, relacionado con el ámbito externo, responde a uno de los aspectos de la Seguridad Nacional que es "la situación en la que un Estado se considera resguardado contra agresiones militares, presiones políticas o coerciones económicas significativas, otorgándole libertad de acción para proseguir con su propio desarrollo y progreso.[22]

c. La Profesionalización de funcionarios civiles y del personal militar

La Reglamentación establece que "el Ministerio de Defensa debe propiciar la profesionalización de los funcionarios civiles y del personal militar, asegurando eficiencia en la administración y gestión integral de los recursos del Sistema de Defensa" (Antepenúltimo párrafo final de los Considerandos de la Reglamentación de la Ley)

Dicha profesionalización es una consecuencia de la Teoría Militar, propia de la CM y de la práctica a través de ejercitaciones en circunstancias semejantes a la realidad (adiestramiento), una actividad orientada al Obrar y al Arte Militar.

El Sistema de DN responde como tal a los conceptos generales expresados que convalidad al mencionado factor o expresión de Poder de un Estado y estará orientado por "los lineamientos de la Política de Defensa Nacional" (Considerandos, # 14 de la Reglamentación) que orientarán la "Política militar".

---

21 EMCFFAA. "DOCTRINA BÁSICA PARA LA ACCIÓN MILITAR CONJUNTA". RC 00-01. Proyecto 2005. # 2.01. - 1, 1. Pág. 11.

22 Aut. Cit. Op. cit. # 2.01 - 2. Pág. 11

d. La Política de Defensa

La política, tal como está planteado en el subtema es, por definición del Diccionario de la Real Academia Española (RAE), en su acepción **# 5**. "Por Ext.". "Arte o traza con que se conduce un asunto o se emplean los medios para alcanzar un fin determinado" y en el **# 6**. "Orientaciones o directrices que rigen la actuación de una persona o entidad en un asunto o campo determinado".

Teniendo en cuenta los conceptos señalados, "la Política de Defensa es una acción particular de Estado destinada a dar dirección a la Defensa Nacional en su globalidad y en el largo plazo, a fin de concretar las necesidades del país, como parte integrante de la Política Nacional".

La Política de Defensa a través de sus lineamientos generales, busca la estructuración de una Defensa Nacional coordinada y armónica, con la fuerza suficiente como para permitir la real superación de los conflictos y la preservación de los Objetivos Vitales de la Nación.

De tal forma permiten aunar el máximo de esfuerzos y energía, en pos de logros superiores que requiere toda la nación para su consecución.

Así mismo, "debe orientarse a participar activamente en el desarrollo nacional, no solo como factor de seguridad, sino que ampliando este concepto a todas las actividades nacionales, debiendo ser asimilada y comprometida por la totalidad del país, de forma tal que se convierta en una política internalizada por todos los ciudadanos".

Por último cabe decir que la Política de Defensa es una Política de Estado, cuya vigencia trasciende a los sucesivos gobiernos responsables de aplicarlas, de donde su redacción debe ser objeto de la consideración de un grupo de expertos en la materia.

Por su naturaleza resulta obvio señalar que la política de DN es mucho más amplia que **la Política Militar**, la cual obviamente se integra dentro de aquélla.

d. La Política Militar

"Una Política Militar debe preocuparse fundamentalmente de "operacionalizar la política de Defensa, en lo que concierne a la Estrategia Militar, esto es, la forma como se concreta el mejor cumplimiento de las misiones constitucionales (y legales) que le corresponde a las FFAA".

Tiene "especial relación con la dimensión, estructura y capacidad técnico profesional de las mismas y debe ser planificada para el largo plazo", en sus aspectos cuantitativos y cualitativos. Éstos exigen desarrollar conocimientos propios en la CM, en lo referido a la capacitación de sus recursos humanos militares (profesionales) y civiles (funcionarios) que desempeñan cargos en la DN.

Como una forma de acrecentar la operacionalización se debe procurar el logro del máximo de uniformidad en algunos procedimientos y elementos que utilicen las FFAA.[23]

e. En síntesis

La Defensa Nacional es un Sistema complejo que tiene la responsabilidad de constituir el factor o expresión del Poder Nacional, que hace a la salvaguardia de "la cuestión existencial del Estado", frente a una grave situación, para lo cual requiere la formulación de una política nacional, otra particular para la DN y una tercera específica para las FFAA y el IMDN, su medio de empleo principal, la cual debe tener la debida coherencia y armonía con las anteriores.

Dentro ellas el aspecto cuantitativo y cualitativo, relacionado con la idoneidad de los profesionales militares y sus organizaciones se fundamenten en la existencia de la CM.

---

23 FREI BOLIVAR, Arturo. Dr. Senador chileno. "La Defensa Nacional en la perspectiva de un senador" Fuerzas Armadas y Sociedad. FLACSO-Chile. Año 8, Vol. VIII, N° 3 Julio-septiembre 1993. Pág. 43/52.

Ello impone que su desarrollo abarque la suma de todas las actividades intersistémicas e interdisciplinarias, además de las específicas.

6. La exoestructura nacional y su relación con la Ciencia Militar

a. Conceptos generales

La exoestructura (del latín "*ex*": fuera y "*structura*", de "*structus*": constituido) es la distribución y orden de las partes externas de un todo que conforman el conjunto de componentes sistémicos, de nivel funcional afines a la CM, que actúan e inciden entre sí para constituir una colección de enlaces o vínculos con cosas del entorno de la DN, que gravitan en los conocimientos que se requieren para comprender su influencia sobre la CM:

El contexto de la exoestructura consiste en el Universo Social y el Suprasistema Político Nacional al cual se subordinan todos los factores o expresiones del Poder, entre ellos la DN, dado que la condicionan debido a la propia naturaleza de sus funciones, y por consiguiente deben ser objeto del estudio de la misma.

b. El Universo Jurídico Social

El Universo Jurídico Social de la actividad humana es el conjunto de todo lo existente en materia normativa que regula las relaciones sociales internacionales en todos los campos, incluso el conflicto armado entre naciones.

En tal carácter constituye una combinación de reglas y preceptos cuya observancia es obligatoria para todos países civilizados para establecer un orden recíproco en la convivencia entre los mismos, a los cuales condiciona.

Se basa en el Derecho Internacional en tanto conjunto de principios y normas que expresan una idea de justicia y de orden para regular las relaciones humanas, en toda sociedad multinacional.

Entre los diferentes aspectos relacionados con el Derecho Internacional es conveniente poner de relieve los aspectos correspondientes a la Soberanía de los Estados, por su incidencia en la DN y consiguientemente en la CM, el cual es un concepto fundamentalmente jurídico elaborado racionalmente, que comprende los siguientes enfoques vinculados con la Finalidad del Sistema de Defensa:[24]

- La Soberanía Interna, referida a la creación de sus propias instituciones, así como la capacidad de legislar y establecer sus tribunales de justicia., esto es la facultad de organizarse, dictar leyes y ejercer funciones de jurisdicción, base del Derecho Nacional (Responsabilidad del Gobierno Nacional, integrado por los Poderes de la República, para realizar la "gestión administrativa" orientada al Bien Común)
- La Soberanía Territorial, vinculada a la potestad exclusiva de un Estado para ejercer su autoridad sobre todas las personas y cosas que se encuentran en, abajo y por encima de su territorio, especialmente cuando es agredida (Responsabilidad primaria de la DN, en tanto se trata de un asunto vinculado con la "cuestión existencial del Estado")
- La Soberanía Externa, relacionada con la potestad de todo Estado de manifestarse en lo externo con prescindencia de todo poder extraño, con absoluta libertad y amplitud. Ella se identifica con la independencia, que es la no sujeción a otro poder en lo que se refiere a su manifestación exterior. (Responsabilidad primaria de la Diplomacia que se ocupa de las Relaciones Internacionales, por medios pacíficos. Actúa íntimamente relacionada

24 PEREIRA ZORRAQUÍN, Ezequiel. Dr. "Apuntes Cursos Posgraduados – 1975. Por correspondencia". Tema: Reseña de los elementos del factor político internacional. 06RI01-02. Escuela Superior de Guerra. Buenos Aires.1975. Pág. 5-6

con la DN, por la razón señalada, en particular cuando fracasa en la salvaguardia de los intereses vitales de la Nación)

El Derecho Internacional, por otra parte, reconoce dos principios jurídicos fundamentales íntimamente relacionados con el concepto de Soberanía, que interesan a la CM. Ellos son:

1) Todos los Estados son iguales o "principio de igualdad jurídica de los Estados" y
2) La imposibilidad jurídica, no real, de intervenir en los asuntos internos o externos de otro Estado o "principio de no intervención", del cual deriva por oposición el concepto de "agresión" y el "derecho a la legítima defensa", esencia de la DN y fundamento de la CM

Por otra parte regula, a través de acuerdos internacionales, los comportamientos éticos y técnicos, de las operaciones militares, los primeros relacionados con los Derechos Humanos y los últimos en especial sobre la Prohibición del uso de determinadas armas.

Por último debe destacarse que el Universo Jurídico Social también comprende el nivel nacional al cual se deben subordinar y respetar todas las acciones de los gobiernos.

Dentro de la pertinente normativa sobresale, en primer lugar, aquél que hace a la Constitución Nacional, en tanto regula las Relaciones de las personas y de los Poderes del Estado, dentro de una determinada forma de gobierno que resulta fundamental y, consecuentemente, la correspondiente Legislación Nacional que regula el ejercicio de la DN, aspecto que también interesa particularmente a la CM, sobre los condicionamientos legales del empleo de las FF.AA.

Subordinado al mencionado Universo se halla el Suprasistema integrador de todos los factores o expresiones del Poder de un Estado que se integran dentro del concepto de "POLÍTICA", la cual se identifica con "el arte de organizar y gobernar un Estado, dirigiendo sus acciones internas en procura del Bien Común y sus acciones externas en la preservación de los Intereses Nacionales".

c. El Suprasistema Político

La Política tiene un carácter global, porque abarca la totalidad, la universalidad de lo individual e implica la convergencia y la unidad de los factores o expresiones del Poder[25], de allí que:

1) En el ámbito interno, procura el desarrollo del Bien Común un tema que hace a la "Cuestión Funcional del Estado", responsabilidad del Poder Ejecutivo Nacional junto con los otros Poderes de la República y se materializa en la "Gestión Administrativa" del mismo,
2) En el ámbito externo, desarrolla las acciones necesarias para la consecución de los Intereses Nacionales o su protección, un tema que hace a la "Cuestión Existencial del Estado" y se materializa a través de:
   - la "Política Exterior" del Estado, por medios pacíficos, actividad que le compete a la Diplomacia y que cumple el órgano responsable de las Relaciones Exteriores y
   - la "Acción Política y Estratégica" del mismo, que actúa por medio del uso de la fuerza, cuando ésta sea necesario, actividad que le compete a la DN

Ambas están íntimamente vinculadas y operan complementariamente de acuerdo con las decisiones del Poder Ejecutivo Nacional.

---

25 SANTIAGO, Alfonso. Dr. Apuntes de clase "Administración. UCA 1968. Citado por LAIDLAW, Carlos Enrique. Grl Div (R) "Las cuestiones de Seguridad y Defensa" Revista Escuela Superior de Guerra N° 540. Pág. 43 y "Política y Estrategia". Parte I – Conceptos Básicos. Revista ESG N° 546. Buenos Aires. Pág. 44

La POLÍTICA por consiguiente es global y autónoma, cúspide del triángulo isósceles que configura el Sistema del Estado, responsable de la Estrategia General y constituye "el lugar de cuyo vértice superior parten o adonde convergen las acciones particulares coordinadas" de los distintos factores o expresiones del Poder, con sus respectivas Estrategias Sectoriales y Operacionales, además de las acciones subordinadas de niveles inferiores (tácticas en el ámbito militar),

Para señalar sólo lo fundamental y abreviar el desarrollo, deben ser destacadas por su importancia además de las acciones de la Cancillería en el campo internacional relacionado con la DN que ya ha sido considerado, el rol de la Economía y la Educación en el contexto de la exoestructura y su incidencia en el desarrollo de la CM.

Así "la ECONOMÍA determina los medios (financieros) de la Estrategia Militar y juega un papel variable, pero a veces importante en las relaciones internacionales y por lo tanto en la Estrategia (Militar, dado que influye directamente sobre la Economía, tanto por el costo de los armamentos, la redistribución del ingreso nacional y los progresos técnicos que ellos entrañan, cuanto por las discontinuidades del fenómeno económico producido por los conflictos".[26]

"Puede afirmarse que es la "salud interior, cuya savia por otra parte, se nutre de los intercambios internacionales, la que crea los potenciales de las naciones".[27]

Ampliando los aspectos fundamentales corresponde mencionar que la EDUCACIÓN se relaciona directamente con la CM en cuanto está vinculada con la necesidad que sus conocimientos superiores se materialicen en los "Institutos públicos de enseñanza (Universidades) donde se realizan los estudios mayores de ciencia y letras y tienen la autoridad para la colación de grados en las facultades pertinentes", tal como ocurre en aquellos Institutos Superiores dependientes de las FFAA, aprobados por el órgano especializado del correspondiente Ministerio.

Tales estudios de grado y postgrado se diferencian por su naturaleza en Títulos Profesionales, cuyo ejercicio esta sometido a normas legales o jurídicas (ya que pueden ser sancionados penalmente) y en Títulos Académicos que habilitan para ejercer una profesión sin consecuencias de ese tipo.

La enseñanza superior que ofrece la Universidad consiste, según Ortega y Gasset, en dos cosas:

1) "La enseñanza de las profesiones intelectuales" y
2) "La investigación científica y la preparación de futuros investigadores".

Además de ellos, otros factores o expresiones de Poder de la República también ejercen determinada gravitación en la DN de acuerdo con la naturaleza de sus funciones y por consiguiente en los conocimientos de la CM.

d. En síntesis, la exoestructura relacionada con la DN está fundamentalmente condicionada por el Derecho Internacional y Nacional, la Política Nacional, las Relaciones Internacionales, la Economía y la Educación, así como por los otros factores o expresiones de Poder del Estado, según sus funciones.

---

26 BEAUFRE, André. General. "La Estrategia de la Acción". Ediciones Pleamar. Buenos Aires. 1973. Pág. 163

27 Aut. cit. Op. cit. Pág. 165

Tercera parte

La Ciencia Militar

A. LA ENDOESTRUCTURA DE LA CIENCIA MILITAR

1. Conceptos generales

La endoestructura (del latín "endo": dentro, en el interior y "structura, de structus": constituido) es "la distribución y orden de las partes internas" de un todo.

Tal criterio debe ser tenido en cuenta al considerar el contenido de la Ciencia Militar, cuya elaboración y desarrollo se realiza siguiendo un criterio determinado, limitado a aquellos aspectos que constituyen el armazón interrelacionado de sus diferentes partes, que sostienen la estructura de la Teoría Militar. Ella es necesaria para satisfacer las exigencias de los profesionales, según las conocidas tres condicionantes de la capacitación (grado/jerarquía, puesto/cargo, escalafón)

De allí que esta etapa de la investigación se abocará al análisis e interpretación de los contenidos de carácter general de la CM, desde los puntos de vista de su Etiología, fundamentado en el hecho de las diferentes causas que la definen y tienen una naturaleza "temática" junto con el Proceso Funcional Decisorio referido al Sistema de Planeamiento Integral de la Defensa Nacional, que configura su naturaleza "sistemática".

Las Causas sirven como exigencias para determinar la naturaleza de los conocimientos básicos y superiores de acuerdo con un orden lógico de los mismos. (Enfoque temático)

El Proceso Funcional Decisorio considera el contenido desde el punto de vista de las diferentes niveles de conducción y las actividades que cada uno de ellos impone (Enfoque sistemático)

La generalidad y totalidad de ellos deberán desdoblarse en disciplinas particulares, según las exigencias establecidas para cada una de las grandes etapas de capacitación a lo largo del desarrollo de la carrera militar, una tarea curricular propia de la Ciencia de la Educación, como se verá en la CUARTA PARTE.

En tal sentido debe señalarse que la CM requiere como "toda ciencia al entrar en una profesión que ella tienda a desarticularse como tal para organizarse como técnica profesional"[28].

Ella se materializa en disciplinas adaptadas al nivel de las exigencias de sus Etapas de Formación, Perfeccionamiento y Especialización, en función de las bases orgánicas de las respectivas Fuerzas Armadas o del nivel Conjunto, siempre condicionadas por el enfoque ético-profesional y complementadas por la investigación científica para plantear nuevos problemas, trabajar en resolverlos y llegar a una solución de los mismos.

Por último, en general, debe tenerse en cuenta que "la Ciencia es una de las cosas más altas que el hombre produce" y que su virtud "es querer (saber) y su papel es hacer, realizar". (Ortega y Gasset)

2. El factor humano

El factor humano constituye en el ámbito militar la razón de ser de la CM cuya capacitación teórica y posterior aplicación de los conocimientos, de acuerdo con los requisitos de las correspondientes organizaciones, tiene influencia preponderante en la aplicación del Poder Militar, ya que le confiere la aptitud pertinente.

Ello se explica por el hecho que "el hombre sigue siendo el factor decisivo en la guerra y constituye el elemento más valioso del potencial nacional, tanto en el orden individual como en el colectivo", concepto que justifica la necesidad de la existencia de la Ciencia Militar con la finalidad de capaci-

---

28 ORTEGA y GASSET, José. "El Libro de las Misiones. Misión de la Universidad". Editorial Espasa Calpe. Madrid. España. Pág. 96, 98 y 102

tarlo para aplicar los conocimientos adquiridos y cumplir así con las responsabilidades del Arte Militar, finalidad de la carrera que eligió voluntariamente.

B. PROYECTO SOBRE EL CONTENIDO GENERAL Y SUPERIOR DE LA CIENCIA MILITAR, EN FUNCIÓN DE SU ETIOLOGÍA

Este apartado inicia el conjunto de conocimientos temáticos a partir del cual debe desdoblarse la CM en los diferentes aspectos técnicos-profesionales aplicando la Etiología, una metodología que responde a la naturaleza de los mismos de acuerdo con sus razones.

Dada la extensión que podría tener su detallada exposición sólo se han tomado los aspectos superiores de los conocimientos básicos sobre los cuales se asientan todos aquéllos que le están subordinados, los cuales se encuentran materializados en los Reglamentos de las diferentes Fuerzas Armadas y Conjuntas.

1. La "causa final" de la Ciencia Militar, determina cual es "el fin que se procura" (SEGUNDA PARTE, párrafo 2.a.) y es el principal asunto a considerar en tanto toda la CM está condicionada por el "Fin" de la misma. (Emplear el uso de la violencia por parte del Instrumento Militar de la DN (IMDN), en el contexto de una guerra internacional, de acuerdo con la decisión política correspondiente)

Así se plantean los siguientes asuntos básicos que -se aprecia- son necesarios conocer:

- La Teoría del Conflicto. El Conflicto. La Estructura del Conflicto: su Etiología, la Previsión Política, la Prevención Estratégica, el Desarrollo del Conflicto, la Resolución o Epílogo del mismo, la Consecución de una paz estable.
- La Teoría de la Estrategia. La conducción. La trama. Las relaciones de Poder y de Fuerza. Las opciones, etc..
- El Escenario Político Internacional.
- La Guerra. Definición, conceptos, clasificación.
- Los Fines o Intereses Nacionales y Estratégicos. Las Hipótesis. Clasificación. Riesgos y Amenazas.
- Los Actores. Características.
- La Organización territorial: El Teatro de Guerra. El Teatro de Operaciones, la Zona del Interior, la Zona Militar, la Zona de Ocupación, la Zona Liberada, la Zona Dominada.
- La Preparación del Terreno.

2. La "causa eficiente" es "aquélla de lo cual surge algo o mediante la cual llega a ser". En el orden práctico se refiere a los Medios, tanto a los recursos humanos como los materiales y financieros (logística) con aptitud adecuada para lograr los fines y disponer de una adecuada "Base de Poder Defensivo".

Así se plantean los siguientes asuntos básicos que -se aprecia- son necesarios conocer:

- El Potencial Nacional. Factores de Poder. Su interrelación con la DN (exoestructura)
- El Potencial Militar. El Poder Militar. Movilización. (endoestructura)
- El Instrumento Militar de la Defensa Nacional y las Fuerzas Armadas. La misión de los organismos y organizaciones operacionales conjuntas. Las misiones de las Fuerzas Armadas, funciones, organizaciones, dimensionamiento de cada una de ellas.
- La Inteligencia Política y la Inteligencia Militar en sus diferentes niveles
- Las Operaciones.
- La Logística. Calidad y función de los diferentes recursos.

3. La "causa material" es "aquélla de lo cual surge algo o mediante la cual llega a ser". En el orden práctico constituye el pilar de la CM en tanto se refiere a la capacitación de los recursos humanos en la Teoría Militar, tanto en los campos de la Conducción como la Administración, el adiestramiento y la producción militar para la Defensa y en la cual se pone de manifiesto la necesidad de una serie conocimientos elementales que deben ser tenidos en cuenta y desdoblados oportunamente.

En la práctica considera fundamentalmente los "Procedimientos", desde el punto de vista de los conocimientos de todos los asuntos considerados en las diferentes "causas" que se centralizan en la presente. Así se plantean los siguientes asuntos básicos que -se aprecia- son necesarios conocer:

- Los Recursos Humanos. Selección. Capacitación. Administración. Adiestramiento Ascensos y Eliminaciones.
- Los Planes de Carrera específicos y conjunto. Planes de Capacitación específicos y conjunto. Planes de adiestramiento.
- La Conducción Nacional (Política) de la DN. Definición. Conceptos. Factores de Poder.
- La Conducción Militar. Definición, Conceptos, Niveles de Conducción, Organizaciones
- La Estrategia Nacional. Conceptos generales. Campos de la Estrategia Nacional. Práctica
- La Estrategia Militar. Conceptos generales. El Comando Estratégico Militar. La Doctrina Militar. El Objetivo. El Planeamiento. La Concepción. La Actitud. La Maniobra. El Esfuerzo. La Distribución. La Seguridad.
- La Estrategia Operacional. Concepto General. El Comando. El Ambiente Operacional. El Objetivo. La Concepción. La Actitud. La Maniobra. El Esfuerzo. La Distribución. La Seguridad.
- La Táctica Militar. Concepto General. Los Niveles, Los Comandos. Los Procedimientos de cada Fuerza Armada.

4. La "causa formal" es "la idea o paradigma, plasmada en el poder y el ordenamiento jurídico, que proporciona la constitucionalidad orgánica finalista". En el orden práctico se refiere a las "Bases Legales" sobre las cuales se asienta la Defensa Nacional y los principios del Derecho Internacional, formalizado mediante "tratados y concordatos (que) tienen jerarquía superior a las leyes" de acuerdo con el Artículo 75, inciso 22 de la Constitución Nacional y se adecuan a la responsabilidad de la DN. Así se plantean los siguientes temas a desarrollar:

- Constitución de la Nación Argentina
- Ley de Defensa Nacional (Ley Nº 23.554 - 1988)
- Reglamentación de la Ley de Defensa Nacional (Decreto 727/2006
- Ley de Seguridad Interior (Ley Nº 24.059)
- Ley de reestructuración de las Fuerzas Armadas (Ley Nº 24.948)
- Resolución del Ministerio de Defensa Nº 768/2006
- Ley del Servicio Militar Voluntario (Ley 24.429/1995)
- Reglamentación de la Ley del Servicio Militar Obligatorio (Decreto 978/1995)
- Ley de Inteligencia Nacional (Ley Nº 25.520/2001)
- Directiva sobre Organización y Funcionamiento de las Fuerzas Armadas (Decreto 1691/2006)
- Directiva de Organización y Funcionamiento de las Fuerzas Armadas

Los conocimientos expresados a partir de las causas deben ser enfocados desde el punto de vista funcional para cada FFAA.

C. PROYECTO SOBRE EL CONTENIDO GENERAL Y SUPERIOR DE LA CIENCIA MILITAR, EN FUNCIÓN DEL PROCESO DECISORIO

Los conocimientos ordenados por sus causas de la sección anterior deben conjugarse, es decir "combinar varias cosas entre sí" dentro del contexto funcional del "Proceso Decisorio", propia de la Conducción Política y Militar, que integran los mismos en forma dirigida a su aplicación práctica (sistemática) cuyas actividades se deben realizar antes, durante y después del conflicto.

A partir de la misma se determina una hipótesis de conflicto, se diseña una política, se preparan los recursos necesarios, se elige una maniobra para lograr su objetivo, ejecutan las operaciones y procura la consecución de una paz duradera.

Ello impone una sucesión de actividades que jalonan la marcha del sistema decisional, que deben cumplirse ineludiblemente desde el nivel superior político, hasta los niveles de ejecución militar.

En tal sentido se deben destacar las siguientes.

1. El análisis de los antecedentes históricos referidos a

- **a.** Uno o varios conflictos militares recientes y significativos, de los cuales se pueden extraer enseñanzas de los errores políticos, estratégicos u operacionales que permitan actualizar la doctrina y de los cuales surgirán nuevos conocimientos que integrarán la Teoría Militar y, por ende, la CM (Visión retrospectiva práctica)
- **b.** Países que puedan resultar potenciales enemigos, a través de la consideración y análisis de los Hechos Portadores de Futuro, que han tenido lugar en el pasado en las relaciones con los mismos y permitan poner en evidencia ciertas tendencias a la confrontación, a través de diferentes acontecimientos que han dejado claros indicios de la misma, por diferentes razones políticas o culturales y pueden constituir una posible o probable realidad polemógena que permitan establecer Hipótesis de Conflicto (Visión retrospectiva especulativa, "mirar con atención; meditar, reflexionar")

2. La Previsión Política del conflicto, ("ver con anticipación, conjeturar"), está relacionada con una potencial realidad polemógena y es una responsabilidad del máximo nivel nacional destinada a establecer las bases de la futura Conducción Estratégica militar, dentro del contexto de la Estrategia Nacional, para lo cual hace uso de la Inteligencia Política-Militar.

Ella permite:[29]

a. "Disminuir las incertidumbres, identificando los condicionamientos internacionales y las amenazas que pueden afectarlos (utilizando la información reunida y la percepción);
b. Dar racionalidad a sus decisiones (buscando la mejor instrumentación política y estratégica, en función de la relación fines y medios);
c. Determinar los beneficios (máximos o posibles);
d. Buscar los menores costos (eligiendo la alternativa más favorable);
e. Evitar o controlar los riesgos (prudencia política);
f. Aprovechar las oportunidades (circunstancias de tiempo y lugar) y
g. Penetrar en el futuro (prospectiva)".

Finalmente se traduce, con los elementos de juicio apropiados, en la Apreciación y Resolución Política Estratégica Militar, enfoque global que permitirá definir la o las "Hipótesis de Conflicto" a la cual responderá el Planeamiento Estratégico Militar.

---

29 BALBI, E. R. "La Inteligencia en Apoyo de los Procesos Decisionales". Revista ENI. Tercer. Cuatrimestre. Pág.59

3. La Prevención Estratégica del conflicto, ("preparar o disponer con anticipación las medidas necesarias para enfrentarlo") está referida a proyectar las operaciones militares que deberán ejecutarse y a la preparación del Poder Militar[30], dentro del cual se requiere "todo lo concerniente a la capacitación", base de la CM.

Es una responsabilidad del nivel de la Conducción Estratégica Militar que necesita de la Inteligencia Estratégica Militar y el Planeamiento Estratégico Militar que tienen sus propias características y se traduce en "El arte y la ciencia de conducir el Instrumento Militar, tanto en la paz como en la guerra, para el logro de los objetivos correspondientes a su campo, acorde con la Estrategia Nacional seleccionada".

4. El Planeamiento Militar Conjunto a nivel Estratégico Militar posibilita orientar el desarrollo cualitativo y cuantitativo así como el empleo del poder militar de acuerdo con las hipótesis de guerra que se establezcan en los diferentes plazos.

Se caracteriza por la reflexión con imaginación para analizar con realismo la finalidad política establecida de acuerdo con las circunstancias y, con tales bases, decidir el modo a emplear ("forma de hacer algo") los medios para lograr el Objetivo Político y de la Guerra.

Del mismo derivan los diferentes planes operacionales (planes de campaña) y planes tácticos consiguientes, así como aquellos otros complementarios tales como los Planes Estratégico de Apoyo integrado por sus planes de desarrollo y respectivos planes de Movilización y los referidos a los distintos plazos que elabora el EMCFFAA, etc.

5. Los conocimientos referidos a la Estructura del Sistema de Defensa Nacional se encuentran en la Ley de Defensa Nacional (Ley Nº 23.554) Título III y su Reglamentación Decreto 727/2006, Títulos III, IV, y V

6. Por último debe mencionarse el aspecto relacionado con la organización territorial que constituye otro asunto que integra los conceptos generales.

La Organización Territorial "es la forma especial en que se divide el territorio considerado sea nacional o no, para afrontar exigencias que surgen de las diferentes situaciones de conflicto". Así debe considerarse los aspectos mencionados anteriormente.

En síntesis, los diferentes aspectos desarrollados precedentemente en las Secciones B y C de la presente PARTE, debidamente integrados y ordenados, forman parte de los principales conocimientos a los cuales se los debe convertir en disciplinas que deben integrar -parcial y escalonadamente desde los niveles inferiores a los superiores- el currículo de los Planes de Estudio de los Cursos regulares o especiales (aspecto cognoscitivo), de acuerdo con las características orgánica-funcionales, correspondiente al nivel de cada Fuerza y del nivel Conjunto.

Asímismo, para completar los conocimientos debe remarcarse la importancia de incluir dentro de los mismos, las normas ético-profesionales de las FFAA de acuerdo con su tradición histórica de 200 años de acción mancomunada con la sociedad que siempre les prestó su cooperación, desde los albores de la Independencia

Así, la Ciencia Militar tiene una formulación teórica que estructura principios, doctrinas, y saberes específicos con objetivos y contenidos experimentales y evaluables.[31]

---

30 ESTADO MAYOR CONJUNTO DE LAS FUERZAS ARMADAS. "RC 00 – 01, Doctrina Básica para la Acción Militar Conjunta". Proyecto. 2005. Capítulo 4. # 4.15

31 Lic. CASTILLO de HIRIART y Cnl (R) LUCATI, Daniel Martín. "Las Ciencias Militares". Revista de la ESG Nº 503. Vol. Ene-Mar 93. Pág. 40

Los diseños curriculares, en las sucesivas etapas del Plan Educativo de cada Fuerza Armada según su respectivo Plan de Carrera para los diferentes escalafones de los Cuerpos de Comando y Profesional que la integran, de acuerdo con las características de los mismos.

Ellos están dirigidos al factor humano de las FFAA "que tiene influencia preponderante ya que su idiosincrasia, capacidad y aptitud permite la mejor aplicación del Poder Militar". (PC 14-01, artículo 1.001) y contribuye a la Administración del Personal.

De allí, también, que las exigencias que correspondan al inicio del Nivel de Formación condicionarán las asignaturas que se requerirán aprobar en los respectivos Exámenes de Ingreso a los Institutos de Formación de las FFAA, como partes de los Sistemas de Incorporación, para disponer de personal con bases adecuadas que permitan el posterior desarrollo profesional de sus integrantes.

Por último debe destacarse la necesidad del desarrollo de carreras militares y civiles de Grado y Postgrado de naturaleza profesional o académica que se desarrollan en los Institutos Superiores de las Fuerzas Armadas, bajo la supervisión del órgano responsable perteneciente al Ministerio de Educación y Cultura, que satisfacen las necesidades Institucionales e integren las experiencias y puntos de vista cívico-militares.

Cuarta parte

La ciencia de la educación aplicada a la Ciencia Militar

A. LA CARRERA MILITAR

Es la trayectoria de la persona que profesa una vocación para seguir la "carrera de las armas" o "carrera militar" a fin de prestar un servicio a su país en el campo de la Defensa Nacional, en el ámbito de algunas de sus Instituciones Militares.

Se caracteriza por la realización secuencial y debidamente articulada de una serie de estudios académicos y aplicaciones prácticas -progresivas en sus exigencias- que les permiten adquirir los conocimientos necesarios, a medida que aumentan sus responsabilidades, para intervenir en el desarrollo de ese fenómeno social que es la guerra.

Ella comienza con su ingreso a alguno de los Institutos de Formación de las FFAA y terminan, formalmente, con su retiro voluntario u obligatorio de la Fuerza Armada en la cual ingresó, según lo establece la Ley para el Personal Militar.

Para su eficiente y eficaz desempeño necesita de los conocimientos relacionados con los valores ético-profesionales y aquellos conocimientos teóricos técnico-profesionales que se adquieren en los ámbitos académicos (Institutos o Escuelas) para su posterior aplicación en ejercicios que simulan situaciones operacionales semejantes a las que deberá enfrentar en la realidad, con la finalidad de habilitar a los mismos en el ejercicio de la profesión para su desempeño en actividades vinculadas con la Conducción y la Administración Militar

Por tal razón los estudios y las prácticas están relacionados con los sucesivos puestos o cargos orgánicos, específicos o conjuntos en los cuales deberá ejercer sus responsabilidades y debe ocupar de acuerdo con su grado y escalafón al cual pertenece, integrado en un sistema orgánico-funcional-cognoscitivo.

Esta circunstancia impone considerar desde el punto de vista de la Administración de Personal:

> ¿Cuáles son las obligaciones y requisitos necesarios para desempeñar cada puesto o cargo?

> ¿Qué conocimientos, habilidades y capacidades son necesarios para poder cumplir las exigencias de dichas posiciones orgánicas de manera adecuada?

La respuesta a tales interrogantes está condicionada por la Clasificación del Personal de acuerdo con los grados y jerarquías, los cargos a desempeñar en función de ellos y las especialidades, cuya descripción determina el Perfil Profesional de acuerdo con las sucesivas promociones que pueda recibir en el transcurso del tiempo, evaluación anual mediante de sus capacidades, según la mencionada ley.

La descripción del Perfil correspondiente al primer escalón orgánico de los Institutos de Formación de las FFAA sirve de base para establecer los requisitos para el reclutamiento y la selección del personal que ingresa a los mismos

En síntesis, "La carrera militar está básicamente vinculada con la transmisión de valores y conocimientos específicos" y "la pluralidad de funciones no afecta la unidad de la misma en cada una de las FF.AA.".

Para su desarrollo requiere de la clasificación del personal según su cargo y especialidad aspectos que constituyen el fundamento para: 1) La utilización eficaz de los recursos humanos y 2) La adquisición de los conocimientos necesarios que integrarán la CM.

Teniendo en cuenta los aspectos tratados precedentemente debe formularse otra pregunta específica y fundamental

> ¿Cómo deben ser adquiridos los conocimientos militares?

Su respuesta nos introduce en el campo de la Ciencia de la Educación Militar.

B. LA CIENCIA DE LA EDUCACIÓN MILITAR ,LA EDUCACIÓN MILITAR Y LA INVESTIGACIÓN MILITAR

1. La Ciencia de la Educación, la Pedagogía y la Didáctica, Militares

a. La Ciencia de la Educación Militar (CEM) debe considerar el "ser" y el "devenir" del profesional militar práctico y responder a una tarea basada en la intencionalidad (dirigida a la profesión militar) y en la racionalidad (basada en la facultad de discernir o pensar con criterio), como toda Ciencia.

Ella permite lograr una sólida capacitación en el conocimiento y en la comprensión del saber científico y cultural en las disciplinas de naturaleza militar que conforman el hecho educativo y en la consiguiente aptitud para su posterior aplicación práctica.

La CEM se dedica: 1) A los "aspectos generales" del enfoque militar, en cuanto a los problemas de sentido (de la Educación) y 2) Exigen una reflexión sobre los diversos fines en vista de los cuales se dirige el proceso educativo (Ferrater Mora). Determina la Teoría Educativa Militar.

b. La Pedagogía está relacionada con el arte o ciencia de enseñar por su significado etimológico (del griego antiguo "*paidagogós* que se refería el esclavo que traía y llevaba chicos a la escuela. De las raíces "*paidos*" que es niño y "*gogía*" que es llevar o conducir)

De un lado, "*paidos*", niño, comienza a expandir su significado a lo humano, en todas las etapas de la vida. No sólo de la niñez y el verbo, igualmente, deja de ser el significado base de la "guía" física/psíquica para pasar a significar "conducción", "apoyo", "personal", "vivencial".

La Pedagogía Militar (PM) está relacionada con la Ciencia de la Educación Militar en tanto es la ciencia específica que se ocupa de la Educación y la Enseñanza, para lo cual se basa en la Doctrina militar de cada Fuerza Armada de acuerdo con su grado (rol) o especialidad y en los ejemplos históricos en el ámbito académico o personales en el obrar. Pero tal aspecto debe ser diferenciado.

La TPM busca crear las condiciones existenciales para la mejor calidad de vida institucional y el mejor aprovechamiento de la enseñanza, en todas las categorías. Para ello requiere:

- Una buena organización del Instituto, Escuela o Unidad receptora de nuevos integrantes para desarmar las prevenciones y volver al hombre receptivo, a través de un cordial recibimiento en su incorporación, asegurando las mejores condiciones posibles de vida, un cuadro agradable material y un progreso en la vida militar bien planificado entre tiempos de estudio y de práctica.
- Una buena información, objetiva y bien presentada para lograr su adhesión mediante la explicación de las razones de la importancia y de la función de los estudios para las Instituciones Armadas, los grandes problemas nacionales, regionales y mundiales y los peligros reales o potenciales que amenazan al país.
- Una buena participación para asegurar la unidad y la eficacia de la acción, consecuencias de la receptividad y la adhesión.

c. La Didáctica Militar (DM), por último, es la disciplina científico-pedagógica que tiene como objeto de estudio los procesos y elementos existentes en la enseñanza y el aprendizaje. Es, por tanto, la parte de la pedagogía que se ocupa de los "sistemas y métodos prácticos" de enseñanza destinada a plasmar en la realidad las directrices de las teorías pedagógicas.

Los componentes que actúan en el acto didáctico son: **1)** El docente o profesor, **2)** El cursante o alumno, ·**3**) El contexto del aprendizaje y **4)** El currículo

En síntesis: La CEM referida a los "aspectos generales" y los fines que le dan sentido es compleja en tanto requiere de la PM que se dedica a los "aspectos técnicos" referidos al conocimiento de las situaciones concretas y de los medios que pueden emplearse en vista de ellas y de la Didáctica circunscripta a la relación enseñanza-aprendizaje que se centra en la actividad docente.

2. La Educación Militar

La Educación Militar (EM) es "la acción y el efecto de desarrollar y perfeccionar las facultades y aptitudes morales, espirituales y patrióticas del personal para satisfacer las necesidades que las exigencias del servicio (conocimientos técnico-profesionales) imponen en la paz y en la guerra, como así también las emergentes de la vida social" (PC 17-01, Anexo 2). En tal sentido debe:

- Transmitir al alma una concepción moral de la vida (Santo Tomás de Aquino), destacando la necesidad de la formación humana.
- Dirigir la acción al espíritu y al carácter o sea al conjunto de fuerzas morales y a la fortaleza de la voluntad desarrollando: **1)** El valor Intelectual, físico y moral y **2)** La determinación para cumplir permanentemente, y lo mejor posible, su misión a pesar de los peligros u obstáculos, tanto en tiempo de paz como de guerra
- Adquirir los conocimientos científicos necesarios de carácter técnico-profesional, intra e interdisciplinarios, para aplicar en el Arte de la Guerra, según su rol y, para los cuadros superiores de las FFAA, adquirir un primer nivel de grado en los estudios universitarios

que haya elegido seguir afines a la profesión militar, aprobados por el Ministerio de Educación para desarrollar una cultura más elevada, así como el hábito de la investigación científica.

Todos los aspectos señalados tienen lugar dentro del Sistema Educativo Militar que es "el conjunto armónico y dinámico de medios humanos, pedagógicos doctrinarios, de organización funcional, de infraestructura y financieros integrados en forma flexible para lograr los objetivos (de cada nivel) de la Educación Militar (PC 17-01, Anexo 2)

El camino de la Educación Militar exige: 1) Consolidar una adaptación permanente a nuevas exigencias, nuevas estructuras y nuevos modos de acción y 2) Lograr una sólida educación básica en el conocimiento y comprensión del saber cultural y científico de las disciplinas que conforman la problemática de la formación y perfeccionamiento militar.

En síntesis, la Educación Militar tiene una ordenación vital a los valores éticos y principios sociales, así como al progresivo y articulado aprendizaje técnico-profesional de las FFAA frente a las nuevas realidades, para estar "a la altura de los tiempos" (Ortega y Gasset).

3. La Investigación Científica Militar, un aspecto imprescindible de la Educación, es necesaria para:

a. Hacer diligencias para descubrir una cosa y estudiarla para tomar decisiones sobre asuntos de interés de las Instituciones militares e Institutos Militares

b. Buscar la eficiencia y perfeccionamiento del sistema pertinente, sea éste formal o informal, basándose en el conjunto de conocimientos acumulados en el área y la Práctica o la experiencia que surge del obrar histórico para determinar errores políticos o militares (estudio retrospectivo), así como también de la evolución del obrar en función de nuevas tecnologías militares (análisis prospectivo)

C. LA ENSEÑANZA ACADÉMICA DE LA PROFESIÓN MILITAR

La enseñanza académica de la profesión militar debe ser pedagógicamente racionalizada en forma sintética, sistemática y completa, articulada y progresiva en diferentes niveles de educación, teniendo siempre en cuenta que el aprendizaje debe ser adecuado a los objetivos de cada uno de ellos para la adquisición de los conocimientos pertinentes, la reflexión y la investigación.

También debe tenerse en cuenta el desarrollo intelectual de los cursantes, en lo referente a la cantidad y calidad de los conocimientos que pueden adquirir para ser un buen profesional, debiendo ser siempre inexorable en sus exigencias frente al estudio. (Economía de la enseñanza)

1. La finalidad de la Enseñanza Académica Militar es satisfacer las necesidades de transmitir los conocimientos teóricos de la CM en las Institutos o Escuelas Militares de Formación, Perfeccionamiento o Especialización, mediante el uso de la Pedagogía y la Didáctica, de acuerdo con sus objetivos y está dirigida a los diferentes enfoques de los perfiles profesionales militares, todos los cuales deben tener las siguientes dimensiones, ser:

- Humana, dirigida a la personalidad equilibrada, sólida y libre, en todas sus facetas.
- Espiritual, encaminada a fortalecer el carácter anímico de firmeza y fortaleza exigido por las funciones.
- Intelectual, para destacar los rasgos particulares de pensar con criterio y creatividad en base a la información y la iniciativa, mediante la imaginación y la innovación.

- > Física, para satisfacer las exigencias del combate referidas a la resistencia a la fatiga y el cansancio para pensar correctamente y tomar decisiones, así como al valor y arrojo racional.
- > Profesional, a fin de responder a las exigencias de la conducción de subconjuntos o conjuntos orgánicos para realizar operaciones o a la administración de recursos humanos, materiales, financieros o instalaciones militares.
- > Permanente, con el objeto de darle continuidad a la capacitación con la cual se procura crecer en todas las dimensiones, aún en situación de retiro dado su carácter de integrante de la Reserva en caso de movilización.

2. La Enseñanza está relacionada con los diferentes perfiles profesionales y tiene tres pasos: La planificación, la ejecución y la evaluación.

a) La planificación está directamente vinculada con la elaboración de los diseños curriculares del Sistema Educativo de cada una de las FFAA desde una perspectiva filosófica y científica, los cuales se materializan en los Proyectos Curriculares Institucionales de los Sistemas Educativos Militares, específicos o conjunto.

Ellos constituyen una actividad compleja porque requiere de la relación entre una teoría y la investigación científica, complementada con la práctica en el campo curricular a través de ejercitaciones en el gabinete, que resultan indispensables para verificar el aprendizaje de la CM.

b) La Ejecución de la Enseñanza, una vez detectadas las "necesidades de capacitación" temáticas y sistemáticas tal como, a modo de ejemplo, se hizo en la PARTE 3, se deberán fraccionar los conocimientos para responder a las necesidades de los objetivos de los diferentes cursos académicos en los diferentes niveles de la Educación Militar, según los Planes de Carrera.

Los Procedimientos y medios para la ejecución son normal y generalmente cursos de diferente naturaleza según los fines de los mismos, que responden a los Niveles de Educación (Formación, Perfeccionamiento, Especialización y otros complementarios), que pueden tener diferentes características temporales (abreviados, anuales, plurianuales), así como pueden ser obligatorios para el ascenso al grado inmediato superior, voluntarios para adquirir determinada especialización o selectivos para determinado personal dispuesto por la máxima autoridad de la Fuerza, tanto en el país como en el extranjero, en países amigos.

c) La evaluación es una actividad pedagógica fundamental que comprende en la verificación del cumplimiento de los objetivos, así como las técnicas y métodos empleados y por sobre todas las cosas los resultados obtenidos tanto en la enseñanza como en el aprendizaje de los alumnos.

En su materialización se destaca la necesidad de la Didáctica para transmitir los conocimientos.

Los diferentes aspectos señalados permiten establecer los parámetros de la personalidad militar que deben lograrse al finalizar cada ciclo o nivel de la enseñanza académica de la profesión militar, acorde con la responsabilidad que le quepa a cada uno de los miembros de las FFAA en cada grado de su carrera.

3. La Ciencia de la Educación Militar debe ser práctica y responder a un modelo basado en la intencionalidad y en la racionalidad.

D. PROYECTO CURRICULAR DE LA CIENCIA DE LA EDUCACIÓN MILITAR[32]

1. Generalidades

El Proyecto Curricular Institucional (PCI) se puede definir como "el conjunto de decisiones articuladas, confeccionado y compartido por el Equipo Técnico de Expertos de una Institución Militar responsable de su elaboración, tendente a dotar de la mayor coherencia al Sistema Militar Educativo Específico o Conjunto", concretando el diseño curricular jurisdiccional en propuestas globales de intervención pedagógica y didáctica, adecuadas a su contexto específico.

La construcción del PCI consiste en generar y contrastar sistemáticamente en la práctica un conjunto de concepciones, intenciones y modelos educativos, para desarrollar conocimientos temáticos y sistemáticos.

Es tan importante la propuesta pedagógica que se diseña, como su desarrollo y realización singular en las Escuelas e Institutos.

Para los Sistemas Educativos Militares constituye el instrumento básico de planificación a mediano y largo plazo ya que debe hacer referencia a todos sus ámbitos de funcionamiento: administrativo-organizacional, pedagógico-didáctico y comunitario.

Expresa los acuerdos consensuados sobre los grandes planteamientos y líneas directrices de la Institución, entre ellos los principios que los guían y los objetivos que desean alcanzar.

El PCI es el Plan Educacional Académico integral de cada una de las FFAA que debe definir principalmente:

a. Los fines, y los objetivos del Proyecto Educacional y los correspondientes a los diferentes cursos en los cuales se fracciona el Plan de Capacitación para responder a las diversas necesidades funcionales respectivas que, secuencial y progresivamente, se deben realizar a medida que progresa el personal militar en su profesión a través de sus ascensos.

b. Los contenidos (disciplinas), las formas metodológicas, los recursos y las actividades a las cuales se debe recurrir para alcanzar los Objetivos a fin de lograr los conocimientos

c. Los métodos y los instrumentos para evaluar en qué medida la acción pedagógica puede lograr los objetivos.

Es una tarea para especialistas en Ciencias de la Educación del ámbito militar (Expertos), por cuya razón se tratarán a continuación aspectos generales para iluminar su complejidad y la profundidad de los conocimientos culturales de naturaleza filosófica y científica de la Educación Militar que deben poseer los mismos.

La formulación, gestión y evaluación del PCI constituye un verdadero desafío, para el cual los Equipos Técnicos de Expertos se posicionan como agentes de especificación curricular, acordando respuestas a los siguientes interrogantes:

- Qué, para qué y por qué enseñar (las intenciones educativas y los contenidos a enseñar y a aprender)
- Cuándo enseñar (secuencia y distribución de las oportunidades) y con qué contenidos
- Cómo enseñar (metodologías y medios a emplear)
- Qué, para qué, por qué, cuándo y cómo evaluar (intenciones, contenidos, momentos y métodos para la evaluación)

En síntesis, El PCI debe ser articulado y coherente. Implica una planificación previa flexi-

32 Cf. GOBIERNO DE CÓRDOBA. Ministerio de Educación. Secretaría de Educación. Dirección de Educación Media y superior. "El Proyecto Curricular Institucional". Córdoba. 2000. http://www.cba.gov.ar/imagenes/fotos/asppci.pdf

ble, con distintos niveles de especificación, para dar respuesta a situaciones diversas y dinámicas. Constituye un marco de actuación profesional para los planificadores, técnicos, directivos y docentes.

2. Encuadre Pedagógico – Didáctico

Esta variable comprende un conjunto de especificaciones sobre concepciones fundamentales que justifiquen y sustenten las acciones pedagógicas del Sistema Educativo Militar.

A tales fines es necesario determinar las concepciones sobre la educación y el conocimiento, correspondiente a la Institución Militar y su Sistema Educativo, relacionada con el aprendizaje y la enseñanza; concepciones de currículo y profesionalidad docente, entre otras.

Desde la Institución Militar se considera que los elementos fundamentales de la educación son: **1)** El hombre en su "Ser" y Poder ser" (actuar con conocimientos) para "Deber ser" (un eficiente y eficaz profesional) - ver trabajo adjunto: EL "DEBER SER" DEL MILITAR -, **2)** Las realidades naturales y culturales y **3)** El fin intencional por el cual se constituye la interacción entre ambos, serán los elementos que configuren el núcleo de un planteo curricular.

Por tanto, su enfoque curricular implica una concepción antropológica y ética, una filosofía de la cultura, de lo social, de lo político, una axiología y una evaluación profesional

a. Fundamentos epistemológicos. El tema del conocimiento ocupa un lugar central en la teoría curricular actual, objeto de la disciplina filosófica de la Epistemología.

Los contenidos curriculares, su selección y organización, su lógica interna y sus modos de apropiación por parte de quien aprende, son cuestiones esenciales.

Deben responder a un paradigma epistemológico de "producción y distribución de saberes" y la "significación social de los contenidos", cuyos supuestos deben ser discutidos y esclarecidos.

Por otra parte, es imprescindible que los expertos tengan acceso a los planteos sobre la naturaleza de los diversos tipos de conocimiento: teórico y práctico, filosófico y científico, y a las diversas exigencias metodológicas que supone su transposición como saber profesional.

b. Fundamentos antropológico – éticos. Toda acción educativa supone una concepción del hombre, una cosmovisión en su "ser", para lo cual se lo capacita para "poder ser" y de tal modo exigir su "deber ser" implícita o explícita, porque el hombre es el sujeto de la educación y por tanto es el punto de partida y la fuente inmediata de criterio de la reflexión y práctica educativa en cada uno de sus temas.

c. Fundamentos socio-culturales. Remiten a las dimensiones social y cultural de la naturaleza humana.

Esta naturaleza humana se halla en una situación socio-histórico-cultural concreta, con características singulares que exigen que el docente las conozca y las valore para poder adecuar su tarea educativa.

Pero esa adecuación no implica necesariamente una relativización del fin y contenidos de la educación sino el diagnóstico de una situación concreta de la que hay que partir.

d. Fundamentos psicopedagógicos. Todo currículo expresa una concepción educativa; tanto más coherente será, cuanto mejor se conozcan esos fundamentos.

El fin de la educación es uno y universal pues su fundamento es la naturaleza humana, inmutable como cualquier esencia, no sujeta a cambios en su estructura específica.

Sin embargo es preciso puntualizar que hay una particularización y aún una individualización del fin, en razón de las diferencias individuales, la singularidad metafísica de cada hombre y las condiciones histórico-sociales que ponen a cada uno en circunstancias diversas y exigen así un modo diverso de realizar el fin.

e. La interdisciplinariedad. Lo importante en el diseño curricular es evitar la incomunicación entre saberes a cuyo fin debe lograrse una activa coordinación. Ello permite la investigación interdisciplinaria para fijar su objeto particular, su método y su contenido que permita la correlación y la integración tanto en la endo como la exoestructura de la CM.

En otras palabras, la enseñanza integrada debe tener coherencia horizontal y vertical con disciplinas específicas y fronterizas desde una perspectiva global.

E. PROYECTO PEDAGÓGICO – DIDÁCTICO A NIVEL INSTITUCIONAL

Constituye un proceso de toma de decisiones por el cual los responsables de la Educación Militar, con el asesoramiento del Equipo de Trabajo de Expertos, adoptan las resoluciones necesarias acerca del qué por qué, para qué y cómo enseñar así también el qué, para qué, cuándo y cómo evaluar.

Dicho Proyecto constituye el marco de referencia que dará sustento y organización a las prácticas a nivel de los Institutos o Escuelas que integran orgánicamente el Sistema Educativo Específico o Conjunto..

El Proyecto Pedagógico-Didáctico a nivel institucional supone dar cuenta de las siguientes variables:

> Intencionalidad educativa
> Perfil de los egresados de los diferentes cursos que integran el Plan de Capacitación y
> Ámbitos de inserción

F. EVALUACIÓN

Es necesario:

> Establecer criterios y procedimientos para la evaluación del PCI, ajustando y retroalimentando el diseño en virtud de lo realmente desarrollado en los Proyectos particulares de los diferentes cursos que se realizan, en los respectivos niveles de educación, en un proceso permanente de revisión y actualización; siendo éste un espacio propicio para enriquecer las prácticas.
> Considerar a la evaluación como una búsqueda incesante de información clara, oportuna y confiable, para analizar, planificar y actuar en pro de una gestión eficiente, es decir, para tomar y justificar decisiones que vayan mejorando la totalidad de los componentes de la programación curricular.

De esta manera, una evaluación continua del PCI, implica informarse sobre la realidad internacional y las nuevas tecnologías que inciden en los procedimientos militares y formarse para regular crítica y constructivamente, el diseño y la marcha de las acciones, introduciendo las transformaciones necesarias en tres instancias:

1. Evaluación del diseño del PCI. En los siguientes ámbitos de análisis: **1)** La forma del documento, **2)** El contenido, 3**)** El proceso de elaboración y estrategias de monitoreo; para que a partir de allí discriminar una serie de indicadores que den cuenta de cada uno de estos ámbitos, y **4)** La concertación de una escala que permita su valoración:

2. **Evaluación de los procesos de ejecución del PCI.** Es el seguimiento del Proyecto, que puede estar a cargo de un equipo responsable con un coordinador a la cabeza y para una fecha previamente establecida analice:
   > Los resultados parciales que se están alcanzando, los avances que se han producido en relación con la situación inicial,
   > Las modificaciones del proyecto inicial, cómo y por qué se han realizado,
   > Las dificultades y conflictos que han surgido,
   > Los recursos, en el sentido si están siendo adecuadamente utilizados, entre otros aspectos materiales.

3. E**valuación de los resultados del PCI.** Una evaluación final es necesaria para conocer los resultados de la aplicación de los diferentes Proyectos Curriculares parciales de cada Curso que se realice, además, de considerar: 1) Los objetivos planteados, 2) Los resultados alcanzados, 3) Los efectos no esperados, sean positivos y negativos, 4) El impacto sobre el contexto próximo y mediato, como así también y 5) Los tiempos empleados y los recursos insumidos.

CONCLUSIONES FINALES

1. **La CIENCIA MILITAR** es la herramienta fundamental en la capacitación del militar profesional así como de aquellos civiles que deban intervenir en los Organismos y Sistemas Educativos de las FFAA y de los Organismos Conjuntos.

   Ella determina los conocimientos propios, traducidos en disciplinas y su relación con otras, la interdisciplinariedad que corresponda, los cuales conforman la TEORÍA MILITAR, referida tanto a aquéllos que hacen a los conocimientos ético-profesionales como los correspondientes a los conocimientos técnico-profesionales, en función del puesto o cargo que le corresponde ocupar, en el respectivo escalafón para satisfacer las exigencias de sus responsabilidades.

   Su objeto es conferirle al profesional militar "idoneidad" y "excelencia":

   Tales conocimientos requieren la determinación de la forma de organizar los mismos desde el punto de vista técnico, para establecer los diseños curriculares, sobre la base de las disciplinas y asignaturas, correspondientes a cada nivel orgánico, según el puesto o cargo, tarea que se cumple en los diferentes años de estudio de acuerdo con el Plan de capacitación de cada Fuerza responsable. Ellas deben incluir su interrelación con otras disciplinas fronterizas, que gravitan sobre el conocimiento global de una realidad objetiva y configuran un Sistema de Educación Institucional. Para ello y para poder transmitirlos requiere de la CIENCIA DE LA EDUCACIÓN.

2. **La CIENCIA DE LA EDUCACIÓN** es una ciencia teórico-práctica que intenta elaborar un sistema de conocimientos fundados y metódicos acerca de la educación (Del latín "*educare*": Alimentar, criar, nutrir y "*exducere*": idea de desarrollar, crecer).

   Para ello utiliza la PEDAGOGÍA que "se ocupa de la educación y la enseñanza y la DIDÁCTICA, una disciplina científica parte integrante de la Pedagogía, que está constituida por un conjunto de principios y normas cuyo fin es orientar la acción del educador para obtener la eficiencia de la dupla "enseñanza-aprendizaje", mediante "la aplicación de métodos o procedimientos de enseñanza, empleando el mejor camino y los mejores medios", para obtener los conocimientos impuestos que impone la TEORÍA MILITAR de la CIENCIA MILITAR.

3. **LA TAREA DE ELABORAR UN SISTEMA DE EDUCACIÓN** para cada Fuerza y del Sistema Conjunto, es difícil y compleja.
   - **a.** Difícil, porque está dirigida a los hombres y mujeres que sienten, piensan y quieren e integran las FFAA provenientes de diferentes ámbitos socio-culturales, que desarrollan la carrera, militar impulsados por su vocación cuyos conocimientos se adquieren en diversos Institutos, Escuelas o Unidades acorde con su posición relativa dentro de las respectivas organizaciones. Su evolución los lleva a preparase para ocupar diferentes puestos o cargos, en las respectivas especialidades, cada uno de los cuales tiene definido un determinado perfil profesional por la Administración de Personal que determina los conocimientos que debe adquirir para desempeñarse en los mismos dentro del Sistema Orgánico-Funcional-Cognoscitivo.
   - **b.** Compleja, por los conocimientos propios e interrelacionados de cada una de los diferentes de niveles orgánicos del Sistema mencionado.

4. **LA COSMOVISIÓN DEL PERSONAL MILITAR** partícipe imprescindible de las FFAA, en el aprendizaje de la formación profesional, desde el punto de vista de la Antropología Filosófica, requiere que su formación militar siga los siguientes pasos:

   1º: "SER" MILITAR, para lo cual requiere: 1) IN-SISTIR[33] Y 2) EC-SISTIR (EXISTIR)[34]

   2º: "PODER SER" MILITAR, paso fundamental e ineludible, debido a la necesidad de tener la facultad (una capacitación) para HACER ALGO CON IDONEIDAD. Surge del aprendizaje de la TEORÍA MILITAR, acorde con su situación relativa (rol), a fin de recién

   3º "DEBER SER" MILITAR, ESTO ES LA OBLIGACIÓN DE SER ALGO INTERNA Y EXTERNAMENTE, EN UN CARGO O ROL DETERMINADO, porque ya tiene la aptitud necesaria y, por consiguiente, la obligación moral de ponerla en evidencia.

5. **La CIENCIA MILITAR y LA CIENCIA DE LA EDUCACIÓN** constituyen un conjunto indisoluble donde uno aporta las exigencias a satisfacer, la TEORÏA MILITAR y la otra las viabiliza técnicamente a través del PROYECTO CURRICULAR y LA ENSEÑANZA, en sus enfoques horizontal y vertical de cada Fuerza Armada o Conjunta, para el aprendizaje de los integrantes de las FFAA, sus hombres y mujeres.

---

33 QUILES, Ismael. R.P. "Antropología filosófica In – sistencial". Ediciones Dipalma Buenos Aires. 1978. Enfoque filosófico relacionado con la interioridad del hombre: el insistecialismo (INSISTIR: del latín, "in", adentro y "sistere", sostenerse) Significa "Ser en sí mismo", "estar sobre o en algo", mediante el cual el hombre se conoce a sí mismo, el "yo interior", y por medio del cual reafirma y adquiere su propia "dignidad", conciencia, libertad y responsabilidad. Constituye el "primum esse" del hombre (primer ser) principio de todas las determinaciones y definiciones clásicas del hombre que, a la vez lo lleva al "primun cognitum" de la realidad del hombre (primer principio del conocimiento óntico). Pág. XII, XV y XIV; 54, 320 y 322

34 KIERKEGAARD, Sören a SARTRE, Jean Paul "Las Doctrinas Existencialistas" de R. Jouvet. 1950, ver Ferrater Mora. Bibliografía. (Existir, del latín "ex", afuera y "sistere", sostenerse) A diferencia de Insistir -ser en sí mismo- el vocablo Existir, significa ser lo que está afuera, es decir "ser en el mundo exterior o "estar fuera de algo". El existencialismo se interesa por la realidad última del hombre y resolverlo con toda sinceridad y crudeza y ausencia de presupuestos. Pero. ha dejado inconcluso el interrogante de dónde había partido. Op. Cit. Pág. XIII y XVIII. Es decir su propia naturaleza, esencia y constitución.

6. LA IMPORTANCIA DE LA CIENCIA MILITAR, por último, es una consecuencia del hecho que

SIN CIENCIA MILITAR NO HAY TEORÍA MILITAR,
SIN TEORÍA MILITAR NO HAY CONOCIMIENTOS OPERACIONALES,
SIN CONOCIMIENTOS OPERACIONALES NO HAY IDONEIDAD MILITAR OPERACIONAL,

SIN IDONEIDAD OPERACIONAL NO HAY PROFESIONALISMO MILITAR,
SIN PROFESIONALISMO MILITAR NO SE JUSTIFICA LA EXISTENCIA DE LAS FF.AA,
- INSTITUCIONES FUNDAMENTALES Y ESENCIALES DE LA NACIÓN -
TAL LA IMPORTANCIA, NECESIDAD Y TRASCENDENCIA
DE LA "CIENCIA MILITAR"

(*) Carlos Enrique Laidlaw: Egresado del CMN Prom.74 del arma de Ingenieros; General de División Retirado del EA, Oficial de Estado Mayor; se desempeño en: Escuela Ingenieros; Unidades de tropas de montaña del arma Ingenieros; Cursante en Escuela de Comando y Estado Mayor EE. UU.; Profesor y Director de Escuela Superior de Guerra; Director de Gendarmería Nacional; Director de la Secretaria de Inteligencia del Estado; Ministro de Planeamiento de la República Argentina; Embajador en el Paraguay.

2. ARTÍCULOS SELECCIONADOS EN CONVOCATORIA 2023/2024

2.1

La importancia estratégica del espacio ultraterrestre en la Defensa Nacional

Por Mg Gonzalo Javier Rubio Piñeiro

Resumen

El espacio ultraterrestre desempeña un papel estratégico crucial en la Defensa Nacional, ya que proporciona capacidades avanzadas de vigilancia, comunicación y alerta temprana. La tecnología espacial permite monitorear actividades en la Tierra con precisión sin precedentes, utilizando datos de teledetección y observación de la Tierra. Esto mejora significativamente la conciencia situacional y los procesos de toma de decisiones estratégicas.

Los activos espaciales, como los satélites, funcionan como sistemas fundamentales de alerta temprana contra amenazas potenciales al proporcionar cobertura integral y datos en tiempo real. Además, las capacidades antisatélite sirven como elemento disuasorio y medio para neutralizar amenazas. Los sistemas de comunicación espacial sustentan la guía y el control de diversos activos militares, siendo esenciales para ejecutar maniobras estratégicas y ataques dirigidos.

Las motivaciones de los programas espaciales de Estados Unidos, Rusia, China e India tienen sus raíces en consideraciones estratégico-militares, influenciadas por teorías geopolíticas como las de Mackinder y Spykman. Estos países buscan mejorar su posición geopolítica y asegurar ventajas estratégicas en el espacio, lo que se está volviendo cada vez más vital para la Defensa Nacional y la superioridad tecnológica.

Estados Unidos mantiene el mayor gasto público en exploración espacial con 73.200 millones de dólares anuales, seguido por China, Rusia e India. Estos avances subrayan la importancia de la cooperación internacional y los marcos regulatorios para garantizar el uso pacífico del espacio y mitigar los riesgos asociados con la militarización de las tecnologías espaciales.

PALABRAS CLAVE: litio, Defensa Nacional, Espacio Ultraterrestre, Tecnología Satelital, Avances Tecnológicos, Cooperación Internacional.

Introducción al trabajo

La tecnología satelital ha emergido como un componente esencial para el progreso en sectores clave como la gestión de desastres, la agricultura, la educación y la Defensa Nacional en países de América Latina. La cooperación internacional y los avances tecnológicos han permitido cerrar la brecha digital y promover la inclusión educativa en regiones remotas, al tiempo que han mejorado las capacidades de vigilancia, comunicación y exploración en el espacio ultraterrestre. En este contexto, es fundamental explorar el impacto y las implicancias de la tecnología espacial en diferentes esferas, destacando tanto los avances logrados como los desafíos y oportunidades que se presentan.

El papel de las capacidades espaciales en la mejora de la Defensa Nacional

La tecnología espacial avanzada refuerza significativamente las capacidades de vigilancia al aprovechar el punto de vista único del espacio exterior para monitorear las actividades en la Tierra con una precisión y un alcance sin precedentes. Uno de los aspectos centrales de esta mejora es el uso de datos de teledetección de observación de la Tierra, que son fundamentales para la previsión meteorológica, la investigación y la recopilación de inteligencia[1]. La capacidad de recopilar imágenes de alta resolución en tiempo real desde satélites permite a las naciones observar y comprender diversos fenómenos ambientales y geopolíticos, mejorando así su conciencia situacional y sus procesos de toma de decisiones estratégicas[2]. Además, la integración de la tecnología espacial con las capacidades de guerra cibernética y electrónica, como se ve en la estrategia militar de China, subraya la naturaleza multidimensional de la vigilancia y la guerra de información moderna[3]. Esta integración permite un sistema de vigilancia más sólido y completo que puede detectar y contrarrestar amenazas potenciales de manera más efectiva. Estos avances no sólo contribuyen a la Defensa Nacional sino que también desempeñan un papel crucial en los esfuerzos humanitarios, como el seguimiento de las rutas de evacuación y el movimiento de las fuerzas armadas en zonas de conflicto[4]. A medida que las naciones continúan desarrollando capacidades espaciales tanto defensivas como ofensivas, es imperativo reconocer la importancia estratégica de mantener el control sobre el espacio ultraterrestre para salvaguardar los intereses nacionales y garantizar la estabilidad global[5].

Los activos espaciales como sistemas de alerta temprana de amenazas potenciales

Más allá de la navegación y la sincronización, los activos espaciales funcionan como sistemas fundamentales de alerta temprana para amenazas potenciales al aprovechar sus capacidades de vigilancia. Los satélites, por ejemplo, proporcionan cobertura integral y datos en tiempo real sobre vastas áreas, como el Mar Argentino, ofreciendo alerta temprana crítica contra posibles incursiones o acciones hostiles[6]. Estas capacidades son indispensables para los comandantes operativos que dependen de la vigilancia satelital para monitorear las actividades adversas y responder rápidamente a las amenazas, mejorando así su preparación para la misión[7]. La integración de tecnologías avanzadas, como las maniobras coorbitales para vigilancia e inspección, mejora aún más la capacidad

---

1 Cortés, J. M. M. (2024). El espacio ultraterrestre, un entorno indispensable para la seguridad nacional. Dialnet. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9412732

2 Ibíd.

3 Ibíd.

4 Ibíd.

5 Ibíd.

6 GONZALEZ, G. M. (2022). Influencia de las capacidades satelitales en el nivel operacional y su aplicación al componente naval argentino en función a los objetivos generales de la DPDN. https://cefadigital.edu.ar/bitstream/1847939/2355/1/TIF%20ECTON%202022%20-%20GONZALEZ%2c%20Gustavo%20Matias.pdf

7 Ibíd.

de detectar y evaluar amenazas potenciales en el espacio[8]. Además, las capacidades antisatélite, incluidos los ataques físicos cinéticos, sirven como elemento disuasivo y como medio para neutralizar las amenazas, lo que subraya la importancia estratégica de mantener una infraestructura sólida de vigilancia espacial[9]. En conjunto, estos activos espaciales son vitales para la defensa nacional, ya que permiten la detección oportuna y contramedidas efectivas contra diversas amenazas, garantizando así un estado de preparación y seguridad perpetua[10].

Sistemas de comunicación espacial para las operaciones militares

Más allá de la alerta temprana y la vigilancia, los sistemas de comunicación espacial son fundamentales para garantizar la continuidad y eficacia de las operaciones militares a una escala más amplia. Estos sistemas sustentan la guía y el control de diversos activos militares, incluidos sistemas aéreos, misiles y municiones de precisión, que son esenciales para ejecutar maniobras estratégicas y ataques dirigidos[11]. Estados Unidos, por ejemplo, ha desarrollado el Sistema de Contracomunicaciones (CCS), que ofrece capacidades de guerra electrónica ofensiva, permitiendo la interferencia de enlaces ascendentes contra satélites de comunicaciones en órbita geoestacionaria[12]. Esta capacidad no sólo interrumpe las comunicaciones del adversario, sino que también subraya la vulnerabilidad de los sistemas espaciales a las interferencias electrónicas. Además, la confiabilidad de las operaciones militares depende en gran medida de la solidez de los sistemas de comunicación espaciales, ya que su interrupción puede afectar significativamente la funcionalidad de las terminales de usuarios de comunicaciones por satélite dentro de rangos tácticos y obstruir los enlaces ascendentes de comunicaciones por satélite desde estaciones terrestres fijas[13]. La importancia de mitigar tales vulnerabilidades se pone de relieve por la incierta eficacia de las medidas estadounidenses contra la interferencia y el engaño de las señales GPS militares por parte del adversario[14]. En consecuencia, mantener sistemas de comunicaciones espaciales resilientes y seguros es imperativo para el éxito operativo sostenido y la superioridad estratégica de las fuerzas militares.

Análisis comparativo de las capacidades espaciales: Estados Unidos, Rusia, China e India - sus motivaciones y objetivos

Una de las motivaciones centrales de los programas espaciales de Estados Unidos, Rusia, China e India tiene sus raíces en consideraciones estratégico-militares, que están fuertemente influenciadas por teorías geopolíticas como las propuestas por Mackinder y Spykman. La teoría Heartland de Mackinder postula que la región central de Eurasia, particularmente Rusia, ocupa una posición geopolítica fundamental debido a su fortificación natural y abundancia de recursos[15]. Esta perspectiva subraya la importancia del control territorial y la expansión como medio para asegurar

---

8 Cortés, J. M. M. (2024). El espacio ultraterrestre, un entorno indispensable para la seguridad nacional. Dialnet. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9412732

9 Ibíd.

10 GONZALEZ, G. M. (2022). Influencia de las capacidades satelitales en el nivel operacional y su aplicación al componente naval argentino en función a los objetivos generales de la DPDN. https://cefadigital.edu.ar/bitstream/1847939/2355/1/TIF%20ECTON%202022%20-%20GONZALEZ%2c%20Gustavo%20Matias.pdf

11 Cortés, J. M. M. (2024). El espacio ultraterrestre, un entorno indispensable para la seguridad nacional. Dialnet. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9412732

12 Ibíd.

13 Ibíd.

14 Ibíd.

15 Fédorova, K. (2013). La contribución histórica de A.T. Mahan. El análisis comparativo de los conceptos geopolíticos: estratégico-militar y natural-orgánico. https://e-archivo.uc3m.es/entities/publication/e973652d-7cc8-46d6-a1bb-ee43bbcb6965

una ventaja estratégica, un principio que se extiende más allá de los límites terrestres y entra en el dominio de la exploración espacial[16]. El espacio, como nueva frontera, ofrece a estas naciones la oportunidad de establecer una presencia y ejercer influencia en un ámbito que se está volviendo cada vez más vital tanto para la Defensa Nacional como para la superioridad tecnológica. Además, la afirmación de Spykman de que la importancia del Heartland depende de su interacción con las zonas costeras circundantes puede aplicarse de manera análoga a la interconexión de los dominios terrestres y extraterrestres[17]. Por lo tanto, los programas espaciales de estos países no tienen que ver simplemente con descubrimientos científicos o inversiones económicas, sino que también están impulsados por la ambición de mejorar su posición geopolítica y asegurar ventajas estratégicas en un ámbito emergente. En consecuencia, existe una necesidad apremiante de cooperación internacional y marcos regulatorios para garantizar que el espacio siga siendo un dominio de exploración pacífica en lugar de un campo de batalla por la supremacía geopolítica.

Establecimiento de la Fuerza Espacial de los Estados Unidos - sus capacidades espaciales y posicionamiento estratégico

El establecimiento de la Fuerza Espacial de los Estados Unidos (USSF) representa un cambio significativo en el posicionamiento estratégico y las capacidades espaciales del país, particularmente en el contexto de la dinámica de poder global. A diferencia de las expansiones territoriales tradicionales que se centran en la tierra física, el USSF apunta a asegurar y mejorar el dominio de Estados Unidos en el dominio cada vez más disputado del espacio exterior. Este desarrollo es crucial dados los avances realizados por otros actores globales importantes, como China, India y Rusia, en sus respectivos programas espaciales. Por ejemplo, el rápido progreso de China en tecnología espacial y sus inversiones estratégicas en zonas económicas especiales resaltan el panorama competitivo en el que debe operar el USSF[18]. Además, la integración de capacidades militares-industriales en el USSF garantiza que Estados Unidos pueda mantener su ventaja sobre estas naciones, particularmente en términos de innovación tecnológica y preparación para la defensa[19]. Al centrarse en las capacidades espaciales, el USSF no sólo fortalece la Defensa Nacional, sino que también posiciona a Estados Unidos como una fuerza dominante en la futura exploración y explotación espacial. Este movimiento estratégico requiere la cooperación de varios sectores, incluida la industria privada y los aliados internacionales, para abordar los desafíos multifacéticos que plantea la militarización del espacio. Garantizar un enfoque integral que aproveche estas asociaciones será imperativo para mantener la ventaja estratégica de Estados Unidos en esta nueva frontera.

Avances clave en tecnologías espaciales y contraespaciales realizados por Rusia y China - comparación con los de Estados Unidos y la India

En los últimos años, los avances en tecnologías espaciales y contraespaciales por parte de Rusia y China han sido significativos, y ambas naciones han logrado avances sustanciales en capacidades que rivalizan con las de Estados Unidos y la India. El legado de Rusia en tecnología espacial se remonta a la era soviética y continúa manteniendo un sólido programa espacial que incluye avances en tecnología satelital, propulsión de cohetes y armas antisatélite (ASAT). Sin embargo, existe

---

16 Ibíd.

17 Ibíd.

18 Eissa, S. G. (2017). Relaciones Militares de China, India y Rusia con América Latina: ¿Peligros u Oportunidades para la Región? In Relaciones Internacionales (Vols. No4–2017, pp. 85–112). https://iberoamericajournal.ru/sites/default/files/2017/4/eissa_pdf.pdf

19 Del Carmen Sánchez Mora, M. (2024). Misiles hipersónicos y la carrera tecnológica armamentista entre Rusia, China y Estados Unidos. https://www.revistas.unam.mx/index.php/rri/article/view/89003

un contraste notable al comparar las capacidades industriales militares de estas naciones. Estados Unidos ha invertido mucho en sus tecnologías espaciales y contraespaciales, asegurándose de seguir siendo una fuerza dominante en la militarización y los sistemas de defensa espaciales, mientras que China y la India se han centrado en aprovechar su crecimiento económico y su innovación para lograr avances impresionantes en sus programas espaciales[20]. El programa espacial de China, en particular, se ha caracterizado por rápidos avances, incluido el aterrizaje exitoso del Chang'e-4 en la cara oculta de la Luna y el lanzamiento de su propia estación espacial, Tiangong. Este progreso refleja la estrategia más amplia de China de utilizar los logros espaciales para reforzar su posición diplomática y mostrar su destreza tecnológica en el escenario global[21]. Mientras tanto, Brasil, China y la India han demostrado una profunda comprensión de la relación no lineal entre el crecimiento económico y la innovación tecnológica en el espacio, posicionándose como actores clave en el panorama cambiante de la exploración y utilización del espacio[22]. A medida que estas naciones continúan desarrollando sus capacidades espaciales, se vuelve cada vez más importante que la cooperación internacional y los marcos regulatorios garanticen el uso pacífico del espacio y mitiguen los riesgos asociados con la militarización de las tecnologías espaciales.

Análisis comparativo de las inversiones en exploración espacial

Estados Unidos mantiene el mayor gasto público en exploración espacial, con una inversión sustancial de 73.200 millones de dólares anuales, superando con creces a otras naciones en este ámbito[23]. En comparación, le siguen China, Rusia e India con inversiones significativamente menores, lo que refleja sus diferentes capacidades económicas y prioridades estratégicas. China, con su asignación de 14.152 millones de dólares, es el segundo país que más gasta entre las naciones comparadas, lo que demuestra su creciente compromiso de convertirse en una potencia espacial dominante[24]. El gasto de Rusia de 3.408 millones de dólares indica sus esfuerzos continuos pero más limitados en la exploración espacial, en parte debido a desafíos económicos y consideraciones geopolíticas[25]. India, clasificada como un estado espacial de categoría dos, ha logrado avances notables con sus misiones espaciales innovadoras y rentables, aunque sus inversiones financieras siguen siendo modestas en comparación con Estados Unidos, China y Rusia[26]. La disparidad en el gasto subraya el variado énfasis y capacidad entre estas naciones, con el sólido respaldo financiero de Estados Unidos permitiendo programas espaciales más extensos y avanzados[27]. Esta importante inversión de Estados Unidos no sólo refuerza su posición de liderazgo en la exploración espacial, sino que también resalta la importancia estratégica que otorga al espacio como ámbito para los avances científicos, económicos y militares[28]. A medida que otras naciones aumenten sus inversiones y capacidades,

---

20 Ibíd.

21 Armando, R. F. J., & Liliana, C. a. M. (2015). Efectos de la capacidad innovadora en el crecimiento económico: Análisis comparativo entre países desarrollados y en desarrollo. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252015000300004

22 Wang, S. (2014). El esplendor de Moscú y Shanghai: Un estudio comparativo de los mercados suntuarios, clases medias y conducta del consumidor de Rusia y China. https://orientando.uv.mx/index.php/orientando/article/view/1559

23 Los gastos espaciales gubernamentales aumentan un 15 % y llegan a 117.000 millones de dólares en 2023. (n.d.) recuperado July 11, 2024, de www.infoespacial.com

24 Ibíd.

25 Ibíd.

26 Lele, A. (2023). Los riesgos que esconde la carrera espacial entre los países asiáticos. La Vanguardia. https://www.lavanguardia.com/internacional/vanguardia-dossier/revista/20230831/9044109/riesgos-esconde-carrera-espacial-paises-asiaticos.html

27 Ibíd.

28 Ferguson, A. (2024). El ejército estadounidense tiene ventaja en el espacio. China y Rusia están en una carrera contraespacial para interrumpirla. CNN. https://cnnespanol.cnn.com/2024/05/27/ejercito-estadounidense-ventaja-espacio-china-rusia-trax/

el panorama competitivo en la exploración espacial se volverá más dinámico, lo que requerirá un compromiso financiero continuo y posiblemente mayor por parte de los EE. UU. para mantener su estatus preeminente[29].

Áreas clave de avances tecnológicos en la exploración espacial

Un área importante de avance tecnológico en la exploración espacial incluye el desarrollo y despliegue de satélites artificiales, que han sido fundamentales para estudiar tanto la Tierra como el espacio exterior[30]. El lanzamiento del Sputnik 1 por la Unión Soviética en 1957 marcó un hito monumental, iniciando una era de tecnología satelital que revolucionaría las comunicaciones, el pronóstico del tiempo y la observación científica[31]. Después de esto, Estados Unidos lanzó su primer satélite, Explorer 1, en 1958, contribuyendo a avances críticos en la tecnología espacial y ayudando a mapear los cinturones de radiación de la Tierra[32]. A medida que ambas naciones continuaron innovando, también enviaron varias sondas no tripuladas guiadas remotamente para explorar la Luna y otros planetas, impulsando avances tecnológicos y profundizando nuestra comprensión del sistema solar[33]. Estos esfuerzos pioneros sentaron las bases para los esfuerzos espaciales modernos y han inspirado a naciones como China, Francia y la Agencia Espacial Europea a invertir fuertemente en sus propios programas espaciales. Este interés global subraya la naturaleza interconectada del progreso tecnológico en la exploración espacial, donde los logros de una nación a menudo estimulan la innovación y los avances en otras. Para mantener y aprovechar estos avances tecnológicos, la cooperación y la inversión internacional continua son esenciales.

Influencia de los factores económicos en los patrones de inversión en la exploración espacial

Los factores económicos desempeñan un papel fundamental en la configuración de los patrones de inversión en la exploración espacial, influyendo significativamente en la trayectoria de participación del sector nacional y privado. Por ejemplo, la inversión de la NASA en el desarrollo de una industria espacial comercial dinámica subraya la importancia de fomentar un ecosistema económico viable para apoyar futuros esfuerzos espaciales[34]. La viabilidad económica de los proyectos de exploración espacial es un factor crítico que requiere el desarrollo de tecnologías rentables que puedan garantizar un crecimiento sostenible y atraer inversiones sustanciales[35]. Además, los beneficios potenciales de la minería espacial, como la reducción de la extracción de materiales en la Tierra, presentan una oportunidad lucrativa que podría redirigir las inversiones hacia el sector espacial[36]. El valor de mercado de la minería de asteroides, que se prevé que crezca de 712 millones de dólares en 2017 a unos 3,9 mil millones de dólares en 2025, ilustra los incentivos financieros que impulsan

---

29 Los gastos espaciales gubernamentales aumentan un 15 % y llegan a 117.000 millones de dólares en 2023. (n.d.) recuperado July 11, 2024, de www.infoespacial.com

30 Carlos, G. F. L. (2011). Satélites y la Exploración del Espacio. http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1997-40442011000100006&lng=pt&nrm=iso&tlng=es

31 Casado Pérez, F J (2002). Historia y tecnología de la exploración espacial. https://www.iberlibro.com/9788495777089/Historia-tecnolog%C3%ADa-exploraci%C3%B3n-espacial-Casado-8495777088/plp

32 Ibíd.

33 Carlos, G. F. L. (n.d.). Satélites y la Exploración del Espacio. http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1997-40442011000100006&lng=pt&nrm=iso&tlng=es

34 Las Naciones Unidas en la era del emprendimiento espacial | Naciones Unidas. (n.d.). United Nations. https://www.un.org/es/cr%C3%B3nica-onu/las-naciones-unidas-en-la-era-del-emprendimiento-espacial

35 Pascuini, P., & López, A. (2022). Tendencias en la economía del espacio y potencial argentino. Documentos De Trabajo Del Instituto Interdisciplinario De Economía Política, (70), 1-58. Recuperado a partir de https://ojs.econ.uba.ar/index.php/DT-IIEP/article/view/2496

36 Ibíd.

este cambio[37]. Sin embargo, la prohibición de los derechos de propiedad sobre los cuerpos celestes, según el Tratado Espacial de la ONU de 1967, plantea un desafío importante para las actividades de minería espacial, destacando la compleja interacción entre los intereses económicos y los marcos legales internacionales[38]. Para abordar estos desafíos, las asociaciones globales, incluidas las colaboraciones con el sector privado, son esenciales para crear una industria espacial sólida y preparada para el futuro, garantizando que los factores económicos sigan influyendo positivamente en los patrones de inversión en la exploración espacial[39].

Evaluación de los avances tecnológicos en las capacidades espaciales de los países latinoamericanos

Los países latinoamericanos han logrado adelantos significativos en el avance de sus capacidades espaciales, particularmente mediante el desarrollo y despliegue de tecnología satelital. Por ejemplo, Brasil y Argentina han estado a la vanguardia de este movimiento, invirtiendo fuertemente en la creación y lanzamiento de satélites destinados a mejorar las comunicaciones, monitorear los recursos naturales y mejorar las capacidades de gestión de desastres. Estos avances no son sólo hazañas tecnológicas; son fundamentales para el desarrollo socioeconómico de la región. La tecnología satelital mejorada permite una mejor conectividad a Internet, lo cual es crucial para las iniciativas educativas en todo el continente, especialmente en áreas remotas donde falta infraestructura tradicional. Además, estos avances contribuyen a una comprensión más completa del conocimiento espacial y la capacidad de analizar los cambios ambientales, lo cual es esencial para el desarrollo sostenible[40]. Sin embargo, para medir verdaderamente el progreso, es necesario establecer criterios claros para evaluar estos desarrollos tecnológicos, como su impacto en las comunidades locales, beneficios económicos y contribuciones a la investigación científica. Al establecer estos puntos de referencia, los países latinoamericanos pueden garantizar que sus inversiones en tecnología espacial produzcan beneficios tangibles para sus poblaciones y fomenten la cooperación regional en la exploración espacial.

Análisis comparativo

Al comparar los avances tecnológicos entre Argentina, Brasil y México, es esencial considerar cómo las capacidades y recursos únicos de cada país dan forma a su progreso. Argentina ha logrado avances significativos en la tecnología satelital, aprovechando su experiencia para desarrollar capacidades avanzadas de detección remota que permiten evaluaciones detalladas de las amenazas ambientales y las condiciones agrícolas. Este progreso puede atribuirse a inversiones específicas en infraestructura tecnológica y a un enfoque de cooperación con socios internacionales. Brasil, por otro lado, se ha centrado en ampliar su conocimiento y capacidades espaciales, con especial énfasis en comprender y mapear su vasta y diversa geografía[41]. Iniciativas como el Sistema de Vigilancia de la Amazonia (SIVAM) subrayan el compromiso de Brasil con el uso de tecnología satelital para el monitoreo ambiental y el desarrollo sostenible. Por el contrario, México ha dado prioridad a la integración de la tecnología de Internet en las escuelas, con el objetivo de abordar las disparidades edu-

---

37 Ibíd.

38 Ibíd.

39 Las Naciones Unidas en la era del emprendimiento espacial | Naciones Unidas. (n.d.). United Nations. https://www.un.org/es/cr%C3%B3nica-onu/las-naciones-unidas-en-la-era-del-emprendimiento-espacial

40 Granobles, D. F. M., Correa, J., Pacheco, F., & Moreno, S. R. (2021b). Entorno Latinoamericano y factores económicos en el desarrollo espacial colombiano. Dialnet. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9211109

41 Granobles, D. F. M., Correa, J., Pacheco, F., & Moreno, S. R. (2021b). Entorno Latinoamericano y factores económicos en el desarrollo espacial colombiano. Dialnet. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9211109

cativas y mejorar la alfabetización digital entre sus jóvenes. Este enfoque refleja la estrategia más amplia de México para aprovechar la tecnología para la inclusión social y el desarrollo económico. En conjunto, estos avances resaltan las diversas formas en que Argentina, Brasil y México están aprovechando la tecnología para abordar desafíos tanto comunes como únicos. Para garantizar un progreso sostenido, es crucial que estos países continúen invirtiendo en infraestructura tecnológica, fomentando la cooperación regional y desarrollando criterios para evaluar el progreso de manera integral. Este enfoque holístico no sólo mejorará sus capacidades individuales, sino que también contribuirá a una región latinoamericana más integrada y tecnológicamente avanzada.

Tecnologías clave que se están desarrollando o implementando en los programas espaciales

El desarrollo e implementación de tecnologías clave en los programas espaciales de los países latinoamericanos han contribuido significativamente al avance de diversos sectores. La atención se ha centrado principalmente en la tecnología satelital, que ha reforzado las capacidades en teledetección y comunicación. Por ejemplo, los avances tecnológicos en tecnología satelital permiten la evaluación remota de amenazas ambientales, mejorando así la gestión de desastres y el monitoreo agrícola. Además, estos avances respaldan iniciativas educativas al proporcionar acceso a Internet a escuelas remotas, abordando así la brecha digital y promoviendo la inclusión. Además, la integración del conocimiento espacial en estos programas ha permitido a los países latinoamericanos mejorar su comprensión de los datos geográficos y ambientales, fomentando una población mejor informada y promoviendo el desarrollo sostenible[42]. Estos avances tecnológicos son cruciales para el progreso de la región, enfatizando la necesidad de inversión y cooperación continuas para garantizar que todos los países de América Latina puedan beneficiarse de estos avances. Por lo tanto, es imperativo que los formuladores de políticas prioricen el desarrollo de estrategias integrales que aprovechen estas tecnologías para abordar desafíos tanto infraestructurales como sociales.

Tendencias de las inversiones en tecnología y exploración espacial

Los recientes avances tecnológicos en tecnología satelital en varios países ilustran las diversas estrategias y prioridades en la exploración y el desarrollo espacial. Brasil, por ejemplo, ha invertido significativamente en el desarrollo y diseño de satélites como componente central de sus programas de exploración espacial[43]. Esta inversión no sólo ha mejorado las capacidades de Brasil en el seguimiento de los cambios ambientales y los recursos naturales, sino que también ha fomentado la cooperación internacional, posicionando al país como un actor formidable en la industria espacial global. Mientras tanto, los avances de Chile en tecnología satelital han sido impulsados por un sólido apoyo de institutos nacionales dedicados a fomentar la innovación[44]. Estos institutos brindan un respaldo financiero fundamental que potencia la investigación y el desarrollo, permitiendo a Chile desarrollar sofisticados sistemas satelitales para una variedad de aplicaciones, incluidas la observación de la Tierra y las telecomunicaciones. Las interconexiones entre estos avances son evidentes; Tanto Brasil como Chile aprovechan su progreso tecnológico para abordar desafíos nacionales y globales apremiantes, como el monitoreo del cambio climático, la gestión de desastres y el desarrollo sostenible. Al continuar invirtiendo en tecnología satelital, estas naciones no sólo mejoran sus

42 Ibíd.

43 Kholodkov, N. N. (2017). América Latina: El problema de financiamiento de la innovación. In Iberoamérica: Vol. No 2–2017 (pp. 7–29).

44 Ibíd.

capacidades científicas, sino que también contribuyen a un esfuerzo internacional más amplio destinado a aprovechar la tecnología espacial para el mejoramiento de la sociedad.

Impacto de estos avances en sectores como la gestión de desastres y el monitoreo agrícola

Los avances en la tecnología satelital han tenido un impacto significativo en la gestión de desastres y el monitoreo agrícola, particularmente a través de colaboraciones internacionales e innovaciones tecnológicas. Por ejemplo, la Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón (JAXA) se ha asociado con varias empresas espaciales para desarrollar sistemas satelitales de vanguardia que proporcionan datos en tiempo real durante desastres naturales, lo que permite tiempos de respuesta más rápidos y una asignación de recursos más efectiva[45]. De manera similar, la miniaturización de la tecnología satelital ha permitido a países como Brasil y Argentina desplegar satélites rentables capaces de monitorear paisajes agrícolas, mejorando así las predicciones del rendimiento de los cultivos y las estrategias de manejo de plagas[46]. Estos avances tecnológicos no se limitan al mundo desarrollado; son adoptados cada vez más por países en desarrollo, incluidos Chile, Brasil, México y Argentina, que están a la vanguardia de la integración de sistemas satelitales miniaturizados en sus marcos de gestión de desastres y monitoreo agrícola[47]. Esta tendencia hacia el isomorfismo tecnológico garantiza que las naciones, independientemente de su situación económica, puedan beneficiarse de estos avances, promoviendo la resiliencia y la sostenibilidad globales[48]. Por lo tanto, la integración de tecnologías satelitales avanzadas en diferentes sectores subraya la necesidad de una cooperación e innovación internacional continua para abordar los desafíos globales de manera efectiva.

Papel que juega la tecnología satelital para cerrar la brecha digital y promover la inclusión educativa

La tecnología satelital se ha convertido en una herramienta fundamental para reducir la brecha digital y fomentar la inclusión educativa, particularmente en regiones con infraestructura terrestre limitada. A través de colaboraciones entre empresas espaciales y agencias como la Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón (JAXA), los avances en las comunicaciones por satélite han hecho posible proporcionar acceso a Internet en áreas remotas y desatendidas[49]. Este salto tecnológico es crucial para países como Chile, Brasil, México y Argentina, donde la integración de la tecnología de miniaturización y las tendencias hacia el isomorfismo en sus enfoques ha mejorado significativamente su capacidad para desplegar soluciones satelitales rentables y escalables[50] [51]. Por ejemplo, estas naciones han estado a la vanguardia de la tecnología espacial, innovando continuamente

---

45 Calderón, C. E. L., Valbuena, A. M., GutiéRrez, C. G. C., & Zorrilla, M. F. (2020). El espacio exterior, escenario de competencia o cooperación en América del Sur: los casos de Argentina, Brasil, México y Venezuela. In Escuela Superior de Guerra eBooks (pp. 241–283). https://doi.org/10.25062/9789585245624.04

46 Kholodkov, N. N. (2017). América Latina: El problema de financiamiento de la innovación. In Iberoamérica: Vol. No. 2017 (pp. 7–29).

47 Taibo Arias, C. (2020). Colapso: capitalismo terminal, transición ecosocial, ecofascismo.

48 Salazar-Xirinachs, J. M. (2019). Una nueva fase en las relaciones entre China y latinoamérica- Cooperación en ciencia, tecnología e innovación. www.academia.edu. https://www.academia.edu/45074249/Una_nueva_fase_en_las_relaciones_entre_China_y_latinoam%C3%A9rica_Cooperaci%C3%B3n_en_ciencia_tecnolog%C3%ADa_e_innovaci%C3%B3n

49 Calderón, C. E. L., Valbuena, A. M., GutiéRrez, C. G. C., & Zorrilla, M. F. (2020). El espacio exterior, escenario de competencia o cooperación en América del Sur: los casos de Argentina, Brasil, México y Venezuela. In Escuela Superior de Guerra eBooks (pp. 241–283). https://doi.org/10.25062/9789585245624.04

50 Taibo Arias, C. (2020). Colapso: capitalismo terminal, transición ecosocial, ecofascismo.

51 Salazar-Xirinachs, J. M. (2019). Una nueva fase en las relaciones entre China y latinoamérica- Cooperación en ciencia, tecnología e innovación. www.academia.edu. https://www.academia.edu/45074249/Una_nueva_fase_en_las_relaciones_entre_China_y_latinoam%C3%A9rica_Cooperaci%C3%B3n_en_ciencia_tecnolog%C3%ADa_e_innovaci%C3%B3n

para garantizar que incluso las comunidades más aisladas puedan acceder a recursos educativos en línea[52]. Estas iniciativas no son meros avances tecnológicos sino esfuerzos estratégicos para democratizar la educación, permitiendo a los estudiantes de zonas remotas participar en la economía global del conocimiento. Al cerrar la brecha digital, la tecnología satelital facilita un panorama educativo más inclusivo, asegurando que las barreras geográficas no obstaculicen las oportunidades de aprendizaje. Por esta razón, la inversión continua y la cooperación internacional en tecnología satelital son esenciales para sostener y ampliar estos beneficios, lo que en última instancia conducirá a resultados educativos más equitativos en todo el mundo.

Conclusiones

En general, el espacio ultraterrestre juega un papel cada vez más crucial en la Defensa Nacional y en el desarrollo socioeconómico de las naciones. Las inversiones en tecnología espacial, especialmente en capacidades de vigilancia, comunicación y exploración, están impulsando avances significativos en varios sectores, desde la Defensa Nacional hasta la gestión de desastres y la educación. Países como Estados Unidos, China, Rusia, India y varios países latinoamericanos han demostrado un compromiso constante con el desarrollo tecnológico en el espacio y han logrado avances significativos en sus respectivos programas espaciales.

En cuanto a la importancia estratégica del espacio ultraterrestre en la Defensa Nacional, se destaca que las capacidades espaciales mejoran significativamente la vigilancia y la toma de decisiones estratégicas. Los activos espaciales, como los satélites, funcionan como sistemas de alerta temprana y apoyan las operaciones militares al ofrecer comunicaciones seguras y precisas. La militarización del espacio plantea desafíos y oportunidades, lo que subraya la necesidad de cooperación internacional y marcos regulatorios sólidos para mantener la estabilidad y la seguridad global.

En términos de avances tecnológicos en la exploración espacial, se observa un progreso significativo en el desarrollo y despliegue de satélites artificiales, que han revolucionado las comunicaciones, el estudio del clima y las misiones de exploración planetaria. La inversión en tecnología espacial, especialmente en países como Estados Unidos, China y Rusia, ha catalizado importantes desarrollos en la exploración y ha colocado a estas naciones en posiciones de liderazgo en la carrera espacial.

En el contexto de los programas espaciales de países latinoamericanos, se destaca el avance de Argentina, Brasil, México y otros en el desarrollo de tecnología satelital para mejorar la gestión de desastres, el monitoreo agrícola y la inclusión educativa. Estos avances reflejan un compromiso creciente con la exploración espacial y con el uso de tecnología como motor para el desarrollo socioeconómico de la región.

Por lo tanto, la exploración y el desarrollo espacial son áreas clave de avance tecnológico y socioeconómico a nivel global, con el espacio ultraterrestre desempeñando un papel cada vez más importante en la Defensa Nacional, la gestión de desastres, la educación y otras áreas críticas. Asimismo, la cooperación internacional y el continuo apoyo financiero serán esenciales para garantizar que estos avances tecnológicos sigan beneficiando a la sociedad en su conjunto.

---

52 Vera, M. N. (2020). Científicos, Militares y Política Exterior en el desarrollo de Tecnologías Estratégicas en la semiperiferia: aproximación al estudio de los programas tecnopolíticos nucleares de Argentina, Brasil y México en clave comparada (1950 – 1991) [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio Institucional UNSAM.

2.2

Almacenamiento de energía no convencional como energía hidráulica. Estudio de caso de aplicación práctica

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

El presente trabajo fue presentado, aceptado y expuesto ante el XX Congreso Latino – Iberoamericano de Gestión Tecnológica y de la Innovación ALTEC 2023, Paraná, Entre Ríos, Argentina, septiembre 20, 21 y 22.

Resumen

Argentina dispone de represas hidroeléctricas, que le garantizan 11,3 GW de potencia instalada, numerosas de ellas, mediante adecuados estudios servirán de almacenamiento de energías no convencionales como energía hidráulica. La energía no convencional es aquella generada de forma poco habitual en el mundo de hoy. Por tanto, su uso aún está limitado por los costos de producción y su dificultosa forma para almacenarlas y transformarlas en energía eléctrica. Se las conoce también como energías limpias ya que en general no producen combustión, no contaminan (aunque algún impacto tiene al MA), y no dejan desechos (excepto los residuos de la biomasa). Dentro de las energías más usadas tenemos la: biomasa; eólica; geotérmica; mareomotriz y solar. El método para el estudio de caso elegido es el Geográfico, desarrollado por Humboldt y Ritter en el siglo XIX. Para los Geógrafos la Localización es fundamental para cualquier estudio, luego continúa la Descripción y Explicación; Comparación de fenómenos semejantes; Conexión y Coordinación para finalizar con la Evolución propia del o los eventos. Los estudios para establecer embalses susceptibles como reservorios de agua bombeada mediante energías no convencionales, se realizarán empleando el Método Geográfico. Se ejecutarán también estudios para determinar el sistema impulsor/elevador de agua y la matriz energética de aplicación para el bombeo al embalse. En Europa están operando las denominadas “baterías hidráulicas”, para ello se construyen dos embalses a diferentes alturas. Durante el día, normalmente con excedente de energía solar, se bombea el agua desde el embalse inferior al de cota superior, así se cargaría la denominada “batería hidráulica”, durante la noche se generará hidroelectricidad. Estos sistemas, pueden estar dispersos o bien interconectados al sistema energético nacional. Aplicando la metodología propuesta se ha estudiado una instalación hidroeléctrica ad oc.

PALABRAS CLAVE: REPRESAS HIDROELECTRICAS - ENERGIA NO CONVENCIONAL - BATERIAS HIDRAULICAS - TURBINAS REVERSIBLES -ENERGÍA DISTRIBUIDA CON INTERCONEXIÓN

Introducción

En términos generales las represas tienen dos desempeños principales: retener y/o desviar y aumentar la cota del agua. Para cumplir con los objetivos expresados deben: ser impermeables, es decir que no dejen pasar el agua a su través y, obviamente, resistentes a los empujes que ésta ejerce sobre el cuerpo de presa. Se trata de un muro que se construye en forma perpendicular al cauce de un curso de agua. El agua encausada puede ser manejada para: riego, generación eléctrica; piscicultura; turismo; navegación; consumo industrial y/o humano. También se construyen para la regulación de aguas a fin de evitar inundaciones en áreas cercanas a ríos, suelen ser construidas en hormigón; piedra y/o materiales sueltos. Según registros históricos las primeras represas fueron construidas en la antigua Mesopotamia y en Oriente Medio. Dichas represas fueron utilizadas para controlar los niveles de agua, debido a que las condiciones climáticas reinantes en la Mesopotamia afectaban el régimen de los ríos Tigris y Éufrates. Podemos decir que la primera represa conocida fue la de Jawa en Jordania (año 3.000 a.C.), se trató de una presa de gravedad, la cual originalmente contó con un muro de piedra de 9 metros de alto y con un espesor de 1 metro, siendo sostenido este muro mediante una muralla de tierra apisonada. En el antiguo Egipto se construyó la presa de Sadd el-Kafara en Wadi Al-Garawi, a 25 km al sur de El Cairo, tenía de largo 102 m en su base y contaba con 87 m de ancho. Dicha estructura fue construida aproximadamente entre los 2800 y 2600 a. C., como derivador para controlar inundaciones.

La energía hidráulica es quizá una de las fuerzas más antiguas usadas por el ser humano para la transformación de la materia. La forma más primitiva de obtener fuerza motriz fue mediante norias movidas por seres humanos y/o animales, utilizando ese movimiento rotatorio por ejemplo para la molienda de granos. Mas luego se desarrolló la rueda hidráulica accionada por el movimiento de una corriente de agua de un río o bien de un canal proveniente de una represa. Ya VITRUVIO en el Siglo I a.C. describió el Molino harinero de Barbegal que se encuentra en la actual Francia y que disponía de 16 ruedas hidráulicas con una producción diaria de 28 toneladas de granos procesados. También los romanos usaron las ruedas hidráulicas con el aditamento de "manivelas y bielas" adosadas a sierras, para cortar mármol, tal el caso del aserradero de Hierápolis que funciono a fines del siglo III a.C. Con estos inventos se transformó el movimiento rotatorio en lineal. Otros aserraderos de mármol, fueron descubiertos en Éfeso y Gerasa.

La idea de la construcción de la primera represa hidroeléctrica fue producto del Sr. H.F. Rogers que más tarde pudo concretarla, quien a su vez fue inspirado en los trabajos de Thomas A. Edison. Sin embargo este último proponía el empleo del vapor para mover los generadores de electricidad, a Rogers se le ocurrió que el agua pasando a través de una turbina podría funcionar para generar electricidad también. Efectivamente el 30 de Septiembre de 1882 se construyó la Primer Presa Hidroeléctrica del mundo, ubicada en el río Fox en Wisconsin, Estados Unidos. Cuando la planta comenzó sus operaciones produjo suficiente electricidad para iluminar la casa de Roger y a edificaciones colindantes, algo que en ese momento no parecía un gran avance. Existen algunas controversias, ya que algunos datos señalan que la primera central hidroeléctrica se construyó en 1880 en Northumberland, Gran Bretaña, sin embargo la historia reconoce a Rogers como el pionero y precursor de las presas y centrales hidroeléctricas.

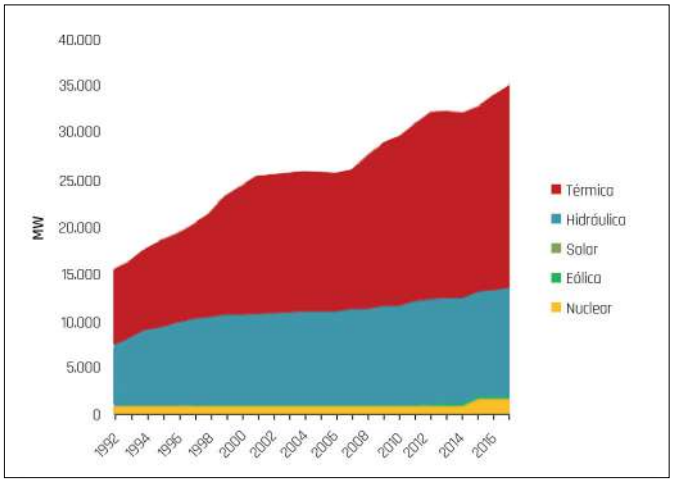
Con el paso del tiempo la hidroelectricidad, se ha convertido en una de las principales fuentes de energía eléctrica del mundo. En la actualidad en términos de producción de electricidad, más precisamente a partir de 2012, la Presa De Las Tres Gargantas en Hubei, China, se convirtió en la presa hidroeléctrica más grande del mundo. La enorme instalación puede generar hasta 22,5 GW (el doble de la capacidad total hidroeléctrica instalada y administrada por el estado argentino). Como dato ilustrativo, el costo para edificar esta represa se estimó de forma no oficial de 75.000 millones de dólares. Puede generar 11 veces más energía que la Represa Hoover en EEUU.

Las presas hidroeléctricas se encuentran dentro de la clasificación de energías renovables, junto a la energía de los biocarburantes; biomasa; eólica; geotérmica; mareo motriz; solar; undimotriz (oleaje marino). Asimismo es importante agregar que el agua, últimamente, se está convirtiendo en un recurso que es necesario cuidar, debido al retroceso de los glaciares (producido por el cambio climático global) así como grandes sequías que afectan también a los ríos y estos a su vez a las represas. Por ello los ríos conducen cada vez menos agua y por ende las represas tienen en algunos casos escasez de líquido. A fin de preservar en "recurso agua", en Europa fundamentalmente, se está recurriendo a la tecnología que se denomina de "baterías hidráulicas", debido a que en la actualidad el almacenamiento de energía se encuentra entre las prioridades a nivel energético de la Comisión Europea[1]. Esta tecnología consiste en almacenar la energía en forma de energía potencial como agua elevada y almacenada en presas. Para ello se construyen dos embalses o depósitos de agua a diferente altura. Durante el día, normalmente con el excedente de energía generada por paneles solares (no excluyente), se bombea desde el depósito de cota inferior al depósito de cota superior, de esta forma se carga la denominada "pila hidráulica".

En nuestro país existen sistemas o complejos hidroeléctricos que cuentan con dos embalses es decir uno superior y otro a cota más baja, asimismo contamos con suficiente insolación media así como flujo de viento capaz de producir energía renovable en las zonas de los embalses para producir el bombeo del agua. También en algunos de los sistemas de embalse, las turbinas generadoras tienen la propiedad de invertir su funcionamiento de forma de bombear agua desde la presa inferior a la superior. Este tipo de represas son denominadas como reversibles. Básicamente son represas que generan energía en picos de demanda y cuando el sistema interconectado tiene menos demanda, toman energía del mismo para bombear a la presa superior.

En el gráfico 1, sobre la matriz energética de nuestro país, que se muestra a continuación, se puede apreciar una tendencia al aumento en la producción de energía eléctrica mediante el consumo de hidrocarburos,

GRÁFICO 1: MATRIZ ENERGÉTICA DE LA REPÚBLICA ARGENTINA AL 2017



Fuente: Renewable Energy Capacity Statistics 2021 (irena.org)

1 La protección del medio ambiente y la innovación contribuyen a crear nuevas oportunidades de negocio y empleo, que a su vez estimulan nuevas inversiones. El crecimiento ecológico es un elemento central de la política de la UE para garantizar que en Europa el crecimiento económico sea ambientalmente sostenible. Además, la UE desempeña un papel clave en el impulso al desarrollo sostenible en todo el mundo.

también una tendencia al aplanamiento en materia de hidroelectricidad, así como que presenta una poca participación de las energías no convencionales. Una de las causas más gravitantes de esto último se debe a la dificultad del almacenamiento de la energía. Este paper viene a contribuir a la solución a ese problema.

Metodología

El método utilizado para el estudio de caso es el Geográfico, desarrollado por los Geógrafos Humboldt y Ritter en el siglo XIX. Para los Geógrafos, la localización es fundamental en cualquier estudio que involucre datos ó al medio geoespacial, luego continúa con la Descripción y Explicación; Comparación de aquellos fenómenos que sean semejantes; Conexión y Coordinación para finalizar con la Evolución propia del o los eventos. Por tanto los estudios para establecer embalses susceptibles como reservorios de agua bombeada mediante energías no convencionales, se realizarán empleando el Método Geográfico.

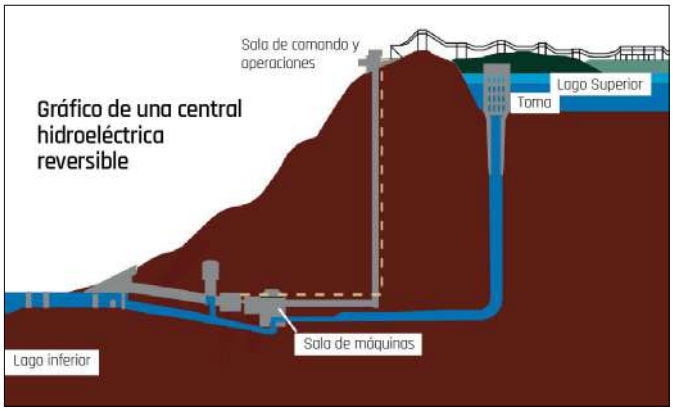
Aplicando la tecnología SIG (Sistemas de Información Geográfico). Sobre la base digital geográfica básica de nuestro país, se le superpuso la capa de información digital sobre centrales hidroeléctricas. Se seleccionaron aquellas centrales hidroeléctricas que dispusieren de dos embalses separados en cota altimétrica. Además dentro de ellos se seleccionaron aquellos sistemas de dos embalses con turbinas reversibles. De este modo se seleccionaron dos sistemas hidroeléctricos que disponen de turbinas reversibles con dos embalses.

Hasta el día de hoy estos sistemas generan energía en circunstancias de picos de demanda[2], una vez que el sistema interconectado nacional, tiene exceso de oferta de energía, toman de ella y mediante la inversión de sus turbinas maquinan el agua hacia el embalse de cota superior.

Se analizo también usar como energía renovable a la solar a fin de realizar por medio de esta energía no convencional el bombeo del agua hacia la represa superior. De este modo se logra el objetivo del almacenamiento de dicha energía como energía potencial hidráulica. El beneficio que se logra es reducir el consumo de la energía del sistema interconectado aun en momentos de menor demanda ya que de todos modos se está consumiendo, por otra parte se reduce el impacto ambiental con una importante economía al reducir el consumo de agua.

Respecto de utilizar energía solar, como en el mapa de insolación medio se aprecia que es de los más altos dentro de nuestro país y además el costo de la energía solar ha disminuido de manera tal que es muy rentable su utilización así como la logística de instalación es más recomendable.

GRÁFICO 2: CENTRAL HIDROELÉCTRICA REVERSIBLE



Fuente: elaboración propia

2 Central de Pico de Demanda, es la que trabaja solamente cuando la demanda de energía así requiere. En el mundo existen numerosas centrales de este tipo, pero hacia finales del siglo xx, comienzan a rivalizar con las centrales de almacenamiento de tipo baterías, debido a varios factores: la reducción de costos de estos elementos, su facilidad para emplazamiento (teniendo en cuenta que no es necesario poseer un site ad-hoc, sino que se acude al almacenamiento distribuido), además de no generar un alto impacto ambiental.

Desarrollo

Sobre la base geográfica básica de nuestro país, se le superpuso la capa de información sobre centrales hidroeléctricas. Quedo así estructurado un Sistema de Información Geográfico ad oc. Se seleccionaron aquellas centrales hidroeléctricas que dispusieren de dos embalses a distinta cota. Además dentro de ellos se seleccionaron aquellos sistemas con turbinas del tipo reversibles. Así es que se seleccionaron dos sistemas hidroeléctricos que disponen de turbinas reversibles con dos embalses.

Asimismo, se utilizó una capa de información sobre insolación media en el territorio de la República Argentina.

Según la publicación oficial INVENTARIO DE PRESAS Y CENTRALES HIDROELÉCTRICAS DE LA R.A., se elaboró el cuadro que sigue a continuación (representa la tabla de atributos para un SIG):

GRÁFICO 3: CUADRO/TABLA CON CARACTERÍSTICAS MÁS RELEVANTES DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS

Nro	Nombre del Complejo	Ubicación	Embalse inferior	Cantidad de turbinas	Funcionamiento	Consumo anual Bombeo GWh
1	Cabra Corral	25º 14' 5" S 65º 19' 50" O	no posee	3	generación	-
2	El Cadillal	26º 36' 57" S 65º 11' 34" O	no posee	2	generación	-
3	Yacyretá	27º 28' 57" S 56º 44' 22" O	no posee	20	generación	-
4	Río Hondo	27º 31' 18" S 64º 53' 17" O	no posee	2	generación	-
5	Escaba	27º 39' 12" S 65º 45' 48" O	no posee	3	generación	-
6	Cuesta del Viento	30º 11' 34" S 69º 03' 47" O	no posee	1	generación	-
7	Salto Grande	31º 16' 29" S 57º 56' 21" O	no posee	14	generación	-
8	San Roque	31º 22' 23" S 64º 25' 66" O	no posee	4	generación	-
9	Quebrada de Ullum	31º 28' 28" S 68º 39' 01" O	no posee	1	generación	-
10	Los Caracoles	31º 31' 06" S 68º 58' 54" O	no posee	2	generación	-
11	Los Molinos I	31º 49' 06" S 64º 30' 11" O	Lago la quintana	4	generación	-
12	Los Molinos II (Lago la Quintana)	31º 50' 52" S 62º 26' 86" O	no posee	1	generación	-
13	Río Grande (Embalse Cerro Pelado)	32º 13' 41" S 68º 38' 21" O	Arroyo Corto	4	reversible	400 (80%) El 20% lo aporta el Río Grande
14	Potrerillos-Cacheuta	32º 59' 41" S 69º 07' 36" O	no posee	4	generación	-
15	Álvarez Condarco	33º 02' 41" S 69º 03' 03" O	no posee	3	generación	-
16	El Carrizal	33º 17' 54" S 68º 43' 26" O	no posee	2	generación	-

Continúa en pag. 114

17	Agua del Toro	34° 35' 02" S 69° 02' 10" O	no posee	2	generación	-
18	Los Reyunos	34° 36' 06" S 68° 38' 27" O	El Tigre	2	El Tigre	20.2 (6.6%) El 93.4% aporta el Diamante
19	El Tigre	34° 36' 31" S 68° 36' 47" O	no posee	2		-
20	Nihuil IV	34° 49' 59" S 68° 31' 01" O	no posee	1	generación	-
21	Nihuil III	34° 54' 18" S 68° 37' 05" O	no posee	2	generación	-
22	Nihuil II	34° 59' 28" S 68° 37' 22" O	no posee	6	generación	-
23	Nihuil I	35° 01' 43" S 68° 40' 43" O	no posee	4	generación	-
24	Planicie Banderita (complejo Cerros Colorados)	38° 33´ 37" S 68° 28´ 56" O	no posee	2	generación	-
25	Arroyito	39° 06´ 24" S 68° 35´ 12" O	no posee	3	generación	-
26	El Chocón	40° 35´ 11" S 70° 45´ 08" O	no posee	6	generación	-
27	Pichi Picún Leufú	40° 00´ 42" S 69° 59´ 21" O	no posee	3	generación	-
28	Piedra del Águila	40° 11´ 25" S 69° 59´ 29" O	no posee	4	generación	-
29	Alicurá	31° 49' 06" S 64° 30' 11" O	no posee	4	generación	-
30	Futaleufú	43° 06' 33" S 71° 39' 04" O	no posee	4	generación	-
31	Florentino Ameghino	43° 41' 59" S 66° 28' 59" O	no posee	2	generación	-
32	Casa de Piedra	38° 11' 51" S 67° 10' 38" O	no posee	2	generación	-

Fuente: http://datos.energia.gob.ar/dataset/inventario-de-presas

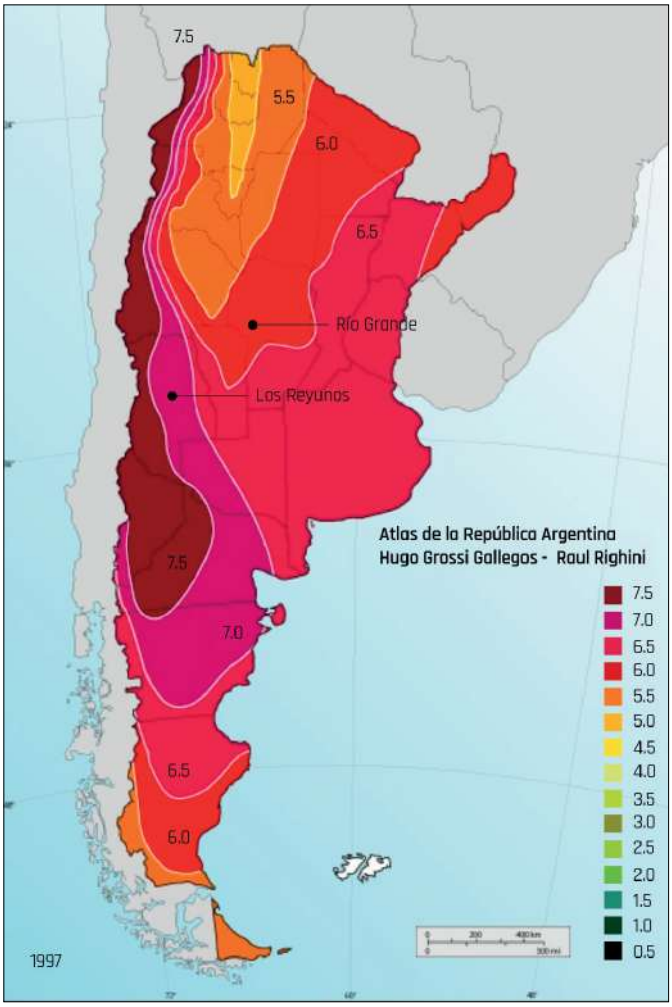
Como se aprecia, el resultado es que dos Sistemas o Presas reúnen la condición de disponer dos lagos separados en cota altimétrica con turbinas reversibles y con adecuada insolación media.

Resultados

Como se ha verificado, dispuesto el procesamiento de los datos, han surgido dos complejos o sistemas hidroeléctricos que son susceptibles de ser utilizadas como almacenamiento de "energía no convencional como energía potencial hidráulica", ellos son: el SISTEMA DE CERRO PELADO (Córdoba) Pág. 28 del Tomo 1 del INVENTARIO DE PRESAS Y CENTRALES HIDROELÉCTRICAS DE LA R.A. y la REPRESA LOS REYUNOS (Mendoza) Pág. 108 del Tomo 2 del INVENTARIO DE PRESAS Y CENTRALES HIDROELÉCTRICAS DE LA R.A.

De los dos emprendimientos hidroeléctricos, se ha seleccionado a la Presa LOS REYUNOS, como "caso" para ser tenido en cuenta, por el tipo de energía no convencional de bombeo, en función a que la insolación que es máxima.

GRÁFICO 4: DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL PROMEDIO DE LA IRRADIACIÓN SOLAR (INSOLACIÓN) DIARIA KWH/M^2



Fuente: Grossi Gallegos H./Righini R. (2007). ARGENTINA – Atlas de energía solar de la Rep. Arg.

GRÁFICO 5: EMPRENDIMIENTOS HIDROELÉCTRICOS SELECCIONADOS

Complejo	Ubicación (Pcia)	Capacidad instalada	Generación anual (*)	Energía anual de bombeo	Insolación media en KWh/m^2 día
Río Grande[3]	Córdoba Centro	750 MW	500 GWh	400 GWh (80%)	6
Los Reyunos[4]	Mendoza	224 MW	305 GWh	20.2 GWh (6.6%)	7

Fuente: http://datos.energia.gob.ar/dataset/inventario-de-presas

Discusión y análisis

De las dos presas que resultaron seleccionadas por el Método designado, cualquiera podría haber sido la designada a los fines de este ejercicio intelectual. Es más conveniente para este paper es "Los Reyunos" ya que el requerimiento energético para bombeo es menor y teniendo en cuenta que la insolación en la zona es mayor, fue suficiente para decidir la misma como caso de aplicación práctica. Para nuestro caso, Los Reyunos, teniendo en cuenta que se necesitan 20.2 GWh en un año (365 días) para bombear agua a la represa superior, por día se requieren 55.34 MWh. Como la insolación media diaria es de 7 KWh por metro cuadrado y teniendo en cuenta que el rendimiento o eficiencia de la energía solar se encuentra en la actualidad en un 20% (por la ineficiencia propia), se necesitaría cubrir con paneles solares una superficie de unas 3 Ha. Es decir 55.340 KWh/7 KWh por metro cuadrado, como eso representa el 20% del requerimiento, se debe multiplicar por 5, que representaría un parque solar de 39529 metros cuadrados o sea en términos generales 4 hectáreas.

A modo de ejercicio aproximado de costos, teniendo en cuenta un valor medio de una instalación fotovoltaica de 10 kW[5] que cuesta un mínimo de 10.000 €, hacen que este proyec-

to de reconversión este en el orden de los 55.340.000 de euros. Como información adicional, es importante agregar que entre los años 2000 y 2020, la capacidad de generación de energía renovable o no convencional en todo el mundo aumentó 3,7 veces, (de754 gigavatios (GW) a 2799 GW). Esto se debe fundamentalmente a que sus costos se han reducido decisivamente, impulsados por: mejoras constantes en la tecnología; economía de escala; cadenas logísticas muy competitivas y la experiencia acumulada por los desarrolladores. Finalmente, los costos de la energía solar fotovoltaica (PV) cayeron en materia de servicios públicos un 85% entre 2010 y 2020.

Conclusiones

Es factible convertir represas para almacenamiento de energías no convencionales si cuentan con un embalse a cota inferior y con turbinas reversibles así como una adecuada insolación media y/o con adecuados vientos. En nuestro país en principio dos centrales hidroeléctricas pueden convertirse en forma rápida como "almacenadoras" de energía no convencional, fotovoltaica, con la finalidad de no consumir energía del sistema interconectado.

Se podrían convertir otras represas si se realiza una presa aguas abajo de la descarga, bombeándose agua de la presa inferior a la superior con bombas alimentadas con energía no convencional.

Referencias

> Roccatagliata J.A. (coordinador) (2008). ARGENTINA – Una visión actual y prospectiva desde la dimensión territorial. Buenos Aires. Ed. Emecé
> Grossi Gallegos H./Righini R. (2007). ARGENTINA – Atlas de energía solar de la República Argentina
> https://www.irena.org/- /media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Apr/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2021.pdf
> https://victoryepes.blogs.upv.es/2014/07/01/la-presa-de-jawa-posiblemente-la-mas-antigua-documentada/
> https://www.irena.org/publications/2021/Jun/Renewable-Power-Generation-Costs-2020-Summary-ES
> https://european-union.europa.eu/priorities-and-actions/actions-topic/energy_es
> http://datos.energia.gob.ar/dataset/inventario-de-presas
> https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/energia-electrica/hidroelectrica/estadisticas-de-hidroelectricidad-en-argentina
> https://www.vancamperlife.com/cuantos-paneles-solares-necesito-para-generar-10-kw/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20tama%C3%B1o%20tiene%20un%20sistema%20solar%20de%2010kW%3F,produce%20un%20sistema%20solar%20de%2012kw%20al%20d%C3%ADa

---

3 La presa Cerro Pelado, se encuentra en el centro del País, en la provincia de Córdoba, sobre la cuenca del Río Grande, en las coordenadas 32° 13' 41" S y 68° 38' 21" O. La población más cercana es Calamuchita y su principal uso es la generación de energía. Su construcción se inició en el año 1974 y se terminó en 1986, bajo el control de Agua y Energía Eléctrica, comenzó su operación el 14 de febrero de 1986. La presa principal es de materiales sueltos, tiene una altura sobre el lecho del río de 104,00 m y una longitud de 410,00 m, con lo que almacena 371,00 Hm3. Cuenta asimismo con dos presas laterales a ambas márgenes, de iguales características, de 1450,00 m y 59,00 m respectivamente. El caudal medio anual del río es de 11,46 m3/s. La central posee 4 turbinas Francis reversibles, que le permiten trabajar como bomba de elevación de agua, con una potencia unitaria de 187,50MW y una generación media anual de 970,00 GWh.

4 La presa Los Reyunos, se encuentra ubicada en la región de Cuyo al oeste de Argentina en la provincia de Mendoza, en la cuenca del Río Diamante, en las coordenadas 34° 36' 06" Sur y 68° 38' 27" Oeste. La población más cercana a la presa es la ciudad de 25 de mayo y su principal uso es la generación de energía. Su construcción se inicia en el año 1980 y termina el 26 de noviembre de 1983 y comienza su operación bajo el control de Agua y Energía Eléctrica S. E. La presa es de materiales sueltos de eje recto con una altura sobre lecho del río de 106,00 m y una longitud de 295,00 m; lo que le permite almacenar 256,00 Hm3, el caudal medio anual del río es de 34,80 m3 /s. La central posee 2 grupos turbina - bomba reversible, con una potencia unitaria de 115,00 MW y una generación media anual de 247 GWh.

5 https://www.bing.com/search?q=costo+de+instalacion+solar+de+10+KW&PC=U316&FORM=CHROMN

(*) Alejandro Marcelo Gazpio es 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-UNDEF, Regente Técnico de la ET3 "María Sanchez de Thompson, profesor titular de las materias de: Topografía y Geomorfología, Perito Judicial; ha realizado distintas publicaciones sobre su especialidad.

2.3

El Valor de la Prospectiva para la Planificación en Seguridad Nacional, las Instituciones y las Empresas

Por el CR A (R) OIM Juan Carlos Perez Arrieu (*)

Este artículo fue expuesto por el autor en el Congreso ALTEC 2023 en la Ciudad de Paraná, Entre Ríos, Argentina.

Abstract

Anticiparse es una de las premisas claves de la inteligencia, la prospectiva piensa el largo plazo y contribuye a evitar la sorpresa que es gestora de la improvisación.

En un mundo en cambio acelerado es necesario mirar más lejos, los gobiernos, instituciones y empresas necesitan planificar sus futuros deseados y diseñar los planes de contingencia ante futuros no queridos (basta pensar en la experiencia colectiva y la improvisación experimentada a raíz de la Pandemia COVID -19).

Los estudios de futuros orientan el devenir hacia un horizonte deseable facilitando la tarea de decisores y planificadores al crear visiones compartidas.

Las decisiones políticas, económicas, sociales y tecnológicas, deben evaluarse, pensarse y planificarse en su impacto futuro. Especialmente en ciencia y tecnología se llegó a un punto donde la neutralidad científica / tecnológica ya no es aceptable, el criterio de eficiencia tecnológica no dice nada sobre su valoración moral.

El presente trabajo pone de manifiesto la necesidad de contar con escenarios exploratorios y normativos para la mejor toma de decisiones estratégicas identificando las tendencias de fondo y de largo plazo, describe algunos conceptos de planeamiento estratégico actuales para pasar de las ideas al plano de la acción. Describe básicamente los factores que gobiernan el devenir, enumerando mega tendencias actuales sobre temas que afectan a la seguridad nacional y al futuro de las empresas, expone una herramienta sencilla de pensamiento y planificación a largo plazo.

Trata de explicar la relación entre las disciplinas que actualmente miran el futuro sin hacer referencia a sus orígenes, desarrollos históricos y teorías que las enmarcan, responde a la necesidad de aportar a formar dirigentes y gerentes, estatales y privados en las disciplinas que conscientemente conduzcan el presente y planifiquen el futuro.

PALABRAS CLAVE: PROSPECTIVA, PLANEAMIENTO ESTRATÉGICO, INTELIGENCIA ESTRATÉGICA, PROGNOSIS, FORESIGHT. MEGATENDENCIAS , CONSULTORAS GLOBALES . METODO DE TRES HORIZONTES .

Introducción

El hombre desde la antigüedad siempre ha querido escudriñar y anticiparse al futuro de diferentes formas. Según la cosmovisión de que se trate, es posible afrontar el devenir de dos maneras muy diferentes, una en forma pasiva, es decir aceptándolo, de tal modo que todo lo que sucede está ya predeterminado y es imposible modificarlo (no existe libre albedrío), la otra forma es siendo artífice del propio destino tratando de anticiparse y de alguna manera construirlo (es la manera actual de concebir las disciplinas de futuros y entre ellas la prospectiva).

Particularmente el planeamiento estratégico (una apuesta al futuro) se caracteriza por tener por objeto siempre la solución de un problema latente en el porvenir, a través de la prospectiva es posible determinar posibles escenarios y orientar las acciones a los futuros deseables, maximizando oportunidades y minimizando riesgos a través del desarrollo de planes esquemáticos para todos los supuestos.

En síntesis: ¿para qué? la prospectiva y el planeamiento:

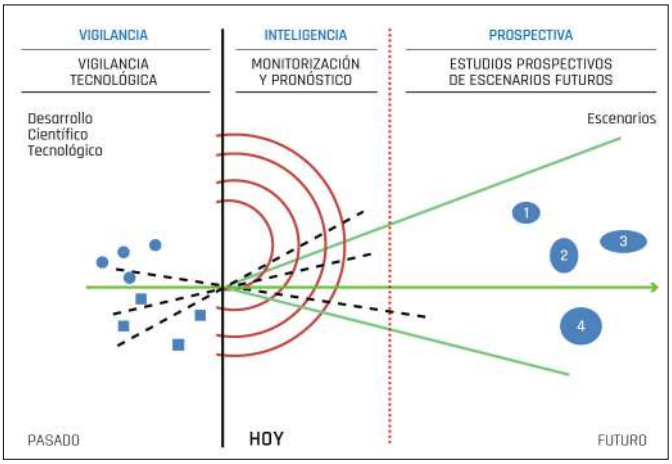
> Para anticiparse a los conflictos y a las crisis, estos surgirán de la diferente percepción de la realidad que tienen los distintos actores. El constante análisis de la situación y la manipulación de los espacios donde se desarrollan las instituciones y empresas determinará que el conflicto potencial pueda llegar a convertirse en crisis en forma accidental, por impotencia, por imprudencia, o por la acción de terceros actores.

> Para cerrar la brecha entre pensamiento y acción.

Disciplinas de futuros

Teniendo en cuenta tres factores principales que gobiernan el porvenir: la evolución, los acontecimientos accidentales y la voluntad humana, las disciplinas de futuros son áreas de estudio que se enfocan en el análisis y la comprensión de las tendencias y eventos en el porvenir, incluyen la construcción de escenarios exploratorios y normativos y la comprensión de los cambios en diferentes áreas como la tecnología, la economía, la política, la seguridad y la cultura en general. Entre las disciplinas de futuros podemos citar: la Vigilancia Tecnológica, la Inteligencia estratégica y la Prospectiva, todas se enfocan en la identificación y evaluación de oportu-

FIGURA 1: ALCANCE DE LAS PRINCIPALES DISCIPLINAS DE FUTURO



Nota: Modificado de Clark Modet &Co.

nidades y riesgos futuros para las organizaciones y empresas y coadyuvan a prepararse mejor, representan un insumo básico para analistas, decisores y planificadores.

Relación entre Vigilancia Tecnológica, Inteligencia Estratégica y Prospectiva

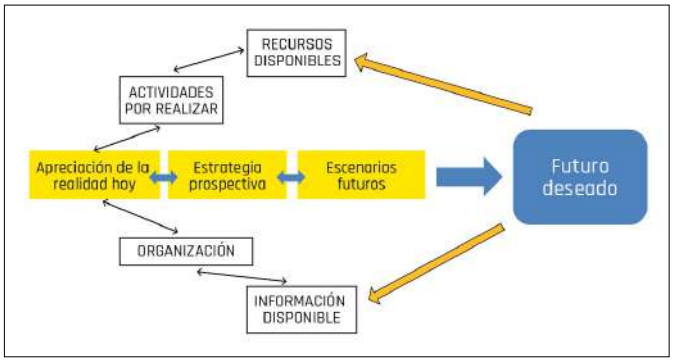
La figura 1 muestra a grandes rasgos en una línea de tiempo los alcances de las disciplinas de futuros. Como se puede inferir a mayor distancia en el tiempo se cuenta con menos datos para la construcción de escenarios.

Prospectiva

En particular la prospectiva aporta al diseño de planes estratégicos para enfrentar la incertidumbre y el cambio, implica la construcción de escenarios, la idea que subyace es que el futuro se encuentra germinalmente en el presente. Se enfoca en la identificación de análisis de tendencias, incertidumbres y cambios futuros.

El futuro no es un hecho inevitable e imprevisible, sino que puede ser moldeado y construido a través de la toma de decisiones en el presente. Se utiliza en diferentes áreas: la política, la economía, la tecnología, la salud, la geopolítica, la defensa y seguridad, etc, los gobiernos, las instituciones y las empresas hacen uso de ella para planificar estrategias a largo plazo. En la Figura 2 se presenta un esquema elemental de construcción de escenarios con sus factores determinantes, en este caso uno normativo (deseado). Los horizontes temporales dependen del área de aplicación, por ejemplo: no es lo mismo la tecnología en una industria determinada, que el área de la educación donde se tarda muchos años en formar un profesional.

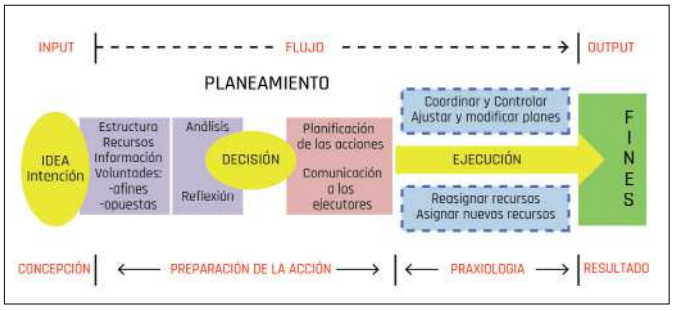
FIGURA 2: ESQUEMA DE CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS



Planeamiento

El proceso de planeamiento se piensa desde el largo plazo hacia el corto incluye la elaboración de metas y objetivos y contrariamente se realiza desde el corto hacia el largo para el desarrollo de la acción, ya sea a largo, mediano y corto plazo señala que acciones se deben tomar en el presente para alcanzar el futuro deseado.

FIGURA 3: ESQUEMA DE PLANEAMIENTO



La figura 3 expone un esquema de un planeamiento, que básicamente se presenta como una herramienta que cierra la brecha entre ideas y acciones.

Habiendo concebido una idea y explicitando una intención y un fin, el planeamiento prepara y concibe la acción diseñando planes y asignando recursos con el fin que mediante su ejecución se alcance el resultado esperado.

Pensando el Futuro

Existen muchos informes de futuros producidos por distintas organizaciones en diversos sectores. Uno de los más antiguos y famosos es el "Informe del Club de Roma" publicado en 1972[1], el último de 2022 se denomina: "Tierra para todos: una guía de supervivencia para la humanidad"[2]. Algunos de estos documentos exploran y diseñan escenarios incluso a más de 50 años en el futuro, sin embargo, es importante tener en cuenta que a medida que aumenta la distancia temporal, también aumenta la incertidumbre y la complejidad de las predicciones, algunos ejemplos de estos estudios a largo plazo son:

- El informe de la Fundación Rockefeller sobre escenarios futuros para la tecnología y el desarrollo publicado en 2010, en el cual aparece un escenario de 2050 centrado en la "Inteligencia artificial y la biotecnología".
- El estudio "Mundos posibles 2100" del Instituto de Prospección Estratégica de Francia, que explora diferentes escenarios para 2100 en áreas como la economía, la política y la tecnología.
- El informe "el futuro de la humanidad" del filósofo Nick Bostrom, que explora escenarios para los próximos siglos.

Específicamente sobre el empleo de la prospectiva para la planificación estratégica en gobiernos y empresas se puede citar como ejemplos:

- El gobierno de Singapur que la utiliza a través del informe "Visión de Singapur 2030" actualizado periódicamente contribuye al desarrollo nacional.
- La compañía petrolera Shell explora diferentes escenarios posibles para el futuro de la energía a través de su publicación "Nuevos Límites".
- El gobierno de Finlandia a través del informe "Finlandia 2030" se enfoca en áreas como la economía, la tecnología y el medio ambiente.
- La empresa de comercio electrónico Amazon, a través del "Proyecto Vesta", explora posibles escenarios futuros para la tecnología y el comercio electrónico.
- El gobierno de China a través de su informe "Visión 2030" contribuye a su planificación nacional.
- La organización RAND (RAND Corporation), que desde su fundación en 1948 asesora a diferentes áreas y agencias del gobierno EUA, militares y privadas en temas de defensa y seguridad.
- El gobierno de Japón , con el "Comité de Future Earth Japan" contribuye a la planificación estratégica nacional a fin de alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas[3].
- El gobierno de EUA con el informe "Global Trends 2040" de la Oficina del Director de Inteligencia Nacional[4], describe las megatendencias prospectivas, de seguridad nacional, incluyendo el cambio climático, la tecnología y los cambios demográficos, entre otros.

---

1 Informe titulado "Los límites del Crecimiento", encargado por el Club de Roma a un grupo internacional de científicos, empresarios y políticos fue liderado por el economista Dennis Medows. El informe se centró en que el crecimiento económico ilimitado fuera insostenible en un mundo limitado por recursos finitos. Predijo que se producirían graves problemas ambientales y sociales en el futuro de no tomar medidas una vía de desarrollo sustentable.

2 https://www.clubofrome.org/publication/earth4all-book/

3 日本委員会について (futureearth.org)

4 El National Intelligence Council de Estados Unidos, es un centro de pensamiento estratégico dentro de la Comunidad de Inteligencia EUA; depende del Director de Inteligencia Nacional, quien a su vez es el asesor principal del Presidente en esa área. Es presentado a los Presidentes electos previamente a su asunción.

- El informe del "Work /Tecnology 2050 – Scenarios and Actions"[5] publicado en 2019 por el Proyecto Millennium, describe tres escenarios al 2050 y acciones para abordar los temas planteados en esos escenarios con dos objetivos, como evitar los desastres pronosticados y como cambiar la situación para mejorar .
- La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)[6], publica análisis prospectivos de seguridad alimentaria por región geográfica enfocados en la producción de cereales.
- La India - Centro de Investigación y Análisis de la Defensa (DRSI), con el informe "MegaTrends 2025", describe las megatendencias que impactarán en defensa y seguridad nacional, incluyendo la ciberseguridad, la guerra asimétrica y la tecnología disruptiva.

Megatendencias

En estudios de futuros, se define una megatendencia como una fuerza que opera a largo plazo, que tiene un impacto significativo en la economía, la sociedad, la política y la cultura, es un patrón que se desarrolla lentamente, pero que tiene la capacidad de transformar enormemente la forma en que vivimos nuestras vidas, se caracterizan por su duración, intensidad y alcance global.

Son relevantes en los estudios de futuros porque brindan pautas valiosas sobre las posibles direcciones que pueden tomar los eventos. Pueden ser impulsadas por una variedad de factores, como cambios tecnológicos, cambios en la demografía, problemas ambientales, cambios culturales y políticos, entre otros. Tienen el potencial de transformar significativamente la forma en que vivimos y trabajamos, son fundamentales para entender el presente y planificar el futuro.

El contexto actual

Para responder dónde estamos y hacia dónde vamos con visión prospectiva, hay que preguntarse por las características del contexto actual y sobre las tendencias y principales fuerzas que lo afectan.

A modo de ejemplo se transcriben dos megatendencias, que seguramente se reconocerán por su peso actual, y que ya se distinguían en las publicaciones especializadas en los primeros años de la década del 1980.

1. "… influidos por los medios de comunicación masiva, padecemos una necesidad de acontecimientos coyunturales que siempre se trasladan de un evento al siguiente, teniendo rara vez una conciencia más amplia del proceso latente, oculto bajo la superficie".[7]
2. "En un mundo en cambio acelerado, el próximo año está más cerca de nosotros de lo que estaba el próximo mes en una época más tranquila. Este hecho vital, radicalmente alterado, debe ser asimilado por los que toman decisiones en la industria, en el gobierno y en todas partes. Todos ellos deben ampliar sus horizontes de tiempo". Es como cuando uno conduce un vehículo.[8]

Otras tendencias a nivel mundial destacadas por los especialistas son:

- El cambio climático.
- La creciente importancia de la sostenibilidad ambiental
- La concentración de la población en megaciudades /ciudades.
- El envejecimiento de la población.
- Globalización de la información y la economía.

---

5 https://www.millennium-project.org/projects/workshops-on-future-of-worktechnology-2050-scenarios/

6 https://www.fao.org/giews/reports/crop-prospects/es/

7 John Naisbitt, 1984, Megatendencias, Ed . Fundación Cerien, Buenos Aires.

8 Alvin Toffler, El Shock del Futuro, Ed.Plaza Janes, Barcelona,1981.

> La digitalización.
> Comercio electrónico.
> Automatización.

Se espera que estas fuerzas se acentúen y tengan un impacto significativo en la economía, la política y la cultura.

El informe producido por la Agencia Central de Inteligencia (CIA de EUA) llamado "Global Trends"[9] ya citado abarca una gran variedad de problemáticas globales, en él se identifican y evalúan particularmente desafíos y oportunidades, incluye temas como las amenazas cibernéticas, la salud, el crimen organizado, las amenazas químicas, biológicas y nucleares, el terrorismo y el crimen organizado entre otros problemas que influyen en seguridad.

Algunas de esas tendencias que conforman el contexto actual (sumadas a las mencionadas) son:

> El avance de la tecnología que plantea nuevos desafíos, potenciados con las tecnologías emergentes que integran la IA, la biotecnología y la tecnología espacial.
> La desigualdad económica y social, que aumenta las tensiones sociales y políticas creando problemas en las áreas de defensa y seguridad.
> Las crisis humanitarias a causa del cambio climático y los conflictos armados, que llevan a cambios demográficos, migraciones y desplazamientos forzados de personas. El cambio climático exacerbará cada vez más los riesgos para los seres humanos.
> Las amenazas de enfermedades nuevas, re emergentes y de microorganismos inmunes.
> El avance del crimen organizado transnacional.
> Las amenazas de accidentes químicos, biológicos y nucleares (QBN).

Todas estas amenazas se pueden prever a través del planeamiento, concretamente a través de legislaciones y regulaciones.

Empresas consultoras globales que realizan informes de escenarios y planes estratégicos

A continuación, se presentan algunas de las empresas más grandes del mundo que prestan servicios de auditoría, consultoría y asesoramiento legal y fiscal a las principales compañías, instituciones y gobiernos, mediante estudios prospectivos. Entre ellas se destacan las llamadas "Big Four"[10]:

- Consultora PwC (Price Waterhouse Coopers)[11]: "Las fuerzas en competencia que dan forma al 2030" - La fuerza laboral del futuro. Se analizan cuatro escenarios posibles en el mundo del trabajo para 2030.
- Consultora global de alta dirección McKinsey & Company[12]: " El futuro del trabajo después del COVID 19" . Examina los aspectos de la economía post pandémica y su influencia a largo plazo en los mercados.
- Consultora global de negocios KPMG: "Future State 2023"[13].Describe nueve megatendencias mundiales a 2030 y explora como los gobiernos deben responder.
- Empresa multinacional de consultoría empresarial y servicios tecnológicos, Accenture Limi-

9 https://www.dni.gov/files/ODNI/documents/assessments/GlobalTrends_2040.pdf

10 Big Four (las cuatro grandes) es un término inglés para referirse a las cuatro empresas globales más grandes en servicios de consultoría y auditoría (PwC ; Deloitte; EY ; KPMG) .

11 https://www.pwc.com/gx/en/issues/megatrends.html
https://www.pwc.com/gx/en/services/people-organisation/publications/workforce-of-the-future.html

12 https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-the-future-of-work
https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/the-future-of-work-after-covid-19

13 https://kpmg.com/xx/en/home/insights/2015/03/future-state-2030.html

ted[14]: "Visón tecnológica 2022". Describe y analiza el futuro digital de los negocios, las empresas y la sociedad a través de la fusión entre mundo físico y los mundos digitales (P.Ej: el metaverso difumina la vida física y digital de las personas). Explora las tendencias tecnológicas de internet (Web 3), las nuevas tecnologías como 5G, la Inteligencia Artificial (AI) y la computación cuántica.

- Foro Económico mundial (World Economic Forum)[15]: "Informe sobre el futuro del empleo 2023".
- Organismo de cooperación internacional de políticas económicas y sociales - Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE)[16]: "Perspectivas económicas de la OCDE – Set 2022" . Sugiere a los gobiernos la forma de encarar los problemas globales que se presentan, como la actual desaceleración de la economía mundial, la persistencia y generalización de la inflación y la escasez de energía.

De los informes se pueden sintetizar distintos escenarios con problemáticas comunes:

> Respecto de la tecnología y el trabajo se crearán burbujas sociales poderosas y afines trasnacionales, que permitirán a los emprendedores mediante plataformas digitales conectar a trabajadores con empleadores, a los innovadores con el capital y a los consumidores con los proveedores. La capacidad de trabajar desde cualquier lugar hace a los trabajadores geográficamente neutrales.
> La brecha entre ricos y pobres se agranda.
> Los datos se utilizan para predecir el rendimiento y anticipar el riesgo incluyendo el de las personas, se prevén conflictos entre las libertades individuales y la seguridad.
> Se esperan grandes avances en las tecnologías de las comunicaciones, donde la Internet de las Cosas y la interacción entre el mundo virtual y el físico se mezclan difuminándose sus fronteras.
> Las amenazas cibernéticas siguen creciendo, con nuevos riesgos para la defensa nacional y la supervivencia empresaria. Disminuye la confianza sobre datos e información digital, la llamada "posverdad" amenaza la seguridad.
> Las crisis financieras, migratorias, medioambientales incluidas las pandemias, los conflictos armados, el narco crimen y el terrorismo, amenazan a gobiernos, empresas y a los ciudadanos por igual.

Toma de decisiones y la planificación

El método de Tres Horizontes - para pensar el corto mediano y largo plazo.

Entre las "herramientas" para la construcción del método prospectivo, se pueden mencionar: la famosa Matriz FODA, la Matriz de análisis PEST, el método Delphi, las Matrices de Impacto Cruzado, los Árboles de Competencias de Marc Giget, etc. En todas ellas entran en juego variables de los aspectos claves a estudiar, el papel de los actores sociales, los escenarios actuales y futuros y las estrategias para determinar objetivos y metas para alcanzar el futuro deseable (futurible) a construir.

Una de ellas es el método de los "Tres Horizontes" que consiste en un procedimiento sencillo para analizar y planificar el futuro deseable, fue desarrollado por Bill Sharpe[17] en la Universidad de Manchester y que a través de definir tres horizontes en tres marcos temporales diferentes posibilita la planificación estratégica .

---

14 https://www.accenture.com/us-en/insights/technology/technology-trends-2022

15 https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2023/
https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2023/digest

16 https://www.oecd-ilibrary.org/sites/ae8c39ec-en/index.html?itemId=/content/publication/ae8c39ec-en

17 Bill Sharpe , "Una hoja de ruta hacia el futuro", https://www.h3uni.org/tutorial/three-horizons/

- Horizonte 1: se refiere al presente y futuro inmediato, se enfoca en las tendencias y patrones actuales.
- Horizonte 2: sobre el futuro cercano y de mediano plazo, se enfoca en identificación de nuevas tendencias y cambios que puedan surgir en los próximos años.
- Horizonte 3: sobre el futuro más lejano, se enfoca en la identificación de cambios radicales y transformaciones que podrían ocurrir en el futuro distante.

Una vez identificados los tres horizontes, su probabilidad y problemáticas, en una etapa posterior el mismo equipo desarrolla estrategias y planes de acción para enfrentar los diferentes escenarios planteados. Es un método que entre sus ventajas alinea y crea visones compartidas.

Conclusiones

De lo expuesto resultan las siguientes conclusiones:

> El futuro es desconocido y por lo tanto nos depara sorpresas, pero la comprensión y el conocimiento de los problemas actuales con una óptica y actitud prospectiva nos permiten prevenirnos y buscar soluciones, tanto para evitarlas como para afrontarlas.
> El largo plazo está presente en las estructuras de planeamiento en forma efectiva en la mayor parte de los países del mundo desde mediados del SXX.
> La prospectiva y el planeamiento estratégico aportan una metodología para crear conciencia de la situación, logra visiones compartidas y disminuye los riesgos.
> Es necesario crear en los gobiernos, las instituciones y las empresas una conciencia del largo plazo, generando sus futuros deseados y en su caso previendo planes de contingencia para los futuros no queridos.

Por nuestra cultura o en parte por la falta de conocimiento, tanto en las esferas estatales como empresariales existe poca conciencia del largo plazo, se lo ignora, la situación en la coyuntura obliga a pensar en el corto plazo, no obstante, un dirigente debe (cualquiera sea su puesto) conducir el presente mientras planifica el futuro. La acción en la coyuntura tiene poco sentido si no es en función de un proyecto futuro, toda decisión individual o colectiva debe orientarse asimismo al futuro.

Por último y a modo de reflexión podría preguntarse si el gobierno, las instituciones y las empresas están preparadas como por ejemplo para una próxima pandemia, la cual según los estudios prospectivos está presente en todos los escenarios futuros, y cuáles son los planes y acciones concretas en desarrollo para mitigar o anular ese futuro no querido.

Referencias

> Mojica, Francisco; Lopez Segrera, Francisco; 2015; *"Hacia Dónde Va el Mundo – Prospectiva , megatendencias y escenarios latinoamericanos"*; Ed. El viejo Topo; España.
> Frischknecht, Federico; 1993; "Dirección Recursiva"; Ed. El Ateneo; Buenos Aires.
> Beinstein, Jorge y otros; 2016 *" Manual de Prospectiva – Guía para el diseño de estudios prospectivos"*; MINCyT; Buenos Aires.
> "Guía Nacional de Vigilancia e Inteligencia Estratégica (VeIE)"; 2015; MINCyT; Buenos Aires.
> Sistema Europeo de Análisis de Políticas y Estrategias (ESPAS), https://espas.eu/
> https://www.nato.int/cps/en/natohq/opinions_212795.htm
> https://www.dni.gov/files/ODNI/documents/assessments/GlobalTrends_2040.pdf

(*) Juan Carlos Perez Arrieu: Coronel (R) 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 – EST). Fundador, ex director y analista del Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Grl Mosconi de la Facultad de Ingeniería del Ejercito, Docente de la FIE – UNDEF, Docente Investigador y Sec Tec Dpto Ing Mec de la de la UTNFRGP, miembro del Área de Prospectiva de Energía Eléctrica - APEE y del CIDIV Centro de I&D Ingeniería Vehicular UTN FRGP.

2.4

Implementación de sistemas de telemetría en aviónica, cohetes, misiles y satélites

Por el Ing. Sergio Jesús Lara, Jefe División Comunicaciones y Telemetría (CITEDEF)

Resumen

Los sistemas aéreos, terrestres o marítimos de armas como así también los aviones de combate y comerciales requieren en sus fases de ensayos y funcionamiento operativo del sensado a bordo de parámetros físicos fundamentales; por mencionar alguno de ellos: velocidades, aceleraciones, rolidos, temperaturas del motor en puntos estratégicos, presiones de los sistemas hidráulicos y otros tantos que el diseñador del vector necesita para que se produzca el círculo virtuoso en la realimentación de la información, con el fin de mejorar el sistema de armas que se está evaluando.

La División Comunicaciones y Telemetría dependiente del Departamento de Electrónica Aplicada del CITEDEF tiene como misión delinear, construir, ensayar y medir en las fases de ensayos u operativas los mencionados parámetros físicos requeridos por los diseñadores a través de lo que se denomina Carga Telemétrica.

En general el trabajo que se realiza es a medida y diseñado exclusivamente para cada sistema de armas en particular. Sin embargo, esto implica tener muy claros los lineamientos de cada etapa del proceso que no tiene similitud alguna con una línea de producción donde sí, ya se encuentra completamente establecido el camino a recorrer.

Si bien hay lineamientos básicos que los da la experiencia de haber construido sistemas de telemetría muy diferentes entre sí, el proceso de diseño y construcción tiene avances y retrocesos que van apareciendo a medida que se desarrolla el proyecto.

PALABRAS CLAVE: TELEMETRÍA. MISILES. SATÉLITES. COMUNICACIONES. SENSORES.

Introducción al trabajo

En la División Comunicaciones y Telemetría se han llevado a cabo los sistemas de telemetría de los misiles Aspide, Martín Pescador, Mathogo, cohetes tales como la serie sonda y Gradicom I y II entre los más destacados. Lo que tienen en común todos ellos es la captura y el procesamiento de la información transmitida por los sensores durante el vuelo del vector. Los datos adquiridos fueron muy importantes a la hora de evaluar el sistema de armas e implementar modificaciones si las condiciones de vuelo y maniobras realizadas debieran ser mejoradas.

Si bien el término telemetría es muy utilizado por diferentes sistemas que lo aplican, drones, Vehículos Aéreos/Terrestres no Tripulados (UAV, UGV), existen Normativas Internacionales, en particular de las Fuerzas Armadas de los Estados Unidos y adoptadas por la OTAN, que desde hace más de 60 años vienen trabajando sobre la materia. https://www.trmc.osd.mil/wiki/display/publicRCC/106+Telemetry+Standards

La literatura existente a la fecha es muy extensa y se engloba dentro de la norma IRIG 106 y otras que la complementan. En este punto es de destacar que todos los sistemas de armas tienen como norte cumplir la mencionada norma.

La División Comunicaciones y Telemetría cumple con estos requisitos, ya que considera que este es el camino a seguir: diseñar y construir el sistema de telemetría en completa consonancia con la norma IRIG 106 [1].

El proceso de diseño incluye otras normas muy relevantes, específicamente aquellas que corresponden a rangos de temperatura admisibles, presiones barométricas, vibración, impacto y tiempo medio entre fallas (MTBF). Entre otras MIL810C, MIL217B, MIL1553B, ARINC729, IRIG 120-1 [2].

A su vez el sistema es un conjunto de dispositivos interconectados como el transmisor de telemetría, fuente de alimentación, reguladores de tensión, circuladores y sensores entre otros. También se cumplen normas específicas que indican los tipos de modulación a emplear, la tasa de falla de bits (BER), los índices de modulación, etc.

Lo mismo sucede con las antenas, el concentrador de información o codificador PCM (del inglés Pulse Code Modulation), los sensores, los protocolos de comunicación y el cableado, entre tantos otros. Para cada uno de ellos existe literatura que indica métodos, procesos y especificaciones para finalizar con éxito un sistema de telemetría, confiable y seguro a la hora de operar bajo condiciones extremas. Las figuras *1.a, 1.b, y 1.c* muestran los desarrollos telemétricos más importantes realizados en CITEDEF.

FIGURA 1 A

FIGURA 1 B

FIGURA 1 C

1.a. Cohete Gradicom II, tierra-tierra, desarrollado en CITEDEF.
1.b. Misil Aspide, mar-aire, Armada Argentina, Carga Telemétrica desarrollada en CITEDEF
1.c. Misil Martín Pescador, aire-aire, Fuerza Aérea Argentina, desarrollado en CITEDEF.

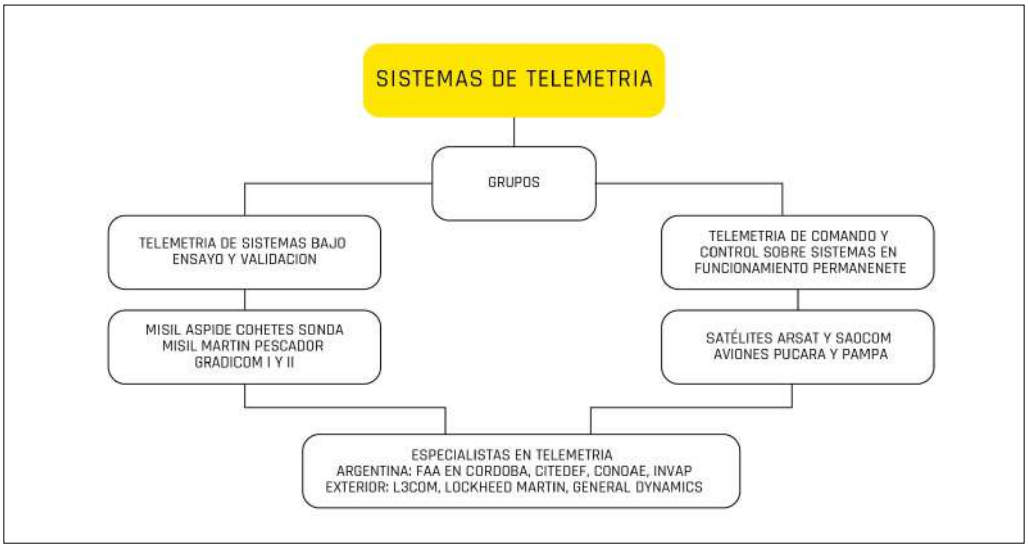
Desarrollo del trabajo

El campo de la telemetría surgió por la necesidad de transmitir información desde un lugar a otro, principalmente debido a la incapacidad de monitorear la fuente de señal in situ por diferentes causas (riesgos de explosión, temperaturas elevadas, inaccesibilidad al punto de medición, vectores en vuelo, aceleraciones extremas, etc.) [3].

A continuación, se proporciona una visión general amplia de los sistemas de telemetría que incluye información sobre la estructura de estos sistemas telemétricos, las funciones y el diseño de los mismos.

Los dos grandes grupos que conforman un sistema de telemetría se muestran en la figura 2.

FIGURA 2: DIAGRAMA INDICANDO LOS DOS GRANDES GRUPOS EN QUE SE PUEDE DIVIDIR UN SISTEMA DE TELEMETRÍA



El punto de referencia es la definición de un sistema de telemetría. Es un ingenio eléctrico/electrónico utilizado para medir parámetros (eléctricos, químicos, mecánicos, lumínicos, etc.) y transmitirlos a un receptor distante (Estación Terrena) donde se pueden visualizar y/o registrar las mediciones de los mismos.

En general, un sistema de telemetría se puede dividir en seis bloques principales [4].

a) Transmisor que incluye una fuente de energía y reguladores de tensión o corriente.
b) Transductores o sensores.
c) Procesamiento de las señales que comprende el acondicionamiento de la señal y su multiplexación (Codificador PCM).
d) Arreglos irradiantes (antenas transmisoras).
e) Receptor. Generalmente en tierra que contiene varios componentes principales tales como antenas receptoras, preamplificadores, receptores de telemetría, adquisidores y grabadores de estado sólido, demoduladores de datos, sincronizadores de bit, palabras y trama.
f) Procesamiento de la información, conformado por computadoras de almacenamiento, software de visualización e interpretación de datos y redes de distribución de la información a usuarios remotos.

Dado que cada uno de los componentes a bordo del vector puede afectar significativamente la calidad de la información que se recuperará en el receptor, las funciones y características de la señal transmitida de cada componente debe estar claramente definida. Por lo tanto, es fundamental una comprensión detallada de las especificaciones técnicas de cada uno de ellos para garantizar que se mantenga la calidad de la información a medida que pasa por todas las etapas del sistema de telemetría.

La información del parámetro sensado se origina como una señal que se va a medir, almacenar, monitorear y distribuir. La señal original puede adoptar muchas formas: eléctrica, mecánica, térmica y acústica entre otras.

El sistema de telemetría está diseñado para procesar señales eléctricas, es necesario transformar aquellas que no lo son empleando un dispositivo de conversión conocido como transductor o sensor. Un sensor se define como un "dispositivo mediante el cual cualquier tipo de energía se transforma en una señal eléctrica". Por ejemplo, la energía acústica de una vibración sobre una superficie metálica se puede convertir a través del sensor en una señal eléctrica con una ecuación de transferencia conocida. En este caso de dBA (decibeles acústicos) a volts.

El diseño y la aplicación de los sensores está más allá del alcance de este artículo; es suficiente afirmar que las señales de entrada a un sistema de telemetría se derivan de sensores que transforman las señales a monitorear en energía eléctrica. Las señales de salida de los sensores, aunque de naturaleza eléctrica, pueden exhibir una amplia gama de características eléctricas tales como cambios en su amplitud, frecuencia o fase. Estas señales deben interconectarse adecuadamente con las siguientes secciones del sistema de telemetría.

El acondicionamiento de las señales se realiza normalmente en la sección de procesamiento del sistema de telemetría (Codificador PCM).

En sentido amplio, implica una gama de técnicas para lograr este propósito, simples hasta las extremadamente complejas, dependiendo de los requisitos y la aplicación de cada sistema de telemetría en particular.

El objetivo principal del acondicionamiento de las señales es proporcionar el control de sus características (amplitud, frecuencia y fase) para que exista compatibilidad con los circuitos siguientes y garantizar en la mayor medida posible que la integridad y calidad de la señal sea mantenida durante el proceso de transmisión y recepción.

Esta reestructuración de la señal puede ser tan básica como proporcionar una red divisora de tensión del tipo resistivo para establecer el desplazamiento de la amplitud al rango deseado y además lograr que la resistencia de salida coincida con las etapas posteriores del sistema para asegurar una máxima transferencia de potencia. Sin embargo, las aplicaciones a veces requieren el uso de técnicas de acondicionamiento más complejas, esto incluye a modo de ejemplo técnicas de filtrado analógicas o digitales para limitar las componentes espectrales en las señales a procesar.

Las técnicas abarcan:

a) Detección/conversión de fase, frecuencia o amplitud.
b) Conversión de señales analógicas a digitales y viceversa.
c) Procesamiento no lineal.
d) Filtrado analógico o digital.

Un sistema de telemetría se utiliza a menudo para transmitir muchas señales diferentes a través de un solo canal o enlace de RF (Radio Frecuencia).

Para realizar esta tarea, la multiplexación de señales está incorporada en el subsistema de procesamiento de señales. Generalmente toma una de las tres formas descriptas a continuación:

a) División de Frecuencia (FDM) [5]. A cada señal (sensores) se le asocia una frecuencia de banda base diferente donde los canales no se superponen. Las señales se utilizan para modular las frecuencias de las subportadoras asignadas a cada sensor. Este método si bien se sigue utilizando, tiene como desventaja de que la capacidad para transmitir información a altas velocidades es limitada. Su desarrollo data de la década de 1950 y fue ampliamente utilizada para las misiones Mercury y Géminis de la NASA.
b) División de Tiempo (TDM). A cada señal se le asigna una ranura de tiempo única y repetitiva en el tiempo. A medida que se realizan las capturas de las señales de cada sensor en particular, esta se inserta en la ranura de tiempo establecida. Dos o más señales son transmitidas a través de una sola portadora agrupando en tiempo las diferentes ranuras asignadas a cada sensor. Este ciclo se vuelve a repetir una vez finalizada la última ranura.
c) Pulsos Codificados (PCM) [6]. Cada señal se muestrea mediante una función impulso, luego se cuantifica entre un número finito de niveles (ej. 2^{12}, que equivale a 4096 niveles), por último, a cada nivel cuantificado se le asigna un código binario que lo representa, es decir cada muestra de la señal está representada por 12 bits denominada "palabra". Luego de este proceso de codificación se arma una trama de telemetría conformada por cada sensor codificado, ordenados en forma contigua. Al comienzo de la trama de telemetría se le agrega una palabra de sincronismo que tiene la función de indicar el comienzo de la trama para que el sincronizador de las mismas (instalado en la Estación Terrena) tenga la capacidad de distinguir los comienzos de trama y así poder demodular cada palabra, identificarla y grabarla en distintos archivos según su posición en la trama además de presentarla visualmente en tiempo real por medio de monitores o graficadores. También se contempla la posibilidad de enviar la información vía red a un usuario remoto.

En el caso FDM las señales se recuperan mediante el uso de discriminadores de frecuencia, pudiendo recuperar la información transmitida según la subportadora asignada, grabarla y graficarla.

En TDM cada canal se recupera en modo sincrónico teniendo como marca de tiempo una portadora piloto generada en la carga telemétrica, próxima a la frecuencia de portadora y en sincronismo con las ranuras de tiempo transmitidas. En este caso la demultiplexación se realiza de acuerdo a ese sincronismo. Las señales muestreadas que pertenecen a un mismo canal o ranura de tiempo se unen cronológicamente para grabarlas y graficarlas.

En PCM el procedimiento de recepción es más complejo y requiere de varias etapas para poder visualizar los datos. En primera instancia se debe determinar cuál será la tasa de bits de información transmitido y preprogramarla en el sistema de decodificación (al sistema de recepción se le programa un rango conocido de la tasa de bits transmitidos). Este proceso se lleva a cabo mediante un sincronizador de bits a partir de que la señal ya fue demodulada por el receptor de telemetría. Esta búsqueda del sincronismo de bit es continua y permite sincronizar al sistema de recepción con la tasa de bits transmitida, teniendo en cuenta que se pueden producir variaciones de velocidad (bits/segundo) debido al efecto Doppler entre la Estación Terrena y el vector en vuelo.

En el momento de enganche del sincronismo de bit en el receptor, el sistema explora la ubicación de la palabra de sincronismo dentro de la trama (primera palabra), al detectarla comienza a deconmutar las palabras siguientes que son en esencia cada uno de los sensores codificados previamente por el codificador PCM instalado en el vector. Según la posición de la palabra se conoce a qué sensor pertenece y finalmente pueden separarse, almacenarse en memoria, presentarse los datos en un monitor y enviarse por red a un observador remoto.

Dentro de este esquema de multiplexación por pulsos codificados aparecen variantes que ayudan a mejorar la eficiencia del canal. Como ejemplo ilustrativo se muestra una telemetría simple de

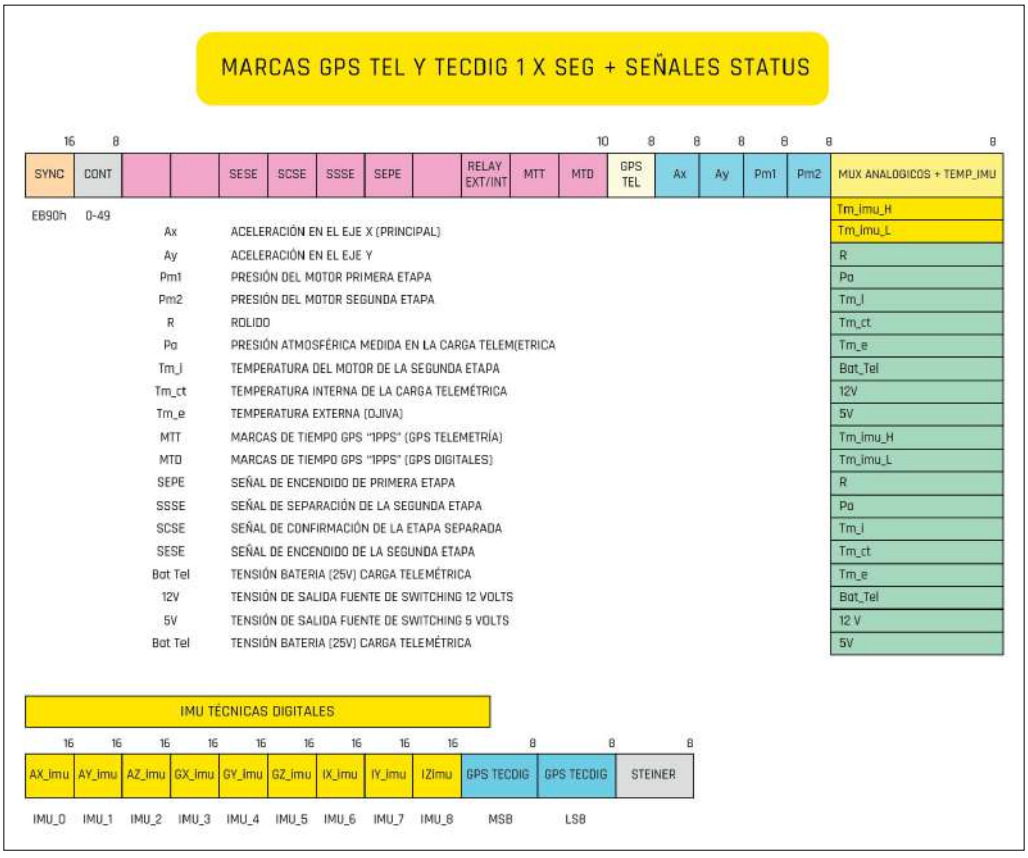
un misil en vuelo. El diseñador pide conocer varios parámetros del vector importantes para su caracterización, por ejemplo: temperatura en la ojiva y en los motores, velocidad, aceleración, rolido, tensión en las baterías y presión de los motores.

Aquí surge el concepto de submuestreo y supermuestreo. Esto significa que a los parámetros que poseen una mayor velocidad de cambio se los podrá muestrear en una misma trama más de una vez (ej. aceleración en el momento de encendido de los motores) con lo cual el mismo sensor aparece varias veces en la misma trama. Con la temperatura, el rolido y otros parámetros sucede lo contrario ya que sus velocidades de cambio son lentas y se pueden alternar cada uno de ellos ocupando la misma posición de la palabra, pero en diferentes tramas consecutivas. De esta manera se logra una optimización de la información transmitida manteniendo constante el ancho de banda ocupado.

Todos estos métodos de codificación, submuestreo y supermuestreo están descriptos detalladamente en las Normas IRIG 106 y sus complementarias.

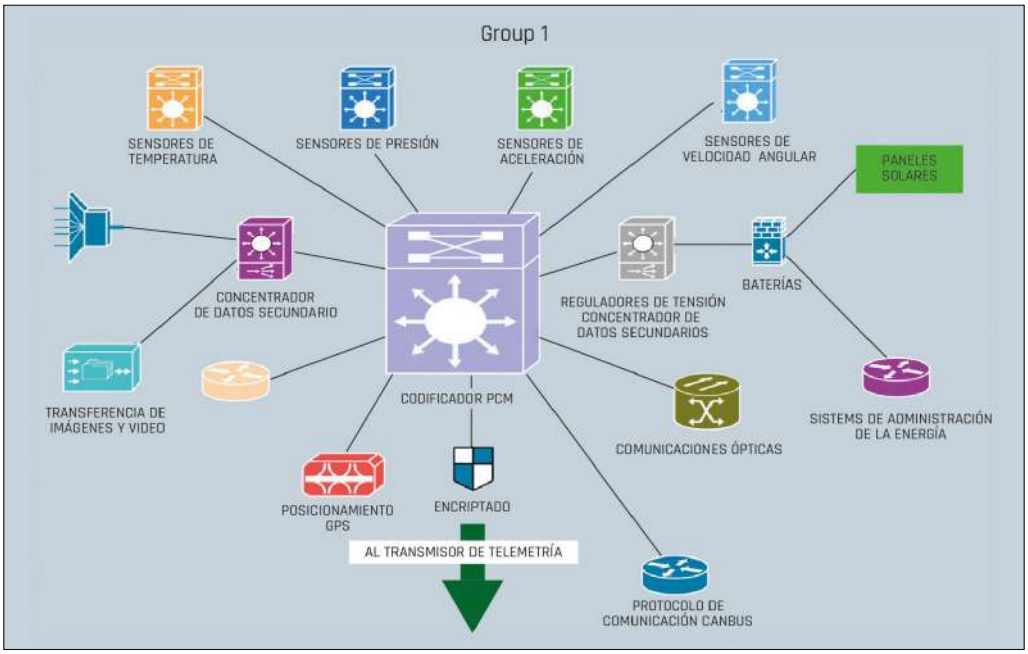
Un ejemplo del mismo se muestra en la figura 3.

FIGURA 3: TRAMA DE TELEMETRÍA CORRESPONDIENTE AL COHETE GRADICOM II



En la figura 4 se presenta un esquema completo de una carga telemétrica [7] a bordo de un vector (avión, cohete, misil o satélite).

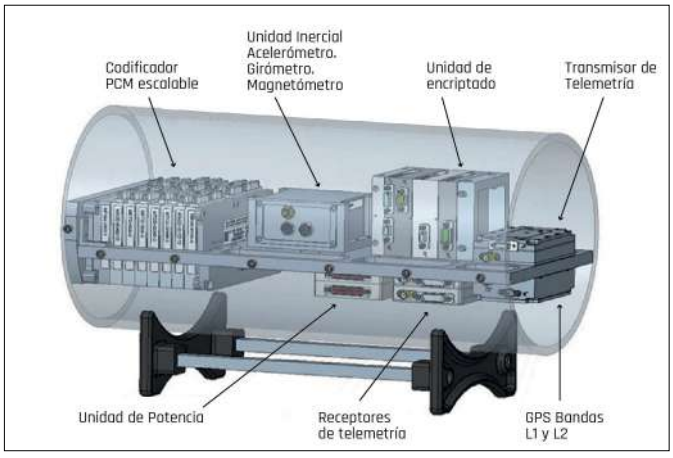
FIGURA 4: ESQUEMA COMPLETO DE UNA CARGA TELEMÉTRICA



La figura 5 exhibe una carga telemétrica en proceso de diseño CAD, y la figura 6, la carga telemétrica instalada en el cohete Gradicom II.

La sección de transmisión debe diseñarse cuidadosamente ya que proporciona las funciones para generar y modular la señal portadora de RF, amplificarla e interconectar la salida del transmisor al circulador y posteriormente a la antena con el fin de enviar la señal de RF conteniendo la información sensada.

FIGURA 5: CARGA TELEMÉTRICA EN PROCESO DE DISEÑO CAD



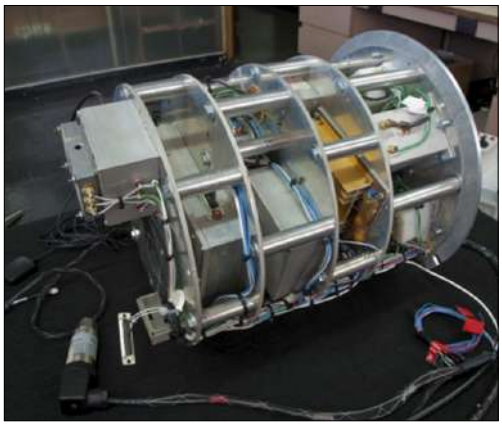
Algunos factores clave en el diseño de la sección de transmisión incluyen la estabilidad de la señal portadora de RF, su ruido de fase, la generación de armónicos, el tipo de modulación empleado y los requisitos de potencia para lograr un enlace radioeléctrico óptimo.

Es fundamental el diseño del patrón de radiación de la antena transmisora y su polarización, que dependen esencialmente de la distancia máxima entre transmisor y receptor como así también de la dinámica de vuelo del vector, en particular el rolido.

Estos factores influyen directamente en las características de rendimiento de la recepción, requeridos para recibir y demodular con precisión la señal transmitida. Por lo tanto, el diseño de un sistema óptimo debe incluir la evaluación de las características de los sistemas de recepción y transmisión de modo que se garantice la total compatibilidad del conjunto.

El ancho de banda de la señal modulada de RF es esencial para obtener el máximo rendimiento del espectro electromagnético y para las funciones de procesamiento del sistema receptor. El mismo debe estar configurado adecuadamente para aceptar y procesar la señal recibida y minimizar la degradación debido a los efectos del filtrado y el ruido.

FIGURA 6: CARGA TELEMÉTRICA INSTALADA EN EL GRADICOM II



El diseño y seteo del sistema receptor [8] debe ser compatible con la técnica de modulación empleada en el transmisor para modular la señal portadora de RF. Métodos de modulación típicos analógicos incluyen técnicas de modulación de amplitud (AM), modulación de frecuencia (FM) y modulación de fase (PM).

Actualmente los sistemas utilizados de modulación son digitales. Aquí existe una extensa variedad de métodos. Se mencionan algunos de los más utilizados: Modulación por Desplazamiento en Frecuencia (FSK), por Desplazamiento de Fase (PSK), por Desplazamiento de Fase en Cuadratura (QPSK) y otras modulaciones combinando cambios de fase y cambios de amplitud (QAM).

Cada una de ellas y otras no mencionadas en el texto tiene sus particularidades, ventajas y desventajas. La elección adecuada del método de modulación es un factor decisivo a la hora de evaluar el enlace de RF.

Igualmente importante al proceso de transmisión y recepción son las ganancias de las antenas transmisoras y receptoras, la temperatura de ruido (NT) de las mismas y la figura de ruido (NF) del receptor. Estos son factores fundamentales para determinar la relación señal-ruido (SNR) en el caso de una transmisión analógica o de la tasa de bit errados (BER) en el caso de una transmisión digital.

Las condiciones más deseables existen cuando las señales luego de procesadas a través del sistema de telemetría se presentan con poca o ninguna degradación, medida en un sistema de transmisión digital a través del BER. Sin embargo, en la práctica esta condición rara vez se logra porque muchos factores en el enlace de telemetría pueden causar cambios en las señales transmitidas, lo que reduce la calidad de los datos. Algunos de los factores principales que contribuyen a la degradación de la señal incluyen el ruido, el filtrado excesivo, el índice de modulación inadecuado en el caso de transmisiones tipo FM o FSK, las no linealidades del sistema y la elección del código de modulación. El diseño bajo norma del sistema de telemetría es el medio más eficaz para minimizar la degradación de la señal recibida.

La banda base se refiere al espectro de frecuencias ocupadas por las señales de información antes de que se utilicen para modular la portadora de RF. La distinción habitual que se hace entre las frecuencias de la señal de banda base y RF es que en la banda base las señales varían en frecuencias significativamente más bajas que las señales de portadora de RF.

Los requisitos de ancho de banda (BW) son una preocupación importante para mantener la calidad de los datos de la telemetría. La información presentada incluye los efectos de la utilización ex-

cesiva o en defecto del ancho de banda. En este aspecto también existen directivas para la selección de los anchos de banda y lograr una transmisión y recepción óptima de los datos.

El análisis de los enlaces de radio aborda una serie de temas diversos, incluidas las propiedades de las antenas, la pérdida de propagación por espacio libre, los efectos del canal de comunicación, el decaimiento de la señal o fading, y la diversidad por espacio recorrido de la señal, produciendo en este último caso interferencia constructiva o destructiva.

Caracterización del sistema receptor de telemetría. Por último, se realiza una descripción del recorrido de la señal entre la antena receptora y el subsistema de procesamiento. Influyen la antena receptora, su ganancia y temperatura de ruido, las características del Amplificador de bajo Ruido (LNA) anterior al receptor e incluyen su ganancia, linealidad y figura de ruido. Continuando a través del sistema es de importancia los requisitos de ancho de banda de los amplificadores de frecuencia intermedia (IF), la generación de armónicos de los mezcladores de IF y los filtros de IF, determinantes en la cancelación de armónicos y la linealidad de los amplificadores subsiguientes hasta llegar a obtener la banda base transmitida.

Después de que la señal recibida haya sido procesada se debe tener en cuenta los medios de almacenamiento, visualización y distribución a usuarios remotos.

Conclusiones

De lo expuesto en este artículo se desprende que la cantidad de consideraciones a tener en cuenta en un sistema de telemetría es muy extensa e importante. Cada detalle que no es considerado produce una degradación significativa del enlace y en consecuencia un bajo rendimiento en la adquisición de los datos.

Como ejemplos conocidos de telemetría tenemos las sondas Voyager I y II que hace más de 40 años que están operativas. Ya se encuentran fuera del sistema solar y aun así siguen enviando datos válidos de sus sensores.

Otros casos de igual importancia son los Rovers Sojourner, Spirit, Opportunity, Curiosity y Perseverance posados sobre la superficie de Marte. Todos ellos fueron diseñados bajo las mismas normas de telemetría, han dado y dan excelentes resultados, enviando a la tierra datos fundamentales para el conocimiento del planeta rojo.

La División Comunicaciones y telemetría tiene en su trayectoria logros importantes para destacar. Dan cuenta de ello los sistemas diseñados para el misil Aspide durante las campañas realizadas en el marco de los operativos UNITAS, las series de cohetes mathogo, mediciones de los puntos de impacto sobre blanco en tierra de los aviones Pucará, telemetrías de la serie de cohetes Sonda en sus versiones I y II como así también de los misiles aire-aire Martín Pescador y Gradicom I y II.

Para lograr estos resultados el personal se ha capacitado de manera continua mediante la realización de cursos en la Argentina y en el exterior, sumado a la participación en congresos y conferencias mediante la presentación de proyectos innovadores.

La formación de becarios es una prioridad que se mantiene desde hace más de 20 años. Algunos de ellos trabajan actualmente en áreas de investigación pura o aplicada en el CONICET y bases de la Antártida Argentina, poniendo en práctica los saberes que adquirieron durante su beca.

Si bien el eje central de nuestros desarrollos son las comunicaciones, en la actualidad nos encontramos abocados a la tarea de diseñar un sistema inhibidor de UAV's. También la división desarrolla un Transmisor Digital de Telemetría con capacidad de enviar 10 Mbps en banda S, siendo este un hito en la independencia tecnológica que hemos logrado.

Bibliografía

[1] Range Commanders Council. Telemetry Group. 2022. IRIG STANDARD 106-22.
[2] Range Commanders Council. Telemetry Group. 2022. TELEMETRY SYSTEMS RADIO FREQUENCY HANDBOOK 120-01.
[3] Range Commanders Council. Telemetry Group. 2006. TELEMETRY APPLICATIONS HANDBOOK.
[4] Eugene Law, Donald Hust. 1987. Telemetry Applications Handbook. Pacific Missile Test Center.
[5] F. D. McLamb. Adquisition of S Band Telemetry Data during Spacecraft Launch Phases.1967. Canaveral Council of Technical Societies.
[6] F. Carden, R. Jedlicka, R Henry. 2002. Telemetry System Engineering. Artech House.
[7] Faisel Em M Tubbal. 2015. Telemetry, tracking and Command Subsistem for LibyaSat-1. University of Wollongong Australia.
[8] General Dynamics. 2011. Tracking, Telemetry and Control Systems on Mercury, Gemini and Apollo.

2.5

Evaluación del sueño en tropas de montaña y un novedoso camino para optimizar su rendimiento

Por el CT Med Agustin Leandro Folgueira
Co-autores: CT Facundo Etchehún, Dra. Malena Mul Fedele y Dr. Daniel Vigo.

Resumen

El sueño es crucial para el rendimiento físico y mental durante las operaciones militares, incluso los soldados mejor equipados pueden verse afectados por la falta de sueño. Las Tropas de Montaña del Ejército Argentino además enfrentan demandas físicas y mentales intensas en condiciones ambientales hostiles. Se realizó un estudio observacional sobre el impacto del sueño y su entorno en un Curso Avanzado de Esquí, encontrando que diversos aspectos del rendimiento militar se relacionaron con el sueño. Las operaciones en ambientes fríos afectan al sueño, impactando negativamente el desempeño militar. Es esencial fomentar el sueño para mantener la preparación física y mental en operaciones militares.

PALABRAS CLAVE: SUEÑO, FATIGA, ALERTA, TIRO, RENDIMIENTO

Introducción

El sueño es un proceso biológico fundamental para la salud física y mental, interviene en la reparación de los tejidos, la eliminación de productos de desecho, la regulación del metabolismo y la inmunidad. Participa además en el mantenimiento de la red neuronal, la consolidación de la memoria y el procesamiento de nueva información. Luego de un período de vigilia y de mucho consumo de energía, se necesita de un periodo de sueño para la recuperación del organismo y así mantener la salud física, cognitiva y emocional, llegando al máximo nivel de rendimiento durante la vigilia (Chokroverty, 2011a) (Cardinali, 2013) (Puertas Cuesta, 2015). Un sueño es saludable cuando tiene una duración adecuada, con pocas interrupciones y en horario preferentemente nocturno. La mayoría de los adultos requieren entre siete a nueve horas de sueño por noche para mantener un nivel pleno de salud física y mental (Watson, 2015) (Jurado Luque, 2016). La disminución del tiempo de

sueño compromete ciertas funciones mentales superiores, como la planificación, el juicio y la toma de decisiones, la interacción social y la comunicación, disminuye la capacidad de atención y se enlentece la velocidad de reacción. El sueño insuficiente se vincula con la aparición de somnolencia diurna excesiva y microsueños, periodos muy cortos (segundos) de sueño involuntario, implicados en gran parte de los accidentes de tránsito. A largo plazo, incrementa el riesgo de presentar alteraciones del estado de ánimo (depresión y ansiedad) y desarrollar enfermedades cardiovasculares, como hipertensión arterial, obesidad y diabetes mellitus (Colten, 2006) (Walker, 2008) (Whitmire, 2009) (Chokroverty, 2011b) (Jurado Luque, 2016).

Las operaciones militares suelen extenderse por jornadas extensas y el personal dormir poca cantidad, en forma fragmentada y en distintos momentos del día, por lo que la calidad del sueño y la vigilia se ven comprometidas. Bajo estas circunstancias deben hacer uso de sus funciones cognitivas, hasta para las más simples acciones del campo de batalla. Por ejemplo, disparar un arma de fuego en el momento y *objetivo* correcto requiere un adecuado nivel de atención y vigilancia, un tiempo de reacción preciso, un razonamiento lógico para determinar si la acción es tácticamente apropiada y permitida dentro de las normas de combate, la memoria a corto plazo es necesaria para asegurarse que el objetivo es un enemigo dentro de la ubicación de las fuerzas enemigas. Muchos de los errores del combate pueden relacionarse con la privación de sueño, incluso antes de que la somnolencia sea percibida. Se considera que los soldados son militarmente ineficaces en un papel defensivo después de 48 horas sin dormir, incluso soldados bien equipados, bien entrenados y altamente motivados que operan dentro de unidades cohesivas con buena moral (Belenky, 1994) (Foster, 1999) (Lieberman, 2005) (Fletcher, 2012) (Grossman, 2014) (Department of the Army, 2020).

El entorno para dormir también puede contribuir a una mala calidad del sueño, una temperatura demasiado fría o cálida, una humedad elevada o ventilación inadecuada, hasta el ruido y la iluminación intensa puede afectar el descanso (Mantua, 2019). La temperatura es uno de los factores más importantes, la exposición al calor excesivo, aumentan los despertares y disminuyen el sueño profundo; mientras que la exposición al frío disminuye la duración y eficiencia del sueño, activa las hormonas del estrés (cortisol) y altera las respuestas cardiovasculares (Buguet, 2007) (Okamoto-Mizuno, 2012) (van den Berg, 2023). La respuesta a la altitud es variable y determinada por múltiples factores, como los valores de presión atmosférica y niveles de oxígeno, la cantidad de glóbulos rojos en sangre, la carga del ejercicio y el tiempo de recuperación. La recuperación física es menor en la altura, relacionado con los efectos negativos en la respiración durante el sueño y la reducción del sueño profundo (Van Cutsem, 2022).

En este sentido, las tropas de montaña se capacitan y entrenan para ejercer una acción militar en un entorno particular, se someten a intensas exigencias físicas y mentales en condiciones ambientales hostiles; sin embargo, aún no está claro cómo dormir en entornos fríos y hostiles podría afectar su desempeño (Williams, 2014) (Dirección General de Educación del Ejército, 2014). El objetivo del trabajo fue evaluar la relación entre el sueño y rendimiento en alumnos de la Escuela Militar de Montaña. Se aspira sentar las bases para desarrollar un sistema de manejo de riesgo de fatiga para operaciones militares.

Materiales y métodos

Se estudiaron a 24 sujetos masculinos del Ejército Argentino, con una edad promedio de 27,3 años, pertenecientes al Curso Avanzado de Montaña Invernal 2022 de la Escuela Militar de Montaña (Ec Mil M) del Ejército Argentino, localizada en Bariloche. La muestra incluyó a 12 oficiales y 12 suboficiales del Arma de Infantería, que fueron estudiados de forma anónima y clasificada,

durante tres semanas. La primera semana (PRE) de registro se obtuvo en las instalaciones de la Ec Mil M, la segunda semana (PP) en una salida al terreno en la localidad de Primeros Pinos, la tercera semana (POS) nuevamente en la Ec Mil M. En cada etapa se registró: a) Duración del Sueño, mediante actigrafía y diarios de sueño de 48 h; b) Ambiente de Sueño, mediante un sensor de dióxido de carbono, temperatura y humedad; c) Nivel de Alerta, mediante pruebas computarizadas en vigilia Figura 1; d) Desempeño Militar, mediante el registro de evaluaciones de Supervivencia, Combate, Tiro y Esquí Figura 2. El estudio fue observacional, no modificó ni alteró la planificación de la actividad militar.

FIGURA 1. PRUEBA DE REACCIÓN VISUAL UTILIZANDO ACTÍGRAFO (IZQUIERDA)
FIGURA 2. EVALUACIÓN DE TIRO (DERECHA)

La actigrafía es un método no invasivo para el estudio del sueño, que mediante un sensor de movimiento colocado en la muñeca y semejante a un reloj de pulsera, se puede inferir la duración del sueño (Morgenthaler, 2007); mientras que los diarios de sueño consisten en un registro de la hora de acostarse y levantarse que recuerda cada sujeto por la mañana. La prueba de reacción psicomotora (PVT), es una evaluación del nivel de alerta, sensible a la pérdida de sueño; determina el tiempo que tarda una persona en responder a un estímulo visual en una pantalla, presionando una tecla de computadora; se realizó en cuatro momentos del día (08:00, 15:30, 19:00 y 23:00 h) y registró el tiempo promedio de respuesta (MRT) en milisegundos (ms), la inversa del tiempo de reacción (IRT) y el tiempo de respuesta de ≥ 500 ms o lapsus (LRT) (Thorne, 2005) (Basner, 2011). Los sensores ambientales, registraron los niveles de dióxido de carbono, temperatura y humedad durante el sueño, colocados en habitaciones durante las etapas PRE y POS, en el interior de las cuevas de nieve donde durmieron durante la etapa PP. Las evaluaciones de rendimiento militar corresponden a los resultados de las pruebas de Supervivencia, Combate, Tiro y Esquí, propias del curso militar.

Para el análisis estadístico se utilizaron datos anónimos para no identificar al cursante. Se realizó un test ANOVA de medidas repetidas en cada etapa para evaluar el nivel de alerta, pruebas de T, chi cuadrado y correlaciones entre sueño, nivel de alerta y rendimiento militar.

Resultados

Durante la salida al terreno en Primeros Pinos, la duración promedio de sueño fue de 06:13 h (± 00:31), la hora de inicio del sueño ocurrió 23:59 h (± 00:36) y finalizó 06:21 h (± 00:29). La duración

fue mayor en Bariloche PRE en relación a POS (p=0,018). No hubo diferencias significativas entre el diario de sueño y la actigrafía durante PRE y POS, aunque en PP, el sueño terminó 26 min más tarde que el registro del diario de sueño (p=0,014) Tabla 1. Un sujeto sufrió una lesión traumática menor durante una actividad previa a PP y fue excluido del estudio.

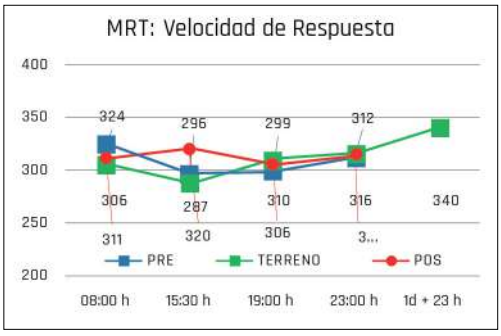
En cuanto al ambiente para dormir, las medidas antes y después del Entrenamiento de Invierno (PP) fueron similares (temperatura 21,9 ± 0,9 °C, humedad 61 ± 2,9 %, dióxido de carbono 1241 ± 208 ppm). Durante dos noches en PP, los sujetos durmieron en cuevas de nieve, las condiciones ambientales fueron más frías (temperatura 0,98 ± 0,2 °C, p<0,05), más húmedas (93 ± 0,2 %, p<0,05) y tenían una mayor concentración de dióxido de carbono 1551 ± 30 ppm, p<0,05), en comparación con los niveles iniciales.

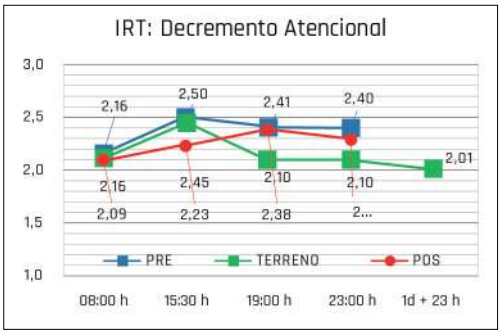
TABLA 1: EVALUACIÓN DE SUEÑO POR ACTIGRAFÍA (48 HORAS DE SUEÑO ANTES DE LA PRUEBA DE ALERTA (PVT)

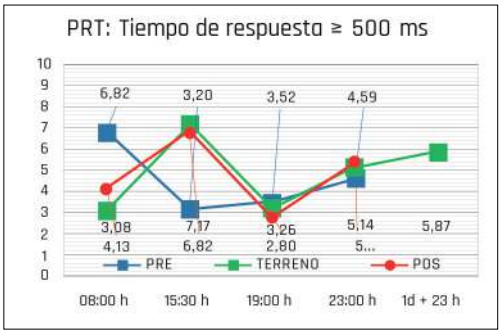
	PRE			PP			POS			
	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE	0,075
Inicio de Sueño (hh:mm - media)	24	23:47	00:35	23	23:59	00:36	23	00:15	00:54	0,075
Fin de Sueño (hh:mm - media)	24	06:13	00:14	23	06:21	00:29	23	06:09	00:19	0,247
Duración de Sueño (hh:m9m - media)	24	06:26*	00:40	23	06:13	00:31	23	05:51*	00:57	0,018
Siesta Duración (hh:mm - media)	13	01:02	00:51	1	00:15	-	14	01:43	00:44	-

El nivel de alerta medido por PVT en PP, evidenció una menor atención (IRT) a las 19:30 y 23:00 h, en comparación con PRE (p=0,010) y POS (p=0,018). No hubo diferencias significativas en las pruebas de alerta a lo largo de cada día en las tres mediciones realizadas con el Test ANOVA de medidas repetidas, aunque el último día en PP se realizó una medición extra de alerta (PVT) a las 23:00 h, luego de permanecer despiertos por más de 40 h durante un ejercicio militar, que sí evidenció una respuesta más lenta (MRT) en comparación con las cuatro evaluaciones del día anterior (p=0,010) Figura 3-5 .

FIGURA 3-5. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE REACCIÓN PSICOMOTORA







En relación al desempeño militar evaluado por la Ec Mil M, durante la etapa PRE, la duración de sueño tuvo una correlación positiva con el rendimiento en una Marcha de Supervivencia (r=0,422, p=0,045). Durante PP, una duración más corta del sueño nocturno se asoció con un rendimiento deficiente en combate (r=0,659, p=0,020) y tiro con fusil (r=0,586, p=0,045); mientras que una menor puntería en tiro nocturno se correlacionó con una menor alerta evaluada por

la tarde: MRT (r=-0,355, p=0,096), LRT (r=-0,356, p=0,096) y IRT (r=0,403, p=0,056). Finalmente, en la medición POS, un bajo rendimiento en el examen de esquí de la mañana se correlacionó con un MRT más lento a las 08:00 h (r=-0,467, p=0,021).

Discusión

En este estudio encontramos una menor atención en las pruebas de alerta vespertinas durante un ejercicio en terreno invernal, bajo el contexto de un sueño nocturno obtenido en cuevas de nieve. Aunque en estos entrenamientos militares de características técnicas, no se expone rutinariamente al personal a una privación de sueño, se observó que aquellos que durmieron menos tiempo, tenían un peor desempeño en ciertas actividades. Estos resultados contrastan con la antiquísima creencia militar, de que una noche de sueño completo era un lujo innecesario en el combate, observando la privación de sueño como signo de abnegación y sacrificio, como lo describe la reconocida frase de Napoleón Bonaparte: "Seis para un hombre, siete para una mujer, ocho para un tonto"; pero la experiencia y evidencia científica ha ido cambiando este concepto durante las últimas decadas.

Un sueño deficiente en el campo de batalla, puede impedir procesar información y actuar con rapidez, efectividad y certeza. Una investigación evaluó el impacto de la restricción de sueño en el rendimiento militar, en cuatro secciones de un Grupo de Artillería que durmieron cuatro, cinco, seis o siete horas por noche, durante 21 días de operaciones continuas. Compararon el rendimiento diario de cada sección en relación con las piezas de artillería que caían sobre el objetivo. Concluyeron que restringir el sueño con la esperanza de obtener un mayor rendimiento resultó improductivo. Durante los primeros dos a tres días, la sección que durmió menos tiempo, en virtud de tener más tiempo de trabajo, pudo acertar más rondas de artillería en el objetivo, pero después del tercer día, su eficiencia se degradó significativamente. Incluso con este tiempo adicional para realizar disparos, su producción fue menor. Aunque la sección que durmió cuatro horas por noche tenía tres horas más para trabajar por día, su eficiencia diaria (impactos / total de disparos) cayó por debajo de la unidad que durmió siete horas desde el tercer día de operaciones (Thorne, 1983).

Otro aprendizaje llegó de la experiencia de “fuego amigo” durante la Guerra del Golfo, donde un informe médico describe los riesgos que pueden sufrir las tropas en una operación militar bajo restricción de sueño. En febrero de 1991, durante una operación terrestre de 100 horas, a las 18:00 h del quinto día se le ordenó a un pelotón de vehículos de combate Bradley detener su avance hasta la mañana siguiente; permanecieron despiertos y vigilaron con sus visiones térmicas los "puntos calientes". Siete horas más tarde, 01:00 h, los equipos observan puntos calientes que se aproximaban, no sabían si eran amigos o enemigos. Como los iraquíes no tenían visiones térmicas propias y siguieron avanzando, fueron reconocidos como enemigos y todos esos vehículos fueron destruidos; aunque durante la maniobra, dos unidades Bradley del flanco derecho giraron a su izquierda y se enfrentaron con su propia línea, confundieron a dos unidades propias y las destruyeron. Según el informe, las unidades habían dormido de tres a cuatro horas por noche durante los cinco días previos y habrían estado operando a un nivel de rendimiento mucho más bajo que su capacidad. Además, el enfrentamiento tuvo lugar durante las primeras horas de la mañana, cuando las actividades mentales están naturalmente disminuidas debido a sus ritmos circadianos (Fletcher, 2012).

Una serie de estudios de laboratorio analizaron el deterioro que se genera bajo diferentes restricciones del tiempo de sueño, mediante las mismas pruebas de reacción (PVT) que hemos utilizado. En sujetos que duermen menos de siete horas por noche, se encuentran déficits en la atención y velocidad de respuesta, siendo mayor y más rápido entre aquellos que duermen menos tiempo por noche; dormir cuatro horas por noche durante diez días es equivalente a permanecer 48 horas sin dormir. La mayoría subestimó los efectos nocivos de la privación de sueño y solo manifestó sen-

tirse un poco somnoliento, siendo un llamado de atención por la elevada cantidad de individuos que duermen menos de seis horas en nuestra sociedad actual. Solo los sujetos que alcanzaron nueve horas diarias en cama no presentaron ningún déficit en estos estudios (Dinges, 1997) (Belenky, 2003) (Van Dongen, 2003) (Czeisler, 2006). Otras investigaciones compararon el nivel de alerta durante una vigilia prolongada con las observadas luego del consumo de alcohol. Niveles moderados de privación de sueño, cómo permanecer despierto por más de 17 horas, genera un nivel de alerta similar al que se presenta con una intoxicación moderada por alcohol (0,5 g/l). Esto exacerba cuando la medición se realiza entre las 22:00 y 02:00 horas, por la influencia circadiana en la caída del rendimiento. El valor 0,5 g/l es el límite legal del alcohol en sangre para conductores de muchos países, por presentar un aumento de la autoconfianza y desinhibición, disminución de la atención, del juicio y control (Dawson, 1997) (Williamson, 2000). La prueba PVT utilizada, es una adaptación de la desarrollada por el Ejército de los Estados Unidos como método objetivo de evaluar el estado de alerta en situaciones de privación de sueño (Thorne, 2005). En el último Congreso Internacional de Rendimiento Militar realizado en Londres, diversos países (Francia, Argentina, Canadá, Reino Unido e Israel) expusieron esta herramienta como método de evaluación cognitiva en situaciones operacionales con exposición al frío o calor, ante el uso de estimulantes o entrenamientos militares de infantería y submarinos (UK Army, 2023).

La resiliencia militar en climas fríos es un objetivo crucial para muchos ejércitos, determinada por factores biológicos y psicológicos, el entrenamiento físico y la tolerancia térmica. Durante un entrenamiento invernal en Finlandia se observó que el sueño insuficiente antes y durante los ejercicios, reduce la capacidad de tolerar la exposición térmica y la exigencia operacional. Aquellos que dormían en carpas con alta variación térmica o niveles elevados de dióxido de carbono tuvieron un menor desempeño; la fragmentación y restricción del sueño, junto con un frío extremo pueden afectar la calidad del descanso y comprometer el rendimiento (Mantua, 2019). Una encuesta realizada en soldados de operaciones especiales del ejército estadounidense, encontró que aquellos con despertares relacionados con temperaturas extremas (bajas o altas), luz intensa o incomodidad en la superficie para dormir, tuvieron peor calidad del sueño, mayor fatiga y menor motivación (Mantua, 2023). En estos despliegues se recomiendan intervenciones para preservar la calidad del sueño, como el control de luz y la temperatura, considerando las diferencias individuales en la necesidad de dormir, ya que puede mejorar la seguridad y la motivación, la cognición y el desempeño operacional (van den Berg, 2023). En relación a las actividades logísticas y de apoyo a la ciencia que nuestras fuerzas armadas realizan en la Antártida, se reconoce que los trastornos del sueño son unas las principales afecciones en la salud; generalmente se reporta dificultad en la conciliación, menor eficiencia y calidad del sueño. Estas alteraciones son más frecuentes durante el invierno, vinculado con el aislamiento y confinamiento extremo, la exposición al frío y las alteraciones de los ciclos de luz y oscuridad en esas latitudes, que pueden generar meses enteros de oscuridad durante el invierno (Arendt, 2012) (Pattyn, 2018) (Folgueira, 2019) (Folgueira, 2022).

Se describe en general, que en la guerra hay muchos factores que contribuyen al éxito militar, como la intensidad de la batalla, la experiencia de combate, la capacitación, la moral, como así también la hidratación, el estado nutricional y el sueño. Estos factores contribuyen a la realización exitosa de tareas complejas en todos los niveles del comando; la obtención de un sueño adecuado puede considerarse como un problema similar a otros elementos de reabastecimiento logístico: agua, alimentos, combustible y municiones. Actualmente se reconoce la importancia de obtener un sueño adecuado para mejorar el rendimiento; sin embargo, al no contar con herramientas objetivas, se utiliza la propia experiencia para la planificación del descanso durante las operaciones. Im-

plementar sistemas de manejo y predicción de la fatiga, podría ayudar a estimar el rendimiento de una unidad en cada momento del día (Lieberman, 2005) (Reifman, 2016) (Department of the Army, 2020). Esta planificación podría resultar más accesible para una reducida unidad de fuerzas de operaciones especiales, que en las últimas décadas han sufrido un crecimiento exponencial en capacidad y cantidad (Hooker, 2023); pero a medida que la guerra contra el terrorismo en oriente medio decayó, la competencia entre las grandes potencias volvió al primer plano y las fuerzas especiales comenzaron a reorientarse, como se ha visto recientemente en Europa. La decisión de reorientar estas fuerzas en ambientes extremos parece apropiada, especialmente cuando se integran y contribuyen adecuadamente con los planes de campaña (White, 2022).

Las actividades militares en tiempos de paz tampoco están exentas de los efectos negativos de un sueño inadecuado, este puede observarse durante maniobras terrestres, navales o aéreas, los esquemas de trabajo por turnos en seguridad, transporte y salud, entre otros. Los entrenamientos durante la carrera militar también involucran la puesta en práctica de destrezas físicas y mentales bajo condiciones de escasas horas de sueño. La comprensión de los mecanismos del sueño, así como de las tecnologías necesarias para su detección, impactarían también sobre el sector socio-económico y/o productivo, en tanto podrían permitir reducir la fatiga y aumentar el rendimiento de los trabajadores, reducir las tasas de accidentes derivados de la disminución del estado de alerta y mejorar problemas de salud vinculados a los trastornos de sueño. Por esta razón, cada vez son más frecuentes las intervenciones realizadas en la gestión del sueño y la fatiga en diversos sectores de la producción, los servicios y deportes de competencia (Diez, 2010) (Gander, 2011) (Reifman, 2016) (UK Ministry of Defence, 2016) (Kanki, 2018) (Mattie, 2024).

Conclusiones

Las exigencias propias de la vida militar requieren afrontar situaciones de privación de sueño. Las operaciones militares suelen ser extensas y continuas, relacionadas con alteraciones del sueño y del estado de alerta, que se vinculan en general con un menor desempeño militar. El frío y otras condiciones ambientales extremas afectan también la calidad y oportunidad del descanso, aunque de una forma menos conocida. El estudio de estos factores y de otros estresores ambientales, puede ayudar a comprender la naturaleza del accionar durante el combate, la adaptación del hombre al ambiente y evaluar intervenciones para prevenir los déficits encontrados. Si bien no existe ningún mecanismo para reemplazar el sueño, las herramientas de planificación pueden ser muy útiles para controlar o realizar una actividad en el momento oportuno. El uso de modelos y algoritmos digitales de predicción de fatiga podría predecir el nivel de alerta de los soldados durante un entrenamiento, aunque se deben considerar que ciertos entornos ambientales son extenuantes física y cognitivamente e incrementa la fatiga de una forma desconocida. Las estrategias preventivas o intervenciones neurológicas para mitigar estos deterioros y mantener la salud física y mental, no pueden depender de enfoques únicos y podrían requerir una adaptación interindividual. Existen potenciales beneficios sobre el rendimiento y la seguridad si el sueño es considerado y manejado de una manera proactiva. Siendo el sueño uno de los aspectos más importantes de la recuperación de la salud física y mental, se recomienda fomentar un sueño saludable y garantizar las oportunidades en todos los entornos operativos. El sueño sueño se considera un factor fundamental para mantener el éxito en el campo de batalla.

Bibliografía

1. Arendt, J. (2012). Biological rhythms during residence in polar regions. *Chronobiology International*, 29(4), 379–394. https://doi.org/10.3109/07420528.2012.668997

2. Basner, M., Mollicone, D., y Dinges, D.F. (2011). Validity and Sensitivity of a Brief Psychomotor Vigilance Test (PVT-B) to Total and Partial Sleep Deprivation. *Acta astronautica*, 69(11-12), 949–959. https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2011.07.015
3. Belenky, G., Penetar, D., Thorne, D., Popp, K., Leu, J., Thomas, M., Sing, H., Balkin, T., Wesensten, N., y Redmond D., (1994). Capítulo 7: The Effects of Sleep Deprivation on Performance During Continuous Combat Operations. En *Food Components to Enhance Performance.* Institute of Medicine (US) Committee on Military Nutrition Research; Washington (DC): National Academies Press (US).
4. Belenky, G., Wesensten, N., Thorne, D., Thomas, M., Sing, H., Redmond, D., Russo, M., & Balkin, T. (2003). Patterns of performance degradation and restoration during sleep restriction and subsequent recovery: A sleep dose-response study. *Journal of Sleep Research*, 12(1), 1–12. https://doi.org/10.1046/j.1365-2869.2003.00337.x
5. Buguet, A. (2007) Sleep under extreme environments: Effects of heat and cold exposure, altitude, hyperbaric pressure and microgravity in space. *Journal of the Neurological Sciences*, 262 (1–2): 145-152. https://doi.org/10.1016/j.jns.2007.06.040.
6. Cardinali, D. (2013). Capítulo 15: Correlatos Electrofisiológicos de la Actividad Cortical, Fisiología del Sueño. En D. Cardinali (Ed.), *Manual de Neurofisiología*. Buenos Aires, Argentina: Diaz de Santos
7. Chokroverty, S. (2011a). Capítulo 2: Características generales del sueño normal. En S. Chokroverty (Ed.), *Medicina de los trastornos del sueño* (3rd ed., pp. 5–21). Barcelona, España: Elsevier España.
8. Chokroverty, S. (2011b). Capítulo 3: Privación de sueño y somnolencia. In S. Chokroverty (Ed.), *Medicina de los Trastornos del Sueño* (3rd ed., pp. 22–28) . Barcelona, España: Elsevier España.
9. Colten, H. R., Altevogt, B. M., e Institute of Medicine (US) Committee on Sleep Medicine and Research (Eds.). (2006). *Sleep Disorders and Sleep Deprivation: An Unmet Public Health Problem.* National Academies Press (US).
10. Czeisler, C. (2006). Sleep deficit. The performance killer. *Harvard Bus Rev*, 84, 53–59.
11. Dawson, D., y Reid, K. (1997). Fatigue, alcohol and performance impairment. *Nature*, 388(6639), 235. https://doi.org/10.1038/40775
12. Department of The Army. (2020). Capítulo 11: Sleep Readiness. En Walter Reed Army Institute of Research (Ed.), FM 7-22. *Holistic Health And Fitness* (Issue October, p. 244). Washington, D.C., Estados Unidos.
13. Diez J.J, Vigo D.E, Brangold M, Cardinali D.P, Pérez Chada D, Golombek D.G. (2010). Evaluación de las características del ciclo sueño – vigilia en conductores de transporte público de pasajeros de larga distancia. Presentado a la Superintendencia de riesgos de trabajo.
14. Dirección General de Educación del Ejército (2014). Directiva 2014-1: Bases para el planeamiento e implementación de intervenciones en los cursos de TOE. Campo de Mayo, Argentina.
15. Dinges, D., Pack, F., Williams, K., Gillen, K., Powell, J., Ott, G., Aptowicz, C., y Pack, A. (1997). Cumulative *Sleep*iness, Mood Disturbance, and Psychomotor Vigilance Performance Decrements During a Week of Sleep Restricted to 4–5 Hours per Night. Sleep, 20(4), 267–277. https://doi.org/10.1093/sleep/20.4.267
16. Fletcher A, Wesensten N, Kandelaars K, Balkin T (2012). Capítulo 3: Measuring and Predicting Sleep and Performance during Military Operations, *Walter Reed Army Institute of Research*, Silver Spring, Maryland, Estados Unidos.
17. Folgueira, A., Simonelli, G., Plano, S., Tortello, C., Cuiuli, J. M., Blanchard, A., Patagua, A., Brager, A. J., Capaldi, V. F., Aubert, A. E., Barbarito, M., Golombek, D. A., & Vigo, D. E. (2019). Sleep, napping and alertness during an overwintering mission at Belgrano II Argentine Antarctic station. *Scientific reports*, 9(1), 10875. https://doi.org/10.1038/s41598-019-46900-7

18. Folgueira, A. (2022). Cronobiología del Aislamiento Antártico: la utilización de la Base Belgrano II como modelo de desincronización biológica y análogo espacial. [Tesis de doctorado]. Facultad de Ciencias Médicas, Pontificia Universidad Católica Argentina "Santa María de los Buenos Aires"
19. Foster, R., y Kreitzman, L. (1999). Capítulo 11. Sleep and Performance. En R. Foster y L. Kreitzman (Eds.), *The Rhythms of Life. The Biological Clocks that Control the Daily Lives of Every Living Thing* (pp. 178–200). Yale University Press
20. Gander, P., Hartley, L., Powell, D., Cabon, P., Hitchcock, E., Mills, A., y Popkin, S. (2011). Fatigue risk management: Organizational factors at the regulatory and industry/company level. *Accident; analysis and prevention*, 43(2), 573–590. https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.11.007
21. Grossman, D.A., Christensen, L.W., (2014). Capítulo 3: Sistema nervioso simpático y sistema nervioso parasimpático: las tropas de combate y mantenimiento del cuerpo. En: Grossman, D.A., Sobre el Combate: La Psicología del conflicto letal en la guerra y en la paz. España, Editorial Melusina.
22. Hooker, R.D. (2023). America's special operations problem. *Joint Force Quarterly*, 108, 50–55.
23. Jurado Luque, M.J., Merino Andréu, M., Álvarez Ruiz de Larrinaga, A., Madrid Pérez, J.A., Martínez Martínez, M.Á., Puertas Cuesta, F.J., … Barriuso E.B. (2016*). Sueño saludable: Evidencias y guías de actuación*. Documento oficial de la Sociedad Española de Sueño. Revista de Neurología, 63, S1–S27. https://doi.org/10.33588/rn.63s02.2016397
24. Kanki, B., y Hobbs, A. (2018). Capítulo 14. Organizational factors and safety culture. En T. Sgobba, B. Kanki, J.-F. Clervoy, & G. Mjeldheim Sandal (Eds.), *Space Safety and Human Performance* (pp. 621–651). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101869-9.00014-5
25. Lieberman H, Bathalon G, Falco C, Morgan C, Niro P and Tharion W (2005). The Fog of War: Decrements in Cognitive Performance and Mood Associated with Combat-Like. *Stress. Environ Med*, 76(7 Suppl):C7-14.
26. Mantua, J., Bessey, A., Sowden, W.J., Chabuz, R., Brager, A. J., Capaldi, V.F., y Simonelli, G. (2019). A Review of Environmental Barriers to Obtaining Adequate Sleep in the Military Operational Context. *Military medicine*, 184(7-8), e259–e266. https://doi.org/10.1093/milmed/usz029
27. Mantua, J., Ritland, B.M., Naylor, J.A., Simonelli, G., Mickelson, C.A., Choynowski, J. J., Bessey, A. F., Sowden, W. J., Burke, T. M., & McKeon, A. B. (2023). Physical sleeping environment is related to insomnia risk and measures of readiness in US army special operations soldiers. *BMJ military health*, 169(4), 316–320. https://doi.org/10.1136/bmjmilitary-2021-001801
28. Mattie, P., Kjærgaard, A., y Pattyn, N. (2024) Capítulo 3: Implementing Mental Performance Programs in Elite Military Units. En : Pattyn, Nathalie & Hauffa, Robin. (2024). *Handbook of Mental Performance: Lessons from High Performance Domains*. 10.4324/9781003378969.
29. Morgenthaler, T., Alessi, C., Friedman, L., Owens, J., Kapur, V., Boehlecke, B., … American Academy of *Sleep* Medicine (2007). Practice parameters for the use of actigraphy in the assessment of sleep and sleep disorders: an update for 2007. Sleep, 30(4), 519–529. https://doi.org/10.1093/sleep/30.4.519
30. Okamoto-Mizuno, K., Mizuno, K. (2012). Effects of thermal environment on sleep and circadian rhythm. *J Physiol Anthropol*, 31(1), 14 (2012). https://doi.org/10.1186/1880-6805-31-14
31. Pattyn, N., Van Puyvelde, M., Fernandez-Tellez, H., Roelands, B., & Mairesse, O. (2018). From the midnight sun to the longest night: Sleep in Antarctica. *Sleep Medicine Reviews*, 37, 159–172. https://doi.org/10.1016/j.smrv.2017.03.001
32. Puertas Cuesta, F.J., Prieto Prieto, F., Sánchez Andrés, J.V., y Aguirre Mardones, C. (2015). Capítulo 1: Neurobiología del ciclo sueño-vigilia. Modificaciones fisiológicas durante el sueño. En J. Montserrat Canal & F. J. Puertas Cuesta (Eds.), *Patología básica del sueño* (pp. 1–11). Barcelona, España: Elsevier España.

33. Reifman, J., Kumar, K., Wesensten, N.J., Tountas, N.A., Balkin, T.J., y Ramakrishnan, S. (2016). 2B-Alert Web: An Open-Access Tool for Predicting the Effects of *Sleep*/Wake Schedules and Caffeine Consumption on Neurobehavioral Performance. Sleep, 39 (12), 2157–2159.
34. Thorne, D.R., Genser, S.G., Sing, H.C., Hegge, F.W. (1983). Plumbing human performance limits during 72 hours of high task load. En: Proceedings of the 24th DRG Seminar on the Human as a Limiting Element in Military Systems (Pp. 17–40). Toronto: Defence and Civil Institute of Environmental Medicine.
35. Thorne, D.R., Johnson, D.E., Redmond, D.P., Sing, H.C., Belenky,G., y Shapiro, J.M. (2005). The Walter Reed palm-held psychomotor vigilance test. *Behavior research methods,* 37(1), 111–118. https://doi.org/10.3758/bf03206404
36. UK Army. 6th International Congress on Soldiers' Physical Performance "Delivering human advantage" (2023). Programme Book. Londres. Recuperado de: https://www.linkedin.com/posts/british-army_dsei2023-defence-icspp2023-activity-7108104848507580416-0buI; https://cdn.asp.events/CLIENT_CLDD_9BDAB70C_5056_B733_4934A7872C9C46B0/sites/dsei-2023/media/ICSPP_program_book.pdf
37. UK Ministry of Defence and Military Aviation Authority (2016). Regulatory Article (RA) 3207: *Controller Fatigue Management.* Military Aviation Authority. Reino Unido.
38. Van Cutsem, J., y Pattyn, N. (2022). Primum non nocere; It's time to consider altitude training as the medical intervention it actually is!. *Frontiers in psychology*, 13, 1028294. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1028294
39. Van Dongen, H.P., Maislin, G., Mullington, J.M., y Dinges, D.F. (2003). The cumulative cost of additional wakefulness: dose-response effects on neurobehavioral functions and *sleep* physiology from chronic sleep restriction and total sleep deprivation. Sleep, 26 (2), 117–126. https://doi.org/10.1093/sleep/26.2.117
40. van den Berg, N.H., Michaud, X., Pattyn, N., y Simonelli, G. (2023). How Sleep Research in Extreme Environments Can Inform the Military: Advocating for a Transactional Model of Sleep Adaptation. *Current psychiatry reports*, 25(2), 73–91. https://doi.org/10.1007/s11920-022-01407-3
41. Walker M.P. (2008). Cognitive consequences of sleep and sleep loss. *Sleep medicine*, 9 Suppl 1, S29–S34. https://doi.org/10.1016/S1389-9457(08)70014-5
42. Watson N.F, Badr M.S, Belenky G, Bliwise D.L, Buxton O.M, Buysse D,... Tasali E (2015). Recommended Amount of Sleep for a Healthy Adult: A Joint Consensus Statement of the American Academy of Sleep Medicine and Sleep Research Society. Sleep. 2015 Jun 1;38(6):843-4. doi: 10.5665/sleep.4716.
43. White A, (2022). "Ukraine Conflict: Ukrainian Special Operations Forces in Focus," *Janes*, Recuperado de: https://www.janes.com/defence-news/news-detail/ukraine-conflict-ukrainian-special-operations-forces-in-focus.
44. Whitmire, A. M., Leveton, L. B., Barger, L., Brainard, G., Dinges, D. F., Klerman, E., & Shea, C. (2009). Risk of performance errors due to sleep loss, circadian desynchronization, fatigue, and work overload. Human Health and Performance Risks of Space Exploration Missions: Evidence Reviewed by the NASA Human Research Program.
45. Williams, S.G., Collen, J., Wickwire, E., Lettieri, C.J., y Mysliwiec, V. (2014). The impact of sleep on soldier performance. *Current psychiatry reports*, 16(8), 459. https://doi.org/10.1007/s11920-014-0459-7
46. Williamson, A., y Feyer, A. (2000). Moderate sleep deprivation produces impairments in cognitive and motor performance equivalent to legally prescribed levels of alcohol intoxication. *Occup Environ Med*, 57, 649–655. https://doi.org/10.1136/oem.57.10.649

2.6

Catalizadores de combustión para propulsante compuesto: obtención y potencial uso en propulsantes de alta velocidad

Por Javier Quagliano y Pablo Ross, Departamento de Química Aplicada, Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF)

Resumen

En esta contribución se hace un relevamiento de las capacidades de nuestro laboratorio en el ámbito de síntesis de productos químicos relevantes para la Defensa. Entre los varios compuestos de interés, la síntesis de catalizadores de combustión derivados de ferroceno es de interés a los fines de utilizarlos como catalizadores de combustión para propulsante compuesto. Dado que estos derivados pueden migrar durante el almacenamiento prolongado del propulsante, una alternativa es el injertado de los catalizadores en el mismo ligante polibutadieno hidroxi-terminal (PBHT) y así reducir la pérdida por migración. Estos catalizadores son de utilidad para el desarrollo de propulsantes de alta energía, que tengan mayor impulso específico que los corrientemente utilizados. Las aplicaciones son diversas, entre ellas, en dispositivos propulsores que requieran desarrollar una alta velocidad como los motores utilizados en los sistemas de eyección de las aeronaves de combate.

PALABRAS CLAVE: CATALIZADORES, FERROCENOS, PROPULSANTE COMPUESTO

Introducción

Los catalizadores de combustión para propulsante compuesto pueden dividirse en sólidos y líquidos. Históricamente se utilizan los sólidos que son principalmente óxidos como los de hierro y cromito cúprico. Sin embargo es más conveniente utilizar catalizadores líquidos dado que permiten un mejor mezclado con los otros componentes de la formulación propulsante.

Dentro de los catalizadores líquidos, los derivados de ferroceno son los compuestos de elección a la hora de la preparación del propulsante compuesto.

El n-butil ferroceno, t-butil ferroceno y catoceno son los más comúnmente utilizados. Estos compuestos se obtienen a partir del ferroceno primero formando un cloruro de ácido, para luego efectuar la reducción del grupo carbonilo. A título orientativo, se ha reportado que los derivados de ferroceno pueden llegar a conferir un aumento de entre 30 y 70 % en la velocidad de combustión[1]. En nuestro Instituto se prepararon una serie de derivados de ferroceno como catalizadores de combustión en la década del ´80, aunque luego no fueron utilizados en vectores. Una de las causas es que estos derivados migran con el tiempo a la superficie del propulsante durante el almacenamiento prolongado. Esto produce combustión irregular del propulsante envejecido, lo cual debe evitarse. Para ello, una estrategia posible es la de incorporar el catalizador a la misma estructura del ligante polimérico que sirve de matriz para el propulsante. En este trabajo exploramos esta posibilidad, dentro de las varias que existen para reducir la migración durante el envejecimiento.

Luego de realizar un estudio de los antecedentes y en base a las capacidades actuales, se emprendió la síntesis en el laboratorio del 2,2´-bis- (etilferrocenil)-propano, ($C_{17}H_{22}Fe$), también conocido como "Catoceno". Entre las patentes encontradas en la Bibliografía, se relevó que los catalizadores de combustión sólidos más utilizados fueron los óxidos de metales de transición como el óxido férrico y el cromito cúprico. Luego del descubrimiento del ferroceno en la década del ´50, se desarrollaron los catalizadores de combustión ferrocénicos, de los cuales uno de los más representativos es el Catoceno sintetizado, los cuales fueron rápidamente adoptados[2 3].

Catalizadores de combustión: Catoceno

Se obtuvo entonces el Catoceno a partir de ferroceno en tres pasos sintéticos: primero la acetilación del ferroceno, luego su reducción a etil ferroceno para finalmente condensar el etil ferroceno con acetona y ácido sulfúrico. Además de sus propiedades de aumento de la velocidad de combustión, al ser líquido a temperatura ambiente, el Catoceno facilitará el mezclado y fluencia del propulsante, que es una de las etapas más críticas en la formulación de un cohete. Cabe mencionar que la concentración de catoceno no puede aumentarse a más de 3% en el propulsante, dado que luego aumenta la posibilidad de ignición accidental del mismo[4].

Reacciones de injertado

Del relevamiento realizado de las posibles reacciones de injertado, concluímos que la alternativa posible a seguir es la incorporación de un derivado de ferroceno a la cadena polimérica del ligante PBHT. El derivado que pudo ser obtenido es el 1,1´-dihidroxietilferroceno (DHEF), obtenido por reducción con borohidruro de sodio del 1,1´-diacetilferroceno. Dentro de la mezcla de glicoles, se propone agregar el DHEF de modo que también reaccione con la isoforona di-isocianato (IPDI) en la reacción de curado. De este modo, al estar el catalizador de combustión unido químicamente a la estructura del ligante, la migración desde el seno del propulsante a la superficie puede ser evitada[5].

---

1 Manship, T., Heister, S., O'Neil, P. (2012). Experimental Investigation of High-Burning-Rate Composite Solid Propellants. Journal of Propulsion and Power, 28(6), 1389–1398. doi:10.2514/1.B34559

2 Munson, W., Walker, R.; Mc Gee, L. (1977) Burning rate modifier effects on a high rate tactical propellant. 13th Propulsion Conference American Institute of Aeronautics and Astronautics, Orlando, EE.UU. doi:10.2514/6.1977-928

3 J. Liu, H. Yu, L. Wang, S. Vatsadze, Z. Huang, B. Amin A review on synthesis of Fe-based compounds and their properties as the burning rate catalysts for propellants, J. of Organometallic Chemistry, 2022, 980–981, 1 122514. DOI:10.1016/j.jorganchem.2022.122514

4 Boggs T. (1997) The Hazards of Solid Propellant Combustion. Int. J. Energetic Materials Chem. Prop. Vol 4. i1-6.280.

5 P. J. Swarts, M. Immelman, G. J. Lamprecht, S. E. Greyling, J. C. Swarts., S.-Afr.Tydskr.Ce., 1997, 50 (4).

Antecedentes sobre el tema en otros países latinoamericanos

En Chile, la síntesis de derivados de ferroceno conteniendo el grupo fenileno fue comenzada en el ámbito de universidades en 1987. Estos trabajos derivaron en publicaciones recientes sobre triazoil ferrocenos e indeno-fenilen ferrocenos, publicadas entre 2018 y 2019 con participación del Instituto de Investigaciones y Control del Ejército del país vecino[6]. En otro trabajo más sofisticado se sintetizó un metaloceno en base a rutenio en lugar de hierro y se probó como catalizador de combustión para propulsante compuesto[7]. En 2021 se publicó un extenso y detallado trabajo con una variedad de compuestos sándwich bimetálicos, lo que habla del avanzado grado de investigación alcanzado en el área de investigación en el laboratorio[8].

En Brasil se investigó en detalle con catalizadores de combustión sólidos (cromito cúprico) para aplicaciones en propulsante compuesto[9] [10]. Trabajos anteriores estudiaron las propiedades de descomposición térmica de derivados de ferroceno, aunque sin hacer referencia a su potencial uso en propulsantes[11]. La investigación en propulsantes sólidos viene de larga data acompañando el desarrollo del programa de cohetería desde la década del '70[12] [13] y acompañada en sinergia con las universidades.

Algunos estudios sobre propulsantes sólidos y diseño de cohetes fueron realizados en Colombia en el ámbito universitario[14], así como en México[15].

Conclusiones

De acuerdo al relevamiento realizado y en comparación con nuestros trabajos, sería posible seguir avanzando en la síntesis de catalizadores de combustión para propulsante compuesto con una esperable reducida o mínima migración durante el envejecimiento.

Fue posible sintetizar a escala de laboratorio un catalizador de combustión que es líquido a temperatura ambiente, de modo de facilitar operaciones como el mezclado y el vertido por fluencia en los tubos motores.

Finalmente, comparando con el grado de desarrollo en este tema específico en países vecinos, concluímos que es posible, con el apoyo necesario, poder alcanzar el grado de desarrollo similar en el área de investigación.

---

6 Norambuena Pinto A. Evaluación de un nuevo propelente derivado del perclorato de amonio, modificado con derivados de ferroceno, y su potencial aplicación en cohetería en el ejército Academia Politécnico MIliar-Boletín Científico, No 23, 2018-2019.

7 Dibdalli Y. y colab. (2022) Catalytic Effects of Ruthenocene Bimetallic Compounds Derived from Fused Aromatic Ring Ligands on the Main Oxidizing Agent for Solid Rocket Motor. J. Braz. Chem. Soc., Vol. 33, No. 5, 491-497.

8 Arroyo, J., Povea P., Faúndez R., Camarada, M., Cerda Cavieres, C., Abarca, G., Manriquez, J. M., Morales-Verdejo C. (2019) Journal of Organometallic Chemistry, DOI:10.1016/ j.jorganchem.2019.121020

9 Campos E.A., Dutra R.L., Rezende L., Farias Diniz M., Dio Nawa W., Iha K. (2010) Performance evaluation of commercial copper chromites as burning rate catalyst for solid propellants, J. Aerosp.Technol. Manag., São José dos Campos, Vol. 2, No3, pp. 323-330, Sept-Dic. doi: 10.5028/jatm.2010.02038010

10 Nunes Almeida, Luis E.; Martins, Aureomar; Gomes, Susane R.; Cunha, Flávio; Rocco, Jose A.; Iha, Koshun (2013). 49th AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference - Thermal Decomposition Kinetics Studies of Ammonium Perchlorate - HTPB /Al/AP Solid Propellants formulated with Iron Oxide burning rate catalyst in Nano and Micro scale.. doi:10.2514/6.2013-4088

11 A. C. de Souza; A. T. N. Pires; V. Soldi (2002). Thermal stability of ferrocene derivatives and ferrocene-containing polyamides. , 70(2), 405–414. doi:10.1023/a:1021664221582

12 Sciamareli, J.; Takahashi, Marta Ferreira Koyama; Teixeira, José Maria; Iha, Koshun (2002). Propelente sólido compósito polibutadiênico: I-influência do agente de ligação. Química Nova, 25(1), 107–110. doi:10.1590/s0100-40422002000100018

13 https://revistapesquisa.fapesp.br/es/aun-lejos-del-lanzamiento/. Visitado Julio 2024.

14 Contreras D., Roldán Torres (2020) Diseño conceptual de un cohete de tres etapas para transportar una carga útil de 200 kg a una órbita baja, Revista TECCIENCIA, Vol. 15, No. 29, 1-8, ISSN:1909-3667.

15 Cadavieco D., Palafox Lozano S., Sánchez Monteón R. Proyecto Tzacol, Universidad Marista de Guadalajara, México.

2.7

El impacto tóxico en la contaminación del ambiente con explosivos y sus productos de degradación

Por Paula G. D'Alessandro, Martín H. Costantini y Gerardo D. Castro

Resumen

Los compuestos químicos explosivos se liberan al ambiente durante la fabricación, el uso y la eliminación de municiones en distintos ámbitos y en todo el mundo. Las consecuencias para el ecosistema y la salud humana derivan de la contaminación de aguas subterráneas y superficiales, suelos y sedimentos, y del aire, a veces en concentraciones muy altas. Las estrategias para establecer riesgos tóxicos y objetivos de remediación están condicionadas por el conocimiento inadecuado del destino ambiental y de los efectos de estas sustancias en los ecosistemas acuáticos y terrestres. En nuestro país, si bien en una escala mucho menor que en otros, existen instalaciones y terrenos que presentan situaciones de contaminación ambiental por estas razones. Un caso de interés lo constituye la Fábrica Militar de Pólvoras y Explosivos "Azul", cuyo cierre en 2017 motivó la necesidad de evaluar pasivos ambientales luego de su desmantelamiento. El muestreo y los análisis químicos preliminares estuvieron a cargo de profesionales de CITEDEF, quienes procedieron a la toma de muestras de aguas (superficiales y de napa) y de suelos en el predio. A partir de este caso surgió la inquietud por realizar estudios más detallados para evaluar el impacto ambiental en ésta y otras instalaciones similares o de campos de tiro en distintos sitios del país. Para ello es relevante contar con medidas de biomonitoreo que puedan revelar el impacto tóxico en el ecosistema y predecir eventuales consecuencias para la población cercana (por ejemplo a través de la migración de contaminantes por las napas). Resulta necesario entonces desarrollar metodologías analíticas sensibles y específicas para la identificación y cuantificación de los tóxicos y sus productos de transformación en ese ambiente y también contar con modelos biológicos para la evaluación del impacto tóxico *in situ* o en el laboratorio con muestras provenientes de los sitios contaminados.

PALABRAS CLAVE: EXPLOSIVOS; IMPACTO AMBIENTAL; 2,4,6-TRINITROTOLUENO; RDX; BIOMONITOREO

Introducción

En la actualidad, es mucho el conocimiento acumulado sobre las interacciones entre los tóxicos y los sitios blancos que son críticos para la función y viabilidad de un organismo y, en última instancia, críticos para su vida. Aún así, también es mucho lo que no se sabe: sustancias nuevas, exposiciones inesperadas, el problema de las mezclas de sustancias, los condicionamientos que impone el entorno biológico y, lo más importante, la interacción de todos estos factores modulando el efecto tóxico que revela la patología en cuestión. Las implicancias prácticas de este conocimiento (o de la necesidad de obtenerlo) son enormes y alcanzan a muchos campos de la vida humana: alimentación, salud, trabajo, en fin, todo aquello que conforma el ambiente humano. La toxicología regulatoria (aquella que en cada ámbito fija los límites para una exposición segura mediante normas) se nutre de la información generada desde la investigación experimental y la epidemiología (Castro, 2011). Estas dos a su vez requieren de la comprensión lo más certera posible de que es lo que el tóxico hace y cómo esto puede variar en función de otras variables (Castro, 2013). La relevancia de este conocimiento sobre una sustancia potencialmente tóxica puede visualizarse en ámbitos tan diversos como el folleto que acompaña a un medicamento, en las regulaciones sobre el uso de aditivos alimentarios, en las tolerancias para contaminantes en atmósferas laborales, o en los límites permitidos para residuos de plaguicidas en distintas matrices o de contaminantes naturales en aguas, suelos o aire (Castro, 2023). En el ambiente humano frecuentemente se da la exposición a una mezcla compleja de variables y de sustancias potencialmente tóxicas. Algunas pueden ser moduladas o controladas por el propio sujeto, otras tantas requerirán de la intervención de instancias de regulación y de control. Cualquier análisis de riesgo para la salud humana (y del ambiente en general) debe hacerse en un sentido lo más abarcador posible, puesto que en todos los escenarios habrá sustancias que pueden ser tóxicas o modular la toxicidad de otras, condiciones predisponentes, etc., y el individuo es uno solo. La investigación es crítica entonces para la correcta (o mejor ajustada) comprensión del impacto tóxico (Navarro, Costantini y Castro, 2023).

Los compuestos químicos explosivos se liberan al ambiente durante la fabricación, el manejo, el uso y la eliminación de municiones en sitios militares o en la industria que fabrica o utiliza explosivos, en todo el mundo. Las consecuencias para el ambiente y la salud humana derivan de la contaminación de aguas subterráneas y superficiales, suelos y sedimentos, a veces en concentraciones extremadamente altas. En todo el mundo, los suelos están contaminados por dichos compuestos ya sea debido a operaciones de fabricación, actividades militares, conflictos de diferentes niveles, quema abierta/detonación abierta, vertido de municiones, etc. (United States Army Environmental Command under contract with the United States Army Corps of Engineers, 2019). Los explosivos como el 2,4,6-trinitrotolueno (TNT) y la hexahidro-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazina (RDX) y sus productos de degradación suelen descomponerse lentamente en muchas matrices ambientales, por lo que producen contaminación a largo plazo en los sitios donde fueron liberados. El TNT fue el explosivo producido más abundantemente en todo el mundo y se liberó a las aguas superficiales y subterráneas principalmente a partir de la escorrentía y la lixiviación desde las áreas de almacenamiento, eliminación y desde las lagunas receptoras de efluentes en la producción de municiones y plantas de procesamiento. El compuesto de ciclonitramina RDX es una de las municiones más potentes y de uso más común y se ha liberado en los flujos de desechos generados durante las actividades de fabricación y procesamiento, lixiviación de lagunas de almacenamiento y áreas de entierro, y de operaciones de desmilitarización. RDX tiene un coeficiente de absorción más bajo en la capa superior del suelo y se encuentra más comúnmente en aguas subterráneas en comparación con el TNT.

Respecto de la interacción de los explosivos con el suelo y el agua puede agregarse que existe un patrón de interacción definido entre el contenido del suelo y los tipos de suelo con los materiales ex-

plosivos dependiendo de su naturaleza química. Por ejemplo, la distribución de TNT y sus productos degradados tienen una interfaz de reacción específica con la materia orgánica particulada, la materia orgánica del suelo disuelta y los compuestos libres, tal como pudo estudiarse con experimentos de equilibrio y cinética controlados. Varios trabajos sugirieron la importancia de los grupos funcionales y su control en las isotermas de adsorción y el mecanismo de partición hidrofóbica relacionado con TNT (Chatterjee, Deb, Datta, Walther y Gupta, 2017). También fue evidente en distintos estudios que la degradación reductiva biótica y abiótica en el suelo ayuda a la formación de derivados de TNT que potencialmente contaminan el agua dulce o el suelo mediante lixiviación continua junto con los componentes orgánicos. Se observó que el TNT y su producto de degradación 4-amino-2,6-dinitrotolueno se acoplan oxidativamente con la materia orgánica del suelo como monómeros húmicos (cosustrato) y fenol-oxidasas (biocatalizadores) en un mecanismo de reacción de dos pasos. El monómero húmico se oxida inicialmente a un radical semiquinona mediante una fenol-oxidasa seguido por un acoplamiento oxidativo con monómeros húmicos adicionales o productos anilínicos derivados del TNT, formando una anilinoquinona mediante adición nucleofílica o una benzoquinona-imina mediante condensación (Wang, Thiele y Bollag, 2002). Al mismo tiempo que se deduce la potencial toxicidad derivada de estas transformaciones químicas, esto abre la posibilidad para una remediación efectiva del explosivo y sus productos de degradación por el mismo suelo si se dan las condiciones adecuadas. En otro trabajo pudo determinarse que el agua era casi completamente efectiva para la remediación de suelos contaminados con TNT (12% p/p TNT en suelo). Los porcentajes de destrucción de TNT oscilaron entre 98 y 100%, donde el paso limitante del proceso y la matriz del suelo gobiernan la extracción/difusión de moléculas de TNT desde el núcleo del suelo hasta la superficie del suelo para su degradación (Kalderis, Hawthorne, Clifford y Gidarakos, 2008). La movilidad y biodisponibilidad del TNT también se pueden alterar utilizando fosfatos. (Jung y Nam, 2014).

Es así entonces que los desafíos para establecer riesgos ecológicos y objetivos de remediación en sitios contaminados existen generalmente debido al conocimiento incompleto del destino ambiental y de los efectos de los explosivos en los ecosistemas acuáticos.

Se sabe que los explosivos y varios compuestos relacionados causan una variedad de efectos adversos en los animales. Se han informado efectos a nivel de organismo en un número relativamente pequeño de especies acuáticas. El destino de los explosivos y compuestos relacionados en peces e invertebrados acuáticos es poco conocido. Los explosivos tienen bajo potencial de bioacumulación en animales como podría esperarse debido a su baja hidrofobicidad. Además, investigaciones recientes revelaron que el TNT que ingresa a los animales sufre transformaciones químicas importantes y que la bioacumulación de los productos de descomposición generalmente excede la del compuesto original en los tejidos (Bannon y Williams, 2015; Johnson y Reddy, 2015).

En general, el TNT se descompone por biodegradación en el agua pero a velocidades mucho más lentas que con la fotólisis. En aguas superficiales, el TNT se degrada por fotólisis y tiene una vida media de media hora a muchas horas, generando productos oxidados y algún compuesto azoico. La vida media biológica del TNT es mucho más larga, variando desde varias semanas a seis meses. Los productos de la degradación biológica del TNT en agua, suelo o sedimentos incluyen compuestos parcialmente reducidos (aminas aromáticas). La absorción se produce en superficies de sustancias húmicas, iones metálicos (óxidos e hidróxidos) y microbios. La sorción puede ocurrir principalmente mediante partición hidrófoba, enlaces de hidrógeno, intercambio iónico y quimisorción. El grado de partición entre soluto y sorbente depende de las propiedades fisicoquímicas y de factores ambientales (Chatterjee, Deb, Datta, Walther y Gupta, 2017). Pero la degradación no significa necesariamente la pérdida de toxicidad. De hecho, se conocen efectos tóxicos derivados del "envejecimiento" de los explosivos en condiciones experimentales y de campo (Best, Tatem, Geter, Wells y Lane, 2009).

Este trabajo enfoca su interés en aquellos explosivos de uso más extensivo y con más historia en el ambiente, como el TNT y las nitraminas. No debe ignorarse sin embargo que otras fórmulas químicas están siendo desarrolladas o utilizadas desde hace algunos años y que, como es de esperar, comienzan a generar algún impacto de toxicidad en el ambiente. Tal es el caso de las denominadas municiones insensibles (Kennedy et al., 2017; Qin et al., 2021). Tampoco es menor la preocupación por el impacto sobre el ambiente y la salud humana derivado de la enorme cantidad de material bélico hundido en los mares del mundo desde que los explosivos se utilizan en los grandes conflictos bélicos (Barbosa, Asselman y Janssen, 2023).

A propósito de un caso

En nuestro país, si bien en una escala mucho menor que en otros, existen instalaciones y terrenos en la órbita del MINDEF que presentan situaciones de contaminación ambiental por las razones descritas arriba. El caso de interés más reciente lo constituye la Fábrica Militar de Pólvoras y Explosivos "Azul" (FANAZUL), cuyo cese de actividades a fines de 2017 motivó la necesidad de evaluar pasivos ambientales luego de su desmantelamiento (CITEDEF, 2019). El interés por el tema del impacto ambiental relacionado con la operación de esta planta de fabricación de explosivos era anterior. Nuestro instituto había realizado un detallado estudio de impacto ambiental previamente (CITEFA, 1999), que incluso motivó la realización de dos trabajos académicos posteriores (Fernández, 1999; Fuchs, 2017). En ambas campañas desarrolladas por CITEDEF las tareas de muestreo y análisis químicos estuvieron a cargo del Departamento de Química Aplicada, midiendo contaminantes en muestras de aguas (superficiales y de napa) y de suelos en el predio (CITEDEF, 2019; CITEFA, 1999).

El estudio de impacto ambiental realizado a fines de la década de los 90 fue exhaustivo y dirigido con el fin de dar cumplimiento a la Ley 11.459 de Radicación Industrial de la Provincia de Buenos Aires y su Decreto Reglamentario Nº 1.741/96 y de este modo poder obtener el Certificado de Aptitud Ambiental para esta fábrica (CITEFA, 1999). Sus objetivos pueden resumirse en lo siguiente: 1) Identificar, predecir, ponderar y comunicar los efectos e impactos que genere la actividad de FANAZUL sobre el ambiente y la salud humana; 2) Establecer las medidas de mitigación para los impactos negativos y un cronograma de correcciones y adecuaciones; y 3) Establecer un programa de monitoreo ambiental. Se estudiaron los aspectos vinculados con los recursos aire, agua y suelo, higiene y seguridad, peligro explosivo y la gestión de los residuos, analizando la probabilidad que la operación de esta planta química modificara la calidad de las condiciones ambientales. En los casos en los que se identificaron efectos sobre el ambiente, se estableció la relevancia de los mismos en términos de la duración del impacto, magnitud y la zona afectada (CITEFA, 1999).

En el estudio más reciente el objetivo fue identificar, muestrear y analizar aquellas zonas de la planta donde se consideraba que podía haber pasivos ambientales. En agua de varios pozos testigo se evidenció la presencia de nitratos y sulfatos en concentraciones superiores al límite establecido para aguas naturales del acuífero de la zona circundante al establecimiento. En suelos también se detectó la presencia de metales como plomo y cinc, hidrocarburos de petróleo, TNT y otros productos nitrados así como de sulfatos (Figura 1) (CITEDEF, 2019).

Impacto tóxico y biomonitoreo

Existe evidencia abundante sobre el impacto tóxico de los explosivos de uso más común. La bibliografía reporta efectos agudos y crónicos en especies tan variadas como invertebrados, animales superiores, humanos y plantas (Bannon y Williams, 2015; Johnson y Reddy, 2015).

El análisis químico reveló una fuerte contaminación de TNT y sus productos de degradación 2-amino-4,6-dinitrotolueno y 4-amino-2,6-dinitrotolueno en alevines de salmón del Atlántico. El sal-

FIGURA 1. TOMA DE MUESTRAS DE SUELOS Y AGUAS EN FANAZUL EN OPORTUNIDAD DE LA CAMPAÑA DE MUESTREO 2018-2019.

món absorbe fácilmente más productos de degradación en comparación con el TNT nativo. No debería extrañar que este comportamiento fuese común a otros peces, que podrían exponerse no solo de manera directa sino también por la cadena trófica desde otros organismos expuestos (Chatterjee, Deb, Datta, Walther y Gupta, 2017; Houston y Lotufo, 2005). También se observó toxicidad por TNT en ensayos con la lombriz de tierra realizados en nuestro país (Fuchs et al., 2001, 2011; Fuchs, Formosa Lemoine y Castro, 2023). Por su parte, las nitraminas HMX (octahidro-1,3,5,7-tetranitro-1,3,5,7-tetrazocina) y RDX no fueron letales para las lombrices de tierra, pero causaron disminución de la biomasa y la fertilidad junto con el TNT (Robidoux et al., 2000). El TNT es un mutágeno potente y un carcinógeno humano del Grupo C (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 1995; United States Environmental Protection Agency, 2017a). Estudios de mutagenicidad utilizando TNT y sus metabolitos en cepas de Salmonella, demostraron que el TNT es mutagénico y que algunos de sus metabolitos son más mutagénicos que el propio explosivo. La toxicidad de TNT y el RDX para los anélidos tiene una relación con el tipo de suelo, la textura, el rango de parámetros fisicoquímicos, el contenido de materia orgánica del suelo (el principal factor mitigante de la toxicidad del TNT), etc. (Chatterjee, Deb, Datta, Walther y Gupta, 2017). La toxicidad de RDX resultó mayor en los suelos franco-arenosos de textura gruesa en comparación con los suelos franco-arcillosos de textura fina. El metabolismo bacteriano de las nitraminas conduce a la formación de compuestos con la función orgánica N-nitroso (Fuller et al., 2016), lo cual puede explicar su toxicidad en estos organismos al mismo tiempo que el potencial tóxico en animales y humanos expuestos ambientalmente a este tipo de explosivos.

Se ha observado también que el TNT causa toxicidad en animales superiores, incluidos los roedores. La exposición al TNT y sus productos de degradación en ratas alteran el patrón de expresión genética en relación con diferentes vías, como la respuesta al estrés oxidativo, la señalización del receptor de aril hidrocarburos y el metabolismo de xenobióticos por el citocromo P450. Por su parte, los efectos de RDX en ratas generalmente se caracterizan por convulsiones asociadas con congestión en el tracto gastrointestinal y los pulmones (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2012; United States Environmental Protection Agency, 2017b).

En los humanos, las principales vías de exposición durante la fabricación del TNT son la inhalación de polvo y la ingestión y absorción dérmica de partículas; los efectos significativos para la salud pueden incluir atrofia hepática y anemia aplásica. Existe una evidencia limitada con respecto a la carcinogenicidad del TNT para humanos; la EPA le ha asignado una clasificación cancerígena de peso de evidencia de C (posible carcinógeno humano). Esto no debe extrañar a la luz de que tanto los precursores con menor grado de nitración así como los metabolitos reducidos (aminas aromáticas) son carcinógenos conocidos. Por otra parte, los resultados de estudios con modelos animales experimentales indicaron el desarrollo de graves efectos en el sistema reproductivo. En el hígado, el TNT se transforma en varias sustancias diferentes, algunas no identificadas. La mayoría de estas sustancias viajan en la sangre hasta los riñones y abandonan el cuerpo en la orina (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 1995; United States Environmental Protection Agency, 2017a).

Respecto del impacto sobre microorganismos del suelo, se ha estudiado la capacidad de varias especies y consorcios para degradar al TNT (Marín Catacora, Duran Ramírez, Ramírez Roca y Castillo Cotrina, 2017; Villegas Plazas, 2014). Pero es interesante tener en cuenta que hay un efecto recíproco, esto es, la toxicidad observada en muchos de ellos y la modificación del destino ambiental de los compuestos por esta causa. Se ha descrito por ejemplo la inhibición por TNT de la degradación anaeróbica de RDX y HMX en suelos contaminados que contienen poblaciones microbianas autóctonas (Sagi-Ben Moshe et al., 2009). La biodegradación de RDX o HMX solos fue notablemente más rápida que su degradación en una mezcla con TNT, lo que implica una inhibición de la biodegradación por parte de este último. El retraso provocado por la presencia del TNT continuó incluso después de su desaparición y estuvo relacionado con la presencia de su intermediario azoico, el tetranitro azoxitolueno. El análisis por técnicas de biología molecular de cultivos derivados del suelo indicó una clara reducción en la biomasa y diversidad microbiana al aumentar la concentración de TNT. Se propuso que el mecanismo de inhibición de TNT implica un efecto citotóxico sobre la población microbiana que degrada a las nitraminas RDX y HMX. Por lo tanto, la inhibición causada por el TNT en el suelo más activo biológicamente puede iniciar un transporte rápido de RDX y HMX al subsuelo y al agua subterránea menos activos (Sagi-Ben Moshe et al., 2009).

Muy interesante también es el impacto de la contaminación con explosivos sobre la vegetación. La bibliografía consultada da cuenta que, efectivamente, las fracciones biodisponibles en el suelo son absorbidas por el cuerpo del vegetal. Una vez en el cuerpo de la planta, los compuestos explosivos resultan altamente fitotóxicos e inducen una gama amplia de respuestas, tanto morfológicas como fisiológicas (Via y Manley, 2023; Via y Zinnert, 2016). Se conocen bien las respuestas morfológicas de las plantas a los contaminantes explosivos, no siendo lo mismo para los impactos fisiológicos. Las respuestas al estrés de las plantas expuestas a explosivos reflejan la acumulación de toxinas en los tejidos. La nitroglicerina y el RDX se mueven rápidamente hacia las hojas, dañando significativamente los tejidos y estructuras de las mismas y afectando negativamente la fotosíntesis y el intercambio de gases. En cambio, el TNT se acumula fuertemente en los tejidos de las raíces causando daños físicos significativos e interrumpiendo tanto la función fotosintética como las relaciones hídricas. Lo que es único de los compuestos explosivos en comparación con otros xenobióticos, o incluso con factores estresantes naturales, es que las respuestas al estrés que inducen no siempre siguen el patrón típico. El trinitrotolueno es muy tóxico para las plantas terrestres, afectando la tasa de germinación, la disminución de la biomasa vegetal y provocando el crecimiento anormal; teniendo estas características una correlación positiva con el aumento de la concentración del explosivo (Chatterjee, Deb, Datta, Walther y Gupta, 2017). Estudios que caracterizaron las fases solubles en agua de lodos que contienen TNT en relación con la concentración del mismo y los efectos de fitotoxicidad sugirieron que las pruebas de germinación y elongación de raíces de estas fases tenían un efecto fitotóxico específico

de cada especie. En el caso del RDX, incluso en concentraciones más altas, no afectó la germinación de las semillas; sin embargo, en plantas expuestas al RDX se han detectado muchos efectos adversos sobre el desarrollo, como simetría bilateral atípica, hojas bifurcadas y fusionadas, márgenes de hojas irregulares y curvos y raíces poco desarrolladas, que son indicativos claros de teratogenicidad (Chatterjee, Deb, Datta, Walther y Gupta, 2017). Se hace notar que con el avance de herramientas analíticas como la teledetección, las investigaciones futuras podrán obtener una mayor comprensión de estas y otras interacciones de las plantas químicas con su ambiente, teniendo una valoración más comprehensiva. Este enfoque resultará necesario para comprender las diversas respuestas de estrés fisiológico y morfológico que la vegetación puede exhibir en presencia de RDX y TNT. Parece claro que las respuestas al estrés actúan como filtros fisiológicos que facilitan la proliferación de especies tolerantes y la extirpación de especies intolerantes. Los contaminantes alteran la composición de la comunidad a medida que afectan de manera diferente a las plantas en cada etapa de la vida (es decir, germinación, juvenil, adulto), modificando posteriormente los procesos del ecosistema a mayor escala.

A partir del caso testigo de FANAZUL, surgió en CITEDEF la inquietud de realizar estudios más detallados para evaluar el impacto ambiental de ésta y otras instalaciones similares o de campos de tiro en distintos sitios del país. En tal contexto es relevante realizar medidas de biomonitoreo que puedan revelar algún impacto en el ecosistema del lugar y por supuesto, eventuales consecuencias para la población cercana (a través por ejemplo de la migración de contaminantes por las napas de donde se surten las fuentes de agua potable) (Ares, Chagas y Varni, 2014; Barranquero et al., 2016; CITEFA, 1999).

Para llevar a cabo este cometido resulta necesario no solamente desarrollar o poner a punto metodologías analíticas sensibles y específicas para la identificación/cuantificación de los tóxicos y sus productos de transformación en el ambiente, sino también, desarrollar modelos biológicos para la

FIGURA 2. LAS CAPACIDADES EXISTENTES EN CITEDEF PARA EL BIOMONITOREO COMPRENDEN UN BIOTERIO ESPECIALIZADO PARA LA CRÍA DE LOMBRICES DE TIERRA Y ENSAYOS DE TOXICIDAD CON ÉSTAS, LABORATORIOS DE QUÍMICA, BIOQUÍMICA E HISTOLOGÍA, ADEMÁS DE EQUIPAMIENTO ANALÍTICO COMPLEJO.

evaluación del impacto tóxico *in situ* o al menos en el laboratorio con muestras provenientes de los sitios contaminados (Figura 2).

Un enfoque posible para la evaluación del pasivo ambiental (desde lo toxicológico) comprendería el estudio de los efectos por la exposición al TNT y otros explosivos envejecidos en el suelo en organismos blanco que representen por ejemplo dos niveles tróficos (ej. una especie vegetal local o modelo y algún invertebrado del suelo). Estos datos pueden utilizarse para definir criterios o valores de referencia para la gestión ambiental y la realización de evaluaciones de riesgo específicas. En estos ensayos se realizarían exposiciones prolongadas para evaluar la toxicidad subletal y la absorción de los explosivos envejecidos de esos suelos. En estas pruebas, los organismos serían evaluados a través de medidas variadas, la mayor parte en manos de nuestro laboratorio (como la histología/histoquímica y las determinaciones bioquímicas relacionadas con estrés oxidativo o el ensayo cometa para revelar daño genético) así como la identificación/cuantificación de especies químicas presentes en las muestras de agua y suelo y en los propios organismos (Fuchs, Formosa Lemoine y Castro, 2023).

Conclusiones y perspectivas

En un mundo donde la vida se ha vuelto muy dependiente de la interacción con sustancias químicas (los llamados "xenobióticos" presentes en alimentos, fármacos, indumentaria, vivienda, trabajo, etc., ya sea intencionalmente o como contaminantes), las consecuencias para la salud o los ecosistemas aparecen frecuentemente como una limitación para su uso. Por otra parte, algunos de estos efectos deletéreos no son reconocibles fácilmente en los bioensayos que se realizan durante los procesos de validación de los productos químicos.

En este sentido resulta que la comprensión de los mecanismos de la toxicidad de las sustancias químicas constituye una herramienta poderosa para reconocer una intoxicación en curso así como también para anticipar un riesgo durante el desarrollo de un producto. El problema cuando se estudia el mecanismo de acción tóxica de una sustancia es que no siempre el sitio blanco del daño es definido o único, y que, entre las alteraciones evidentes en la bioquímica celular no todas tienen una vinculación directa con las consecuencias. Dicho de otro modo, la ocurrencia de fenómenos medibles en el entorno celular no significa necesariamente que éstos tengan la misma relevancia en relación con la injuria tóxica (Castro, 2023). La comprensión de un proceso tóxico en un ambiente donde sean varias las especies impactadas es mucho más difícil y es entonces cuando se hace más clara la necesidad de un biomonitoreo a la vez específico pero abarcador para caracterizar el caso (Bannon y Williams, 2015; Castro, 2023; Johnson y Reddy, 2015). Decir que algo es plausible significa que es coherente con el conocimiento acumulado en el dominio pertinente al fenómeno que se intenta explicar, con independencia de si existe o no, evidencia directa que lo confirme. La toxicología experimental puede contribuir para esclarecer estas cuestiones y los temas que se analizan en este trabajo no son la excepción (Castro, 2023).

En la Agenda 2024-2027 de la Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología se ha propuesto a la industria para la Defensa como una prioridad temática y sectorial. A su vez, esta es atravesada por una agenda de "sostenibilidad ambiental y gestión de residuos". De eso se trata: identificar los problemas, dimensionarlos y buscar las soluciones. Esta línea de investigación apunta a que nuestro instituto pueda aportar buscando las soluciones. (Navarro, Costantini y Castro, 2023)

Agradecimientos: Proyecto de Investigación PDTS 2024-2025 (FIE-UNDEF). Al soporte de financiación de CITEDEF y UNIDEF (MINDEF-CONICET).

Referencias

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (1995). Toxicological profile for 2,4,6-trinitrotoluene. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2012). Toxicological profile for RDX. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.
- Ares, M.G., Chagas, C.I., Varni, M., (2014). Respuesta hidrológica de cuencas de diferentes tamaños ubicadas en la pampa serrana y en la pampa ondulada. *Ciencia del Suelo (Argentina),* 32, 117-127.
- Bannon, D.I., Williams, L.R. (2015). Wildlife Toxicity Assessment for 1,3,5-Trinitrohexahydro-1,3,5-Triazine (RDX). En: Williams, M.A., Reddy, G., Quinn Jr., M.J., Johnson, M.S. (Eds.), *Wildlife Toxicity Assessments for Chemicals of Military Concern* (53-86). Amsterdam: Elsevier.
- Barbosa, J., Asselman, J., Janssen, C.R. (2023). Synthesizing the impact of sea-dumped munition and related chemicals on humans and the environment. *Marine Pollution Bulletin*, 187, 114601.
- Barranquero, R.S., Varni, M.R., Pardo, R., Vega, M., Zabala, M.E., Ruiz de Galarreta, V.A., (2016). Propuesta para el estudio comparativo del recurso hídrico subterráneo. Ejemplo de caso: cuencas de los arroyos Langueyú y Del Azul. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente,* 37, 45-56.
- Best, E.P.H., Tatem, H.E., Geter, K.N., Wells, M.L., Lane, B.K. (2009). Effects, uptake, and fate of 2,4,6-trinitrotoluene aged in soil in plants and worms. *Environmental Toxicology and Chemistry,* 27, 2539-2547.
- Castro, G.D. (2011). Epidemiología molecular: La contribución de la química a la prevención de enfermedades de origen ambiental. En: Galagovsky L. (Dir.), *Química y Civilización* (121-130). Buenos Aires: Asociación Química Argentina.
- Castro, G.D. (2013). Dependencia de la dosis en los mecanismos de toxicidad y la evaluación de riesgo en toxicología. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana,* 47, 561-585.
- Castro, G.D. (2023). El aporte de la toxicología experimental a la evaluación de riesgo tóxico y el desarrollo de tratamientos para las intoxicaciones. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana,* 57, 107-120.
- Chatterjee, S., Deb, U., Datta, S., Walther, C. y Gupta, D.K. (2017). Common explosives (TNT, RDX, HMX) and their fate in the environment: Emphasizing bioremediation. *Chemosphere*, 184, 438-451.
- CITEDEF. (2019). Informe final. ESTUDIO AMBIENTAL FM AZUL. OT 03 NAC 032/18.
- CITEFA. (1999). FANAZUL: Evaluación de impacto ambiental.
- Fernández, L.F. (1999). *Riesgos toxicológicos en las emergencias derivadas de la producción y empleo de productos explosivos de interés civil y militar*. Tesis de Maestría en Emergencias Químicas. Universidad Nacional de General San Martín, San Martín, Argentina.
- Fuchs, J.S. (2017). *Estudios de biomonitoreo y biorremediación de una planta de explosivos*. Tesis de Doctorado. Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.
- Fuchs, J.S., Formosa Lemoine, F., Castro, G.D. (2023). Cambios histológicos y morfométricos en la lombriz de tierra inducidos por la exposición al explosivo TNT (2,4,6-trinitrotolueno). *Acta Toxicológica Argentina,* 31(Suple), 102.
- Fuchs, J., Piola L., González, E.P., Oneto, M.L., Basack, S., Kesten, E. y Casabé, N. (2011). Coelomocyte biomarkers in the earthworm Eisenia fetida exposed to 2,4,6-trinitrotoluene (TNT). *Environmental Monitoring and Assessment*, 175, 127-137.
- Fuchs, J.S., Oneto, M.L., Casabé, N.B., Gómez Segura, O., Tarulla, R., Vaccarezza, M., Sánchez-Rivas, C., Kesten, E.M. y Wood, E.J. (2001). Ecotoxicological characterization of a disposal lagoon from a munition plant. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 67, 696-703.

> Fuller, M., Heraty, L., Condee, C., Vainberg, S., Sturchio, N., Bohlke, J., Hatzinger, P. (2016). Relating carbon and nitrogen isotope effects to reaction mechanisms during aerobic and anaerobic degradation of hexahydro-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazine (RDX) by pure bacterial cultures. *Applied and Environmental Microbiology*, 82, 3297-3309.
> Houston, J.G., Lotufo, G.R. (2005). Dietary exposure of fathead minnows to the explosives TNT and RDX and to the pesticide DDT using contaminated invertebrates. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2, 286-292.
> Johnson, M.S., Reddy, G. (2015). Wildlife Toxicity Assessment for 2,4,6-Trinitrotoluene (TNT). En: Williams, M.A., Reddy, G., Quinn Jr., M.J., Johnson, M.S. (Eds.), *Wildlife Toxicity Assessments for Chemicals of Military Concern* (25-51). Amsterdam: Elsevier.
> Jung, J.W., Nam, K. (2014). Mobility and bioavailability reduction of soil TNT via sorption enhancement using monopotassium phosphate. *Journal of Hazardous Materials*, 275, 26-30.
> Kalderis, D., Hawthorne, S.B., Clifford, A.A., Gidarakos, E. (2008). Interaction of soil, water and TNT during degradation of TNT on contaminated soil using subcritical water. *Journal of Hazardous Materials*, 159, 329-334.
> Kennedy, A.J., Poda, A.R., Melby, N.L., Moores, L.C., Jordan, S.M., Gust, K.A., Bednar, A.J. (2017). Aquatic toxicity of photo-degraded insensitive munition 101 (IMX-101) constituents. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 36, 2050-2057.
> Marín Catacora, C., Duran Ramírez, Y., Ramírez Roca, P., Castillo Cotrina, D. (2017). Degradación aeróbica de TNT (2,4,6-trinitrotolueno) por un consorcio bacteriano aislado de ambientes contaminados. *Ciencia & Desarrollo*, 16, 20-28.
> Navarro, Á.R., Costantini, M.H., Castro, G.D. (2023). El impacto de la contaminación ambiental en la salud pública. En: Bidiña, A., Blesa, M.A., Fernández Niello, J., Gutti, P., Jacovkis, P., Semorile, L. (Eds.), *¿En qué conurbano queremos vivir?* (218-253), Buenos Aires: Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias.
> Qin, C., Abrell, L., Troya, D., Hunt, E., Taylor, S., Dontsova, K. (2021). Outdoor dissolution and photodegradation of insensitive munitions formulations IMX-101 and IMX-104: Photolytic transformation pathway and mechanism study. *Chemosphere*, 280, 130672.
> Robidoux, P.Y., Svendsen, C., Caumartin, J., Hawari J., Ampleman, G., Thiboutot, S., Weeks J.M., Sunahara, G.I. (2000). Chronic toxicity of energetic compounds in soil determined using the earthworm (Eisenia andrei) reproduction test. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 19, 1764-1773.
> Sagi-Ben Moshe, S., Ronen, Z., Dahan, O., Weisbrod, N., Groisman, L., Adar, E., Nativ R. (2009). Sequential biodegradation of TNT, RDX and HMX in a mixture. *Environmental Pollution*, 157, 2231-2238.
> United States Army Environmental Command under contract with the United States Army Corps of Engineers. (2019). Final Fourth Five-Year Review Report. Former Joliet Army Ammunition Plant Will County, Illinois.
> United States Environmental Protection Agency. (2017a). Technical Fact Sheet–2,4,6-Trinitrotoluene (TNT). EPA 505-F-17-009.
> United States Environmental Protection Agency. (2017b). Technical Fact Sheet – Hexahydro-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazine (RDX). EPA 505-F-17-008.
> Via, S.M., Manley, P.V. (2023). Effects of major munitions compounds on plant health and function. En: Husen A. (Ed.). *Plants and Their Interaction to Environmental Pollution* (309-332). Amsterdam: Elsevier.
> Via, S.M., Zinnert, J.C. (2016). Impacts of explosive compounds on vegetation: A need for community scale investigations. *Environmental Pollution*, 208 (Pt B), 495-505.

> Villegas Plazas, S.M. (2014). *Aislamiento de microorganismos degradadores de 2,4,6-trinitrotolueno (TNT) a partir de ambientes contaminados con explosivos.* Tesis de grado en Microbiología Industrial. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
> Wang, C.J., Thiele, S., Bollag, J.M. (2002). Interaction of 2,4,6-trinitrotoluene (TNT) and 4-amino-2,6-dinitrotoluene with humic monomers in the presence of oxidative enzymes. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 42, 1-8.

2.8

La radio definida por software (SDR) como herramienta para integrar la guerra electrónica y la ciberguerra en la capacitación del personal

Por el CR Com (R) OIM Rafael Olivieri (*)
Co-autores: CR Com (R) OIM Adrián Buscaglia, Ing. Ignacio Raffo Triaca
e Ing. Ignacio Omaechavarría

Temario

Introducción.
Desarrollo y propuesta.
Componentes de Software.
Software probado.
¿Qué podemos hacer con estas herramientas?
Conclusiones.

Resumen

La Ciberguerra se ocupa de asegurar el propio uso del ciberespacio y de negar su uso al enemigo u oponente mediante el software y las redes de datos en genera, y podemos decir que su dominio es el ciberespacio, mientras que la Guerra Electrónica (EW)[1] hace lo propio en el espectro electromagnético, siendo éste su dominio.

Pero sabemos que muchas redes emplean el espectro electromagnético, y vemos aquí un nexo entre ambos dominios. Por lo tanto existe una posibilidad de colaboración entre la ciberguerra y la guerra electrónica, tanto en el ataque como en la defensa.

Desafortunadamente existen diferencias importantes que impiden la integración o al menos la colaboración entre ambos dominios. No hay muchos expertos que operen en los dos dominios, la ciberguerra está en el ámbito de la informática mientras que la guerra electrónica dentro de la electrónica y las comunicaciones.

1 Electronic Warfare – EW.

Los sistemas de radio definidos por software (SDR)[2] se basan en interfaces de software y computadoras. Las funciones que desarrollaban los circuitos electrónicos se hacen por software y los avances son mayores. Mientras que las redes de datos emplean cada vez más el espectro electromagnético, y, por lo tanto, los sistemas basados en SDR ofrecen un enorme potencial para fomentar la colaboración ciberguerra – guerra electrónica.

Queda entonces proponer proyectos que promuevan esa integración, en principio basados en software libre y dispositivos de bajo costo. El principal rédito de ésto es el incremento en el nivel de capacitación del personal, que estará en mejores condiciones de crear medidas y contramedidas en un entorno cada vez más innovador y cambiante.

El resultado será un mejor nivel de entrenamiento y personal preparado para responder en un escenario que presenta indistintamente a la guerra electrónica y a la ciberguerra en forma común.

PALABRAS CLAVE: SOFTWARE DEFINED RADIO – RADIO DEFINIDA POR SOFTWARE (SDR). CIBERGUERRA. CIBERDEFENSA. GUERRA ELECTRÓNICA. ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO. CIBERESPACIO.

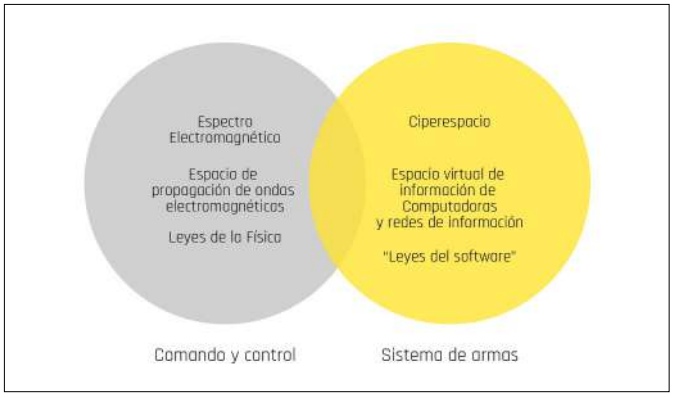
Introducción

La guerra electrónica se desarrolla en el espectro electromagnético, mientras que la ciberguerra lo hace en el ciberespacio. Ambas desarrollan actividades defensivas, para proteger los recursos propios, y ofensivas para negar el empleo de los espacios (espectro electromagnético y ciberespacio) al enemigo u oponente.

Lo mismo podemos decir del desarrollo de actividades pasivas, no detectadas por el enemigo u oponente, destinadas a obtener información, y activas, que involucran el ataque a los sistemas del enemigo u oponente.

En consecuencia, ambas actividades son similares, y además comparten factores comunes, como el software y el espectro electromagnético.[3]

FIGURA 1: ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO Y CIBERESPACIO



Se ha divulgado ya el uso de sistemas de radio definidos por software (SDR) para empleo educativo y también se ha propuesto como un medio para permitir a los profesionales cibernéticos y de EW comprender mejor las similitudes y diferencias entre ambos dominios e identificar formas de colaboración.

SDR presenta la oportunidad más importante, que es la posibilidad de proporcionar a todos

2 Software Defined Radio – SDR.

3 TEC1000 – edición 2024 "La Guerra Electrónica y la Ciberguerra en el conflicto de Ucrania"

y cada uno de los alumnos un sistema que les permita explorar el espectro electromagnético, animándoles así a desarrollar una mejor comprensión de este entorno único. También poder analizar señales de datos y disectar y analizar protocolos de redes. Existen muchas posibilidades más destacando la disponibilidad de hardware SDR de bajo costo y paquetes de software SDR gratuitos y de código abierto. Estas oportunidades incluyen permitir a los alumnos construir y examinar modelos de sistemas complejos y la implementación de sistemas EW y ciberguerra avanzados.

La propuesta entonces es desarrollar un proyecto que permita acercar ambos dominios mediante la capacitación. Obviamente habrá expertos en guerra electrónica y en ciberguerra, pero necesitamos contar con personal que entienda la intersección de ambos dominios para dar respuesta a las necesidades que plantea la guerra moderna, como hemos visto en los conflictos recientes y en desarrollo, como la Guerra de Ucrania. Debemos capitalizar la experiencia ajena, la propia llegará tarde, y hoy podemos ver lo que sucede con relación a los conflictos modernos:

a Paradojas, como tecnologías modernas que otorgan precisión a sistemas de armas, como el guiado de munición por GPS no pueden emplearse cuando la guerra electrónica del enemigo no lo permite, y se prefieren sistemas antiguos, menos precisos pero no vulnerables.
b El software embebido en diferentes dispositivos, que potencia sus prestaciones, puede resultar inoperante y hasta producir efectos en contra propia si es vulnerable a la ciberguerra del enemigo.
c Las infraestructuras críticas ya no son solo vulnerables a los ataques por fuego o sabotaje (ataques cinéticos), sino también por ciberataques, en la medida en que cada vez dependen más de las tecnologías de la información y las comunicaciones.
d En general las tecnologías avanzadas que potencian sistemas de armas, para que sean más eficaces, eficientes y ocasionen el mayor efecto sobre el enemigo, pueden resultar inocuas y obsoletas frente a acciones inteligentes de guerra electrónica y ciberguerra.

Las soluciones tecnológicas, medidas y contramedidas ya no se esperan tanto de los proveedores de sistemas de armas o servicios tecnológicos, deben obtenerse en el campo de batalla. Deben ser inmediatas, la dinámica de la guerra moderna no puede esperar los tiempos administrativos de nuevas adquisiciones. Los expertos en tecnología deben estar ahora en las unidades de combate.[4]

Desarrollo - Propuesta

Nuestra propuesta consiste en el desarrollo de una plataforma basada en software libre y dispositivos SDR de bajo costo para vigilar el espectro electromagnético en busca de amenazas a la seguridad de los sistemas propios, tanto militares como de infraestructuras críticas, con foco en la capacitación y entrenamiento del personal dedicado a guerra electrónica y ciberguerra. Se trata del proyecto SIGINT, "Inteligencia de señales de radiofrecuencia para guerra electrónica y ciberdefensa".

Si bien se han empleado dispositivos de bajo costo en operaciones militares, como la Guerra de Ucrania, nuestro objetivo es la capacitación exclusivamente.[5]

Este desarrollo permite introducir nuevas tecnologías de bajo costo que permiten analizar e interpretar señales del espectro electromagnético, junto con el aporte de las tecnologías de la infor-

4 https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/?p=8116 - "El Ejército de EEUU evalúa incorporar programadores en unidades de guerra electrónica y ciberguerra en operaciones"

5 https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/?p=11227.

mación que permitan interpretar la información obtenida, y si fuera posible desencriptarla cuando estuviera cifrada a fin de extraer la información que se transmite.

Estas últimas tecnologías tienen la potencialidad de incrementar cuantitativa y cualitativamente la vigilancia y análisis que se puede realizar del espectro electromagnético para detectar y prevenir amenazas, particularmente con el aporte de la minería de datos y la inteligencia artificial.

La capacitación del personal de ciberguerra y guerra electrónica se incrementa con la posibilidad de ejecutar prácticas en situaciones reales, a la vez que aporta motivación, calidad y posibilidad de crecimiento con el desarrollo de nuevos proyectos.

Los recursos computacionales aportan productividad y calidad en la ejecución de actividades de guerra electrónica y ciberguerra, a la vez que son mas accesibles desde el punto de vista económico, al menos para la capacitación y el desarrollo de proyectos específicos aplicados a la ciberguerra y guerra electrónica.

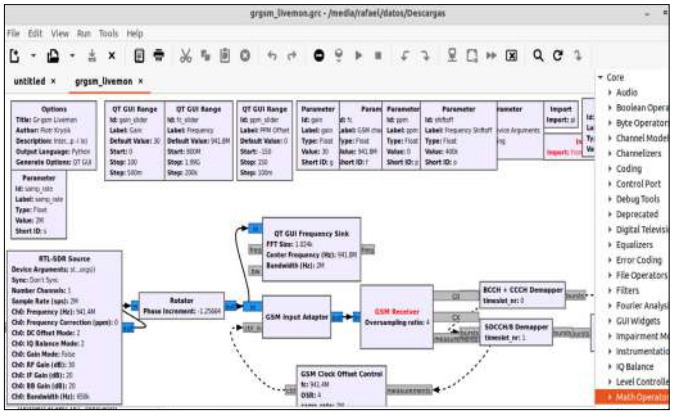
El conocimiento y experiencia obtenidos estarán disponibles al empleo militar y civil de manera dual, puesto que al ser de libre disponibilidad, no implica ningún tipo de restricción ni secreto, y por lo tanto se pueden emplear en forma dual. La comunidad en general, la industria y el sector estatal, cuentan con recursos e infraestructuras críticas vulnerables, que también se deben proteger al igual que los recursos humanos abocados a esa tarea necesitan medios para capacitarse y entrenarse, entre los cuales los productos de este proyecto sin duda contribuyen.

Componentes de Software

Empleamos únicamente código abierto y probamos software basado en GNU. GNU Radio que es un conjunto de herramientas de desarrollo de software gratuito y de código abierto que proporciona bloques de procesamiento de señales para implementar radios definidas por software (SDR). Se puede utilizar con hardware de radiofrecuencia (RF) externo de bajo costo y disponible para crear radios definidas por software, o sin hardware en un entorno similar a una simulación. Se utiliza ampliamente en entornos de investigación, industria, academia, gobierno y aficionados para respaldar tanto la investigación de comunicaciones inalámbricas como los sistemas de radio del mundo real.

FIGURA 2: PROYECTO GNU RADIO

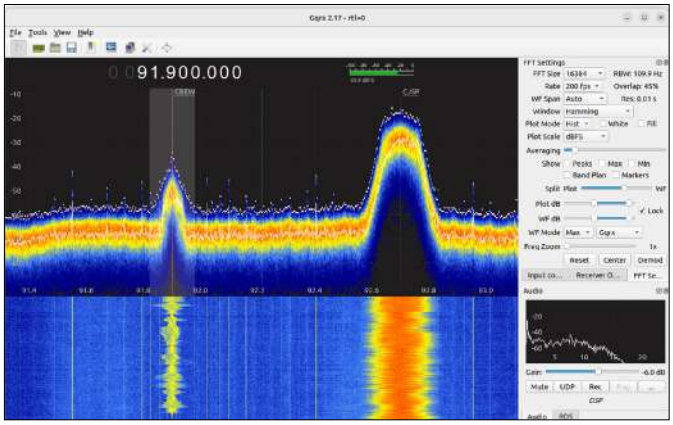
FIGURA 3: INTERFAZ DE GNU RADIO



A todo esto, podemos decir que la radio definida por software (SDR) es un sistema de radio que realiza el procesamiento de señales requerido en software en lugar de utilizar circuitos integrados dedicados en hardware. El beneficio es que, dado que el software se puede reemplazar fácilmente en el sis-

tema de radio, el mismo hardware se puede usar para crear muchos tipos de radios para muchos estándares de comunicaciones diferentes; por lo tanto, una radio definida por software se puede utilizar para una variedad de aplicaciones, incluso se puede modificar, perfeccionar sin cambiar el dispositivo de hardware. Esto es particularmente importante, puesto que en guerra electrónica permite implementar características o propiedades a requerimiento, como nuevas modulaciones, formas de onda y hasta medidas de seguridad o Contra Contra Medidas Electrónicas, tanto en el ataque como en la defensa.

FIGURA 4: RECEPTOR GQRX



Como receptor probamos GQRX el cual es un receptor de radio definido por software (SDR) de código abierto impulsado por GNU Radio y el kit de herramientas gráficas Qt.

Gqrx admite muchos de los dispositivos de hardware SDR disponibles, incluidos Airspy, Funcube Dongles, rtl-sdr, HackRF y dispositivos USRP. De estos, probamos Dongle y HackRFOne.

Por otra parte funciona en varias plataformas: Windows, Linux y Mac, empleando en nuestro caso la versión para Linux.

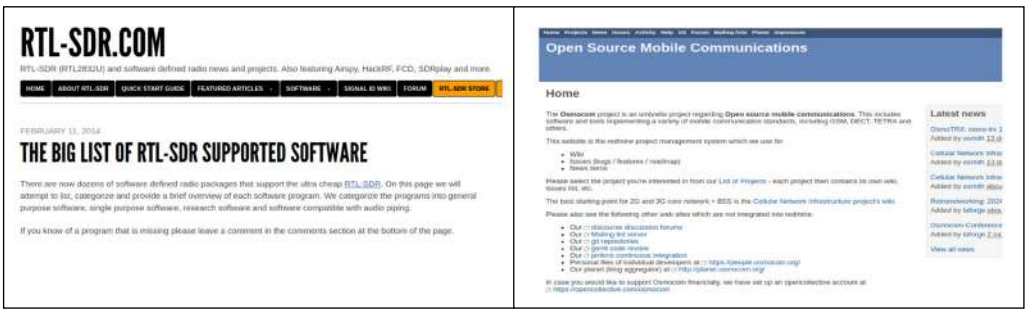
Además de todo esto cuenta con un analizador o visor del espectro de la señal recibida, una herramienta muy importante a la hora de analizar diferentes señales recibidas y esto es particularmente muy importante para la capacitación.

Software probado

En la red existen numerosos sitios mantenidos por comunidades entusiasta del software y la radio SDR donde se puede obtener información y recursos relacionados a las plataformas basadas en SDR y software libre.

Uno de los principales es www.rtl-sdr.com basado en los dispositivos RTL-SDR Dongle, los mas baratos y fáciles de usar, pero también incluye información de muchos mas.

FIGURA 5. PROYECTO RTL-SDR



Pero tal vez la parte más interesante de este sitio, a los fines educativos es la wikipedia de señales, dónde se pueden observar capturas de señales de diferentes equipos civiles y militares, de comunicaciones o no, exponiendo cómo se ven esas señales en el analizador de espectro y como se escuchan. Esto constituye una base de datos muy importante a la hora de capacitar personal, desde lo más básico, como reconocer si una señal es analógica o digitar y hasta reconocer otros parámetros más complejos como el propio equipo emisor.

Otra fuente importante, en este caso para comunicaciones móviles, es el sitio https://osmocom.org/ que presenta noticias, foro y repositorio de código fuente de aplicaciones que empleamos.

Podemos obtener información sobre comunicaciones móviles GSM (Global System Mobile) y LTE (Long Term Evolution – 4G LTE) y aún 5G.

Probamos aplicaciones como grgsm_livemon, que es un receptor de canales GSM, demodulador y captura tramas de protocolo, con una interfaz UDP que permite entregar esas tramas a la aplicación Wireshark dónde se pueden analizar.

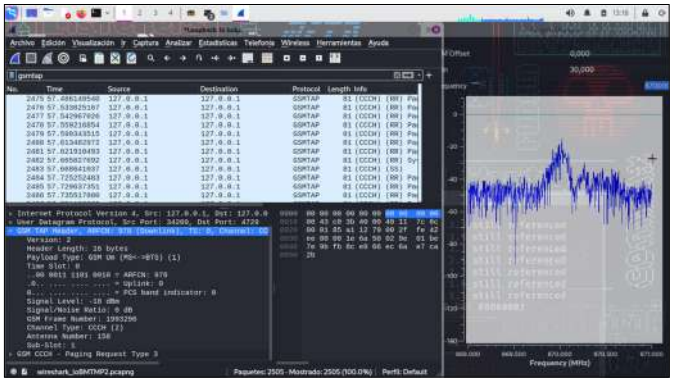
Esta aplicación se basa también en GNURadio. También fue probada con Linux como sistema operativo.

Por la parte de ciberseguridad, contamos, como ya adelantamos, con Wireshark, que permite analizar protocolos de datos.

Wireshark, además de escuchar sobre las interfases de red físicas de la computadora, puede escuchar sobre la interfaz de loopback del host y por algún puerto TCP/UDP que configuremos, y así, cualquier aplicación, en este caso un receptor SDR puede enviar datos por un canal UDP sobre esa interfaz, y entonces Wireshark puede mostrar las tramas de varios protocolos de wireless, además de Ethernet, como pueden ser LTE y GSM.

FIGURA 6: WIRESHARK - ANALIZADOR DE PROTOCOLOS

FIGURA 7: CAPTURA DE TRAMAS DE DATOS GSM OBTENIDOS POR EL RECEPTOR GRGSM_LIVEMON EN LA BANDA DE TELEFONÍA MÓVIL GSM850



¿Qué podemos hacer con estas herramientas?

El propósito es la capacitación. Contar con herramientas en las unidades de guerra electrónica y ciberdefensa facilita el entrenamiento, familiarizarse con la forma y parámetros de las señales de los sistemas de armas y comando y control, tanto para detectar actividades del enemigo, como también poder detectar en forma temprana vulnerabilidades propias. Podemos enumerar algunas posibilidades con estas herramientas como:

- > Conocer la forma y parámetros de diversas señales empleadas en sistemas de armas, sensores y comunicaciones.
- > Detectar vulnerabilidades propias.
- > Ensayar contra medidas para proteger los sistemas propios.
- > Investigar / innovar sobre el espectro electromagnético.
- > Reconocer parámetros de identificación de los sistemas en el espectro y en los datos capturados.
- > Vigilar el espectro electromagnético.
- > Ejecutar y practicar el control de emisiones propias (CONEM).

Conclusión

Con lo analizado y probado al momento podemos ser optimistas en cuanto a que esto puede realmente emplearse en la capacitación del personal que se desempeña en funciones de ciberdefensa y guerra electrónica. De hecho en muchos ejércitos y en el nuestro en particular, esas funciones ya están agrupadas por una misma unidad y bajo un comando único.

Los elementos doctrinarios, los fundamentos y la conciencia ya están sembradas, solo pretendemos ofrecer herramientas disponibles a bajo costo, probadas y compiladas en una unidad estandarizada, como herramienta para capacitar al personal.

Fuentes

1. SDR en el ámbito militar y aeroespacial: más allá de las radios tácticas – Microwave Journal – 2020. https://www.microwavejournal.com/articles/34577-sdr-in-military-and-aerospace---beyond-tactical-radios
2. Military Embedded Systems - Ampliando la versatilidad de la radio definida por software para el campo de batalla digital – 2020. https://militaryembedded.com/radar-ew/signal-processing/expanding-software-defined-radio-versatility-for-the-digital-battlefield
3. Electronic-Warfare (EW) Training with Software-Defined Radio (SDR) - Warren Paul du Plessis – Conference Paper 2018 - University of Pretoria.
4. Noticias y proyectos sobre radio definida por software y RTL-SDR www.rtl-sdr.com
5. Comunicaciones móviles de código abierto https://osmocom.org/
6. Proyecto Radio Definida por Software https://www.gnuradio.org/

(*) **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.

2.9

Observatorio atmosférico de la patagonia austral: 20 años de monitoreo en el sur argentino

Por Juan Vicente Pallotta, Gabriela Nicora, Facundo Orte, Raul D'Elia, Nahuel Diaz, Elian Wolfram, Daiana Baissac, Anabela Lusi, Constanza Villagan Asiares, Yasmin Velazquez, Maria Florencia Barle y Lucia Pini.

Resumen

Motivados por la observación del fenómeno del agujero de ozono y su impacto en el sur de la Patagonia, el departamento de Láser (DEILAP) de CITEDEF (Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa) llevó a cabo la campaña SOLAR (Stratospheric Ozone Lidar of Argentina) en el año 2005. El objetivo principal de esta campaña fue la instalación de un instrumento DIAL (Differencial Absorption Lidar) para la observación de perfiles de ozono estratosférico en la actual X Brigada Aérea de la ciudad de Río Gallegos, provincia de Santa Cruz (51,60°S, 69,30°W). Dicho proyecto, realizado conjuntamente por investigadores de Argentina, Japón y Francia, y financiado por la Japan International Cooperation Agency (JICA), fue el puntapié inicial para lo que hoy, casi 20 años después de la instalación del primer instrumento, se transformó en el Observatorio Atmosférico de la Patagonia Austral (OAPA). Hoy en día, el OAPA administra una amplia capacidad instrumental nacional e internacional de sensado remoto de la atmósfera en esta región de particular interés. Este crecimiento de las capacidades del observatorio se realizó gracias al desarrollo de proyectos de investigación y la colaboración con laboratorios de diferentes países. En este artículo se describe la historia del Observatorio, su presente y las perspectivas a futuro.

PALABRAS CLAVE: ATMÓSFERA, SENSADO REMOTO, OAPA, ULTRAVIOLETA, OZONO

Introducción

A principio de la década del 90, el laboratorio de DEILAP (DEpartamento de Investigaciones en LAseres y sus APlicaciones) de CITEDEF (Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa) incursionó en la técnica lidar (Ligth Detection and Ranging) para la medición de parámetros atmosféricos. Así, se dio origen a una nueva línea de investigación novedosa para Argentina,

abriendo un nuevo abanico de posibilidades de observación de la atmósfera y sus parámetros ópticos. Durante los primeros años de esa década, y en colaboración con investigadores de Francia y Japón, se desarrolló la técnica lidar en nuestro territorio, logrando el primer lidar de retrodifusión para la medición de aerosoles y capa límite atmosférica (Fochesatto et al., 1996). Luego, motivados por la observación del fenómeno del agujero de ozono antártico (AOA) y su impacto en el sur de la Patagonia, se comenzó con la construcción del sistema DIAL (DIfferential Absortion Lidar) para la observación de perfiles de ozono estratosféricos (Wolfram et al., 2008).

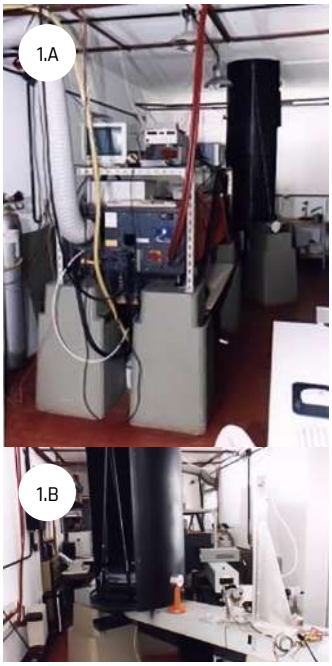
El AOA es un significativo adelgazamiento de la capa de ozono que se produce en la región antártica dentro del vórtice polar, que se presenta durante la primavera austral desde la década del '80. Durante estos meses, la dinámica del vórtice polar antártico produce un cambio de tamaño y forma, pudiendo alcanzar regiones subpolares. Así, el vórtice polar antártico puede sobrepasar la región continental sudamericana en latitudes subpolares, provocando disminuciones en la columna total de ozono (CTO) a niveles inusuales debido al paso de masas de aire con bajo contenido de ozono, como consecuencia de la influencia del AOA (Wolfram et al., 2012; Orte et al., 2019). Con el objetivo de observar esta disminución de ozono en el sur argentino, el DIAL fue instalado en la ciudad de Río Gallegos, mientras que, en paralelo, se continuó con el monitoreo de aerosoles atmosféricos con la técnica lidar (Otero et al., 2004). En este artículo se describe la historia del OAPA, sus proyectos, capacidades instrumentales y las mediciones realizadas por CITEDEF en los casi 20 años de observación continua. Iniciando desde la primera campaña de observación en 2005 (campaña SOLAR), se describe el crecimiento del sitio adoptando nuevo instrumental a través de diferentes colaboraciones internacionales, su actualidad y planes a futuro.

Instalación del sistema DIAL en la Base Aérea de Río Gallegos: Campaña SOLAR

Los desarrollos de la técnica lidar en el DEILAP durante la década del noventa dio origen al primer sistema DIAL de la Argentina. Esta primera versión fue montada en la por entonces llamada División Lidar del DEILAP (Figura 1.a y Figura 1.b). Si bien se contó con el asesoramiento de investigadores experimentados de Francia y Japón, los diseños y la construcción de la mayoría de los componentes fueron realizada en CITEDEF.

Luego de años de trabajo con el sistema DIAL en Buenos Aires, y habiendo logrado las primeras mediciones de ozono estratosférico, se inició la primera etapa de este proyecto para instalarlo en el sur de la Argentina. Para ese entonces, el DIAL junto con un lidar de aerosoles ya estaba montado en un contenedor especialmente diseñado para albergar este tipo de sistemas, el cual fue donado por Francia. Ya en el año 2003, y con el financiamiento de la JICA (Japan International Cooperation Agency), se llevó a cabo el proyecto de investigación denominado "Fortalecimiento de los Estudios de la Capa de Ozono en Sudamérica", dando lugar a la Campaña SOLAR: Stratospheric Ozone Layer of ARgentina. En el marco de esta campaña, durante el año 2005 se trasladó el sistema DIAL a la ciudad de Río Gallegos para continuar con las mediciones, esta vez, con otro objetivo: medir el pasaje del agujero de ozono en el sur argentino.

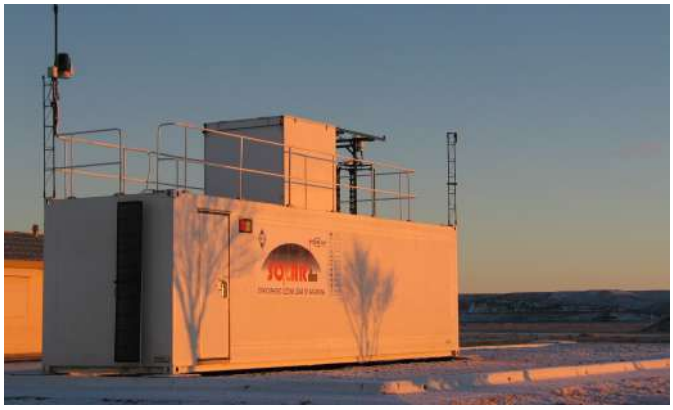
FIGURA 1: PRIMERA VERSIÓN DEL DIAL MONTADO EN LA DIVISIÓN LIDAR DEL DEILAP



La selección del sitio se estudió cuidadosamente, considerando diferentes factores como la logística, el acceso a la ciudad para el mantenimiento, la presencia de universidades y, desde ya, sus condiciones climáticas. Esto último es muy importante ya que, al tratarse el DIAL de un instrumento activo, emite pulsos láseres a la atmósfera debiendo interactuar con el elemento (en este caso, el ozono) para poder medirlo. Como la capa de ozono se ubica entre los 15 y 40 km de altura, los pulsos emitidos deben llegar a estas parcelas de la atmósfera, por lo que es necesario contar con el cielo despejado para realizar las mediciones.

Por estos motivos, se eligió la Base Aérea Militar (actualmente X Brigada Aérea) de la ciudad de Río Gallegos como la mejor opción para instalar el sistema DIAL. Además, contar con un sitio en estas coordenadas subpolares lo hace único a nivel mundial debido a la falta de observaciones terrestres existentes en estas latitudes subpolares. El contenedor que alberga el instrumental arribó a la Base Aérea Militar el 16 de junio del año 2005. En la Figura 2 se observa una de las primeras imágenes del contenedor ya emplazado, en la que se puede ver también la central meteorológica y los radiómetros de radiación solar ultravioleta (UV) instalados.

FIGURA 2: CONTENEDOR QUE ALBERGA EL SISTEMA DIAL



El acto de inauguración se realizó el 28 de 2005, contando con la participación del por entonces gobernador de la provincia de Santa Cruz, Sergio Acevedo, el señor ministro de Defensa José Pampuro junto con autoridades de CITEDEF, con la presencia del por entonces presidente del instituto General de Brigada (R-Art 62), Guillermo Alberto Sevilla (Figura 3).

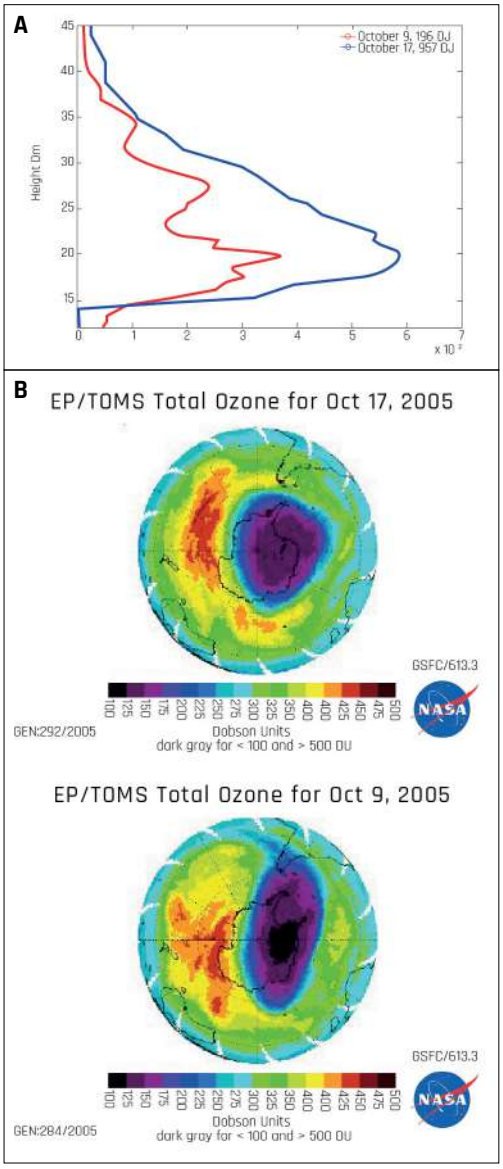
FIGURA 3: ACTO INAUGURAL DEL SITIO DE MEDICIÓN EN LA BASE AÉREA MILITAR DE RÍO GALLEGOS. SE OBSERVA EN LA IMAGEN AUTORIDADES DE ORDEN NACIONAL, PROVINCIAL Y DEL CITEDEF.

En esta primera etapa, se instaló además una central meteorológica y un radiómetro solar CIMEL perteneciente a la red AERONET de la NASA (Holben et al., 1998), para la medición de parámetros ópticos de los aerosoles atmosféricos. Junto con el sistema DIAL también se instaló un sistema lidar de retrodifusión para la observación de perfiles de aerosoles atmosféricos (Otero et al, 2006).

En la Figura 4 se muestra una de las mediciones DIAL durante esta primera etapa. En la misma se puede discriminar dos diferentes estados de la concentración de la capa de ozono sobre el OAPA. Se muestran además imágenes satelitales del instrumento TOMS-EP (Total Ozone Mapping Spectrometer-Earth Probe) para fechas coincidentes con las mediciones realizadas en tierra con el DIAL.

Las tareas relacionadas en esta primera etapa no solo se centraron en la medición de perfiles de ozono, sino también, en tareas de difusión a la sociedad sobre los riesgos asociados a la sobrexposi-

FIGURA 4: (A) PERFILES DE CONCENTRACIÓN DE OZONO REPORTADOS DURANTE (ROJO) Y ANTES (AZUL) DEL PASO DEL AGUJERO DE OZONO SOBRE LA CIUDAD DE RÍO GALLEGOS. (B) IMÁGENES DEL SATÉLITE TOMS PARA LOS MISMOS DÍAS DE MEDICIÓN. SE OBSERVA EN COLORES LA CONCENTRACIÓN DEL OZONO ESTRATOSFÉRICO.



ción a la radiación solar UV debido a la disminución de ozono por el paso del agujero. Resultado de esto fue la colaboración con la Municipalidad de Río Gallegos y la instalación de un "Solmáforo", el cual, informaba a la población sobre los niveles de exposición a la radiación solar utilizando una escala de colores, relacionado con el su riesgo en tiempo real.

Expansión del Observatorio, colaboraciones internacionales y nuevo instrumental: Proyecto UVO3Patagonia

Luego de la exitosa campaña SOLAR (Wolfram et al., 2005; Wolfram et al., 2012; Wolfram et al., 2013), podemos diferenciar una segunda etapa, iniciada por un nuevo proyecto en colaboración con Chile a través de la Universidad de Magallanes. Este proyecto se extendió entre los años 2007 y 2011 y su nombre fue "Fortalecimiento de la Capacidad de Medición de la Capa de Ozono y la Radiación UV en la Patagonia Austral, y su Proyección hacia la Comunidad", cuyo nombre simplificado fue "UVO3 Patagonia". El mismo también fue financiado por la JICA, reforzando en esta nueva etapa los estudios relacionados con la radiación solar UV y su difusión a la sociedad.

Durante este proyecto se impulsaron campañas de fotoprotección que se sumaron al proyecto del Solmáforo previamente mencionado. Se llevaron a cabo actividades de educación sobre los riesgos y beneficios asociados a la exposición a la radiación solar UV en alumnos de diferentes escuelas y trabajadores fotoexpuestos. En paralelo se desarrolló la campaña de medición de exposición a la radiación solar UV con biosensores en la población, considerando los tiempos y momentos del día a los que se exponen a dicha radiación.

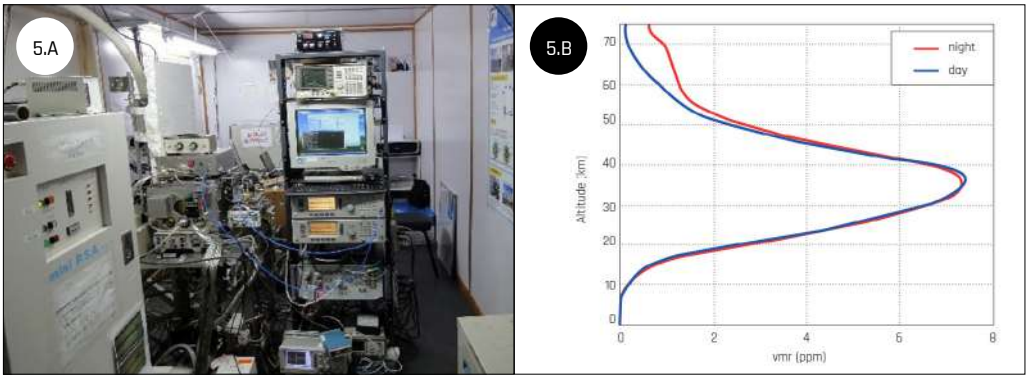
Otra de las colaboraciones importante se dio durante el año 2008 con el instituto Pierre Simon Laplace (IPSL) de Francia. Esto permitió la instalación de un espectroradiómetro modelo SAOZ perteneciente a LATMOS/CNRS (Laboratoire Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales/Centre National de la Recherche Scientifique), el cual permite monitorear valores totales de concentración de ozono y NO^2 y sus mediciones han sido utilizadas para las validaciones satelitales entre otras in-

vestigaciones (Orte et al., 2020). Además, y empujados por esta colaboración, otro hito importante se dio durante este año, ya que el DIAL y el SAOZ pasaron a formar parte de la red internacional NDACC (Network for de Detection of the Atmospheric Composition Change, https://www-air.larc.nasa.gov/missions/ndacc/) desde el año 2008. Esta es una red mundial cuya participación fue un paso muy importante, y un reconocimiento al trabajo realizado durante años.

Continuando con la expansión de las capacidades de medición, en el año 2008 fue instalado en el OAPA un espectrofotómetro Brewer MKIV (#124) perteneciente al INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Brasil). Este instrumento mide espectros de radiación solar y la columna total de ozono (Orte et al., 2013).

El año 2011 fue otro año importante para el Observatorio, ya que, por medio de la colaboración con la Universidad de Nagoya, Japón, se instaló un radiómetro de ondas milimétricas. Este sistema de alta complejidad tecnológica es uno de los 4 que existen en el mundo de esta red. Para su instalación, se requirió de una gran infraestructura, dado que el sistema requiere de una subestación eléctrica dedicada. Este instrumento se complementó con el DIAL de ozono ampliando el rango superior de altura de los perfiles de ozono alcanzando los ~70 km y se incrementó la frecuencia temporal, obteniendo un perfil de ozono por hora (Figura 5).

FIGURA 5: (A) RADIÓMETRO DE ONDAS MILIMÉTRICAS INSTALADO EN EL OAPA. (B) PERFILES DIURNOS Y NOCTURNOS OBTENIDOS CON EL EQUIPO.



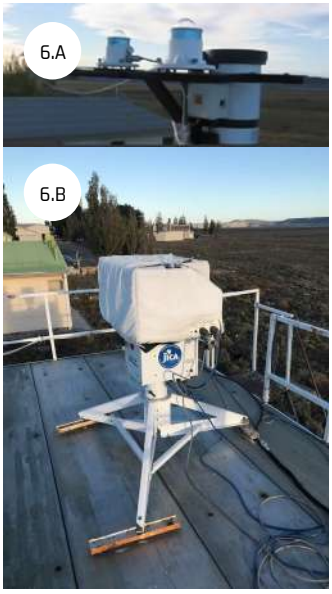
Actualización instrumental en el OAPA: Proyecto Saver-Net

Durante los años 2013 y 2018 se dio continuidad a los proyectos anteriores mediante el desarrollo del proyecto trinacional "Saver-Net" llevado a cabo por Argentina, Chile y Japón, financiado por la JICA. Durante este proyecto se desarrolló una red de medición terrestre de parámetros atmosféricos con diferentes técnicas de sensado remoto en Argentina y se incorporó a esta red el sitio de Río Gallegos. En el marco de este proyecto, el DEILAP instaló nuevos instrumentos para el monitoreo de la radiación solar en diferentes rangos del espectro (UVA, UVB y total) en el OAPA (Orte et al., 2022). En la Figura 6.a se presenta este set de instrumentos de banda ancha y el instrumento multifiltro de banda angosta GUV-2511. Estos instrumentos son operados y mantenidos por el SMN y CITEDEF. Sus mediciones han sido utilizadas para llevar a cabo diversos estudios científicos y validaciones de productos satelitales y pronósticos de irradiancia (Carmona et al., 2018; Orte et al., 2021; Lusi et al., 2023; Orte et al., 2023; Orte et al., 2024a; Orte et al., 2024b).

Por otro lado, como se mencionó anteriormente, en el año 2015 fue instalado un espectrofotómetro Brewer MKIII en reemplazo del Brewer MKVI, para continuar con el monitoreo de espectros

de radiación solar UV y la columna total de ozono con este instrumento de precisión (Figura 6.b).

FIGURA 6: BREWER MKIII INSTALADO EN EL OAPA



Otras colaboraciones internacionales

El crecimiento del OAPA incluye también instrumental de monitoreo de la atmósfera no directamente relacionada con la medición de sus parámetros ópticos. Ejemplo de esto es la instalación de una antena de detección de descargas atmosféricas perteneciente a la red World Wide Lightning Location Network (https://wwlln.net/), administrado por la Universidad de Washington, Estados Unidos. A fines del 2009, esta nueva red sobre detección de descargas eléctricas comenzó a buscar sitios alrededor del mundo para instalar sus sensores. La importancia estratégica del OAPA, fue fundamental para la instalación de la antena y contar con los datos de descargas eléctricas en VLF de una red global de detección de descargas en tiempo real. Gracias a los datos de esta red hemos realizado numerosas publicaciones (Velazquez et al., 2022; Velazquez et al., 2024; Villagrán et al., 2023; Bertone et al., 2023; Baissac et al., 2021a; Baissac et al., 2021b).

Otro instrumental instalado son las antenas de ELF (Extremely Low Frecuency o "frecuencias extremadamente bajas") para la detección de la resonancia de Schumann. Estas son ondas electromagnéticas que se propagan entre la superficie terrestre y la ionósfera, siendo un fenómeno natural generado por descargas eléctricas, rayos y tormentas. Esta antena está administrada por la Universidad de Cracovia, Polonia en colaboración con personal del DEILAP. Se trabaja en colaboración con esta institución en publicaciones, manteniendo contacto fluido con los investigadores principales de la red.

Se cuenta además con una colaboración del Leibniz-Institute of Atmospheric Physics (IAP) de la Universidad de Rostock, Alemania. Dicho laboratorio administra una serie de antenas para la detección de vientos en la mesosfera-baja y la termósfera. Para esto se tiene una antena transmisora en Tres Lagos (Santa Cruz) y 5 antenas receptoras distribuidas a lo largo de toda la provincia, contando con una en el Observatorio. Todas estas instalaciones las mantiene personal del OAPA para su correcto funcionamiento, asistiendo en la logística a los investigadores del IAP durante sus viajes de mantenimiento al sitio.

Este artículo busca dar un resumen de las tareas realizadas basado en los hitos formados por la instalación de los diferentes instrumentos y colaboraciones internacionales, pero quedan afuera muchas otras tareas realizadas por personal en el sitio. Gran parte de estas tareas corresponden a la operación y el mantenimiento diario que requiere todo el instrumental. Además, tareas conjuntas como la campaña de ozono sondeos (marzo 2010) con la Universidad de Magallanes, que han aportado datos importantes para calibrar los perfiles de ozono obtenidos con el sistema DIAL.

Actualidad y perspectivas futuras

Actualmente, el OAPA se mantiene activo gracias al trabajo del único técnico de CONICET destinado en el sitio. El mismo realiza tareas de mantenimiento del instrumental instalado, contando con el soporte constante del personal de la División Atmósfera (ex División Lidar) de CITEDEF. Cabe remarcar también el continuo apoyo que se tiene del sitio por parte de la Fuerza Aérea, particular-

mente de la X Brigada de Río Gallegos, ayudando en todo tipo de tareas, particularmente en temas de logística con Buenos Aires, incluyendo tanto el traslado de personal como de equipamiento.

Actualmente, el Observatorio sigue manteniendo todos sus equipos de medición remota de la atmósfera, en continua comunicación con las correspondientes instituciones extranjeras. Esto es mediante contactos remotos, como también se les brinda apoyo logístico cuando visitan el sitio o cuando hay que enviar el equipamiento al país de origen para un mantenimiento mayor.

El OAPA comenzó hace casi 20 años, cuando el DEILAP de CITEDEF llevó un contenedor con instrumental a la entonces Base Aérea Militar de Río Gallegos. Con altos y bajos, el trabajo y las ganas de crecer nunca cedieron, logrando el Observatorio que es hoy en día, con diversos instrumentos y colaboraciones internacionales. Estos cambios se vieron reflejados en la infraestructura del sitio, el cual hoy cuenta con 5 contenedores que hacen de albergue de instrumentos, oficinas, taller y un depósito (Figura 7).

FIGURA 7: ESTADO ACTUAL DEL OAPA EN LA X BRIGADA AÉREA DE RÍO GALLEGOS.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a los ex miembros de este proyecto que han aportado una gran cuota de su trabajo en el crecimiento de este Observatorio. Al ex jefe del laboratorio DEILAP, Dr. Eduardo Quel, gran participe desde el inicio de esta gran experiencia. Al Dr. Elian Wolfram, integrante principal de la primera y segunda etapa, siendo el principal impulsor de la tecnología DIAL, el cual fue su tema de tesis de doctorado en el marco de la Campaña SOLAR. Al Dr. Jacobo Salvador, investigador principal destinado en el sitio desde los inicios hasta el año 2021. Gran parte de los trabajos reportados fueron liderados por él.

A la JICA, por el soporte financiero de todos los proyectos reportados.

A la Fuerza Aérea Argentina, y al personal de la ex Base Aérea Militar y actual X Brigada Aérea de Río Gallegos por todo el soporte logístico en cada operación realizada. Su apoyo fue y es fundamental para la concreción de las tareas realizadas y las que vendrán.

Referencias

> Baissac, D. M., Nicora, M. G., Bali, L. J., Badi, G. A., & Avila, E. E. (2021a). Volcanic alert system by lightning detection using the WWLLN-ash cloud monitor. J. of South American Earth Sciences, 108, 103234. https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103234

> Baissac, D. M., Nicora, M. G., Ávila, E. E., & Badi, G. A. (2021b). Lightning in the eruption of the Volcan de Fuego 2018—Seeing from earth and space. 2021 35th International Conference on Lightning Protection (ICLP) and XVI International Symposium on Lightning Protection (SIPDA), 1, 01-07. https://doi.org/10.1109/ICLPandSIPDA54065.2021.9627363

> Bertone, F., Nicora, M. G., & Vidal, L. (2022). Thunderstorm days over Argentina: Integration between human observations of thunder and the world wide lightning location network lightning data. Internat. Jour. of Climat., 42(16), 9072-9087. https://doi.org/10.1002/joc.7800

> Carmona, F., Orte, P. F., Rivas, R., Wolfram, E., & Kruse, E. (2018). Development and Analysis of a New Solar Radiation Atlas for Argentina from Ground-Based Measurements and CERES_SYN1deg data. EJRSS, 21(3), 211–217. https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2017.11.003

- Fochesatto, J., Lavorato, M., Cesarano, P., Quel, E., Flamant, P., & Pelon, J. (1996). Métodos de Estudio de Capa Límite Atmosférica (CLA) mediante un lidar de Retrodifusión. *Anales AFA,* 08(01), 41-44. https://anales.fisica.org.ar/index.php/analesafa/article/view/984
- Holben, B. N., Eck, T. F., Slutsker, I., Tanré, D., Buis, J. P., Setzer, A., Vermote, E., Reagan, J. A., Kaufman, Y. J., Nakajima, T., Lavenu, F., Jankowiak, I., & Smirnov, A. (1998). AERONET - A Federated Instrument Network and Data Archive for Aerosol Characterization, Remote Sensing of Environment, 66(1), 1-16. https://doi.org/10.1016/S0034-4257(98)00031-5
- Lusi, A. R., Orte, F., Suárez, R. A., D'Elía, R., & Wolfram, E. (2023), Evaluación de los modelos de irradiación solar global Heliosat-4 y McClear en dos sitios de Argentina, Anales AFA, 34(3), 76-81. ISSN:1850-1168, https://doi.org/10.31527/analesafa.2023.34.3.76.
- Orte, F., Wolfram, E., Salvador, J., D'Elia, R., Bulnes, D., Paes Leme, N., & Quel E. (2013); Vitamin D synthesis measured with a multiband filter radiometer in Río Gallegos, Argentina. AIP Conf. Proc. 1531, 891–894, doi.org/10.1063/1.4804914
- Orte, P. F., Wolfram, E., Salvador, J., Mizuno, A., Bègue, N., Bencherif, H., Bali, J. L., D'Elia, R., Pazmiño, A., Godin-Beekmann, S., Ohyama, H., and Quiroga, J.: Analysis of a southern sub-polar short-term ozone variation event using a millimetre-wave radiometer, Ann. Geophys., 37, 613–629, https://doi.org/10.5194/angeo-37-613-2019, 2019.
- Orte, F., Luccini, E., Wolfram, E., Nollas, F., Pallotta, J., D'Elia, R., Carbajal, G., Mbatha N., & Hlongwane, N. (2020). Comparison of OMI-DOAS total ozone column with ground-based measurements in Argentina. Revista de Teledetección, 57, 13-23. https://doi.org/10.4995/raet.2020.13673
- Orte, F., Lusi, A., Carmona, F., D'Elia, R., Faraminan, A., & Wolfram, E. (2021). Comparison of NASA-POWER solar radiation data with ground-based measurements in the south of South America. 2021 19th Workshop on Information Processing and Control (RPIC), 1-4. ISBN: 978-166541436-4, doi: 10.1109/RPIC53795.2021.9648428
- Orte, F., Wolfram, E., Luccini, E., D' Elia, R., Lusi, A., Pallota, J., Nollas, F., Carmona, F., Papandrea, S., Cabezas, M., Carbajal Benítez, G., & Mizuno, A. (2022). Saver-Net UV-total solar irradiance monitoring network in Argentina. Revista Meteorológica, 47(2), e016, julio-diciembre 2022; ISSN 1850-468X — https://doi.org/10.24215/1850468Xe016
- Orte, F., Fernández Lajús, E., Di Sisto, R. P., Wolfram, E. A., Lusi, A. R., Nicora, M. G., D'Elia, R. L., Verstraeten, F., Papandrea, S., & Carmona, F. (2023). Changes in the surface irradiance during the total solar eclipse 2020 in Valcheta, Argentina. Papers in Physics, 15, 150002. https://doi.org/10.4279/pip.150002
- Orte, F., Carmona, F., Lusi, A., Wolfram, E., Luccini, E., Nollas, F., D'Elia, R., & Pallotta, J. (2024a). Comparison of NASA-POWER surface solar UVA irradiance with ground-based measurements in Argentina. AIP Conf. Proc. 2988, 080001. https://doi.org/10.1063/5.0182750
- Orte, F., Jønch-Sørensen, H., Luccini, E., Lusi, A., D'Elia, R., Nollas, F., & Wolfram, E. (2024b). Evaluation of the NUV Forecast Performance Against Ground-based Measurements in Southern South America. AIP Conf. Proc. 2988, 080001. https://doi.org/10.1063/5.0185364
- Otero, L., Ristori, P., Fochesatto, J., Wolfram, E., Porteneuve, J., Flamant, P. & Quel, E. (2004). First Aerosol Measurements with a Multiwavelength LIDAR System at Buenos Aires, Argentina. Proceedings of the 22nd Internation Laser Radar Conference (ILRC 2004), 2, 769-772.
- Otero, L., Ristori, P., Salvador, P., D'Elia, R., Pallotta, J., Wolfram, E., Holben, B. & Quel, E. (2006). Lidar and AERONET Measurements in Río Gallegos, Patagonia Argentina. *Proceedings of the 23rd International Laser Radar Conference.* ISBN 4-9902916-0-3. Part II 747-750.
- Velazquez, Y. R., Nicora, M. G., Galligani, V. S., Wolfram, E. A., Orte, F., D'Elia, R., Papandreas, S., & Verstraeten, F. (2022). The 2020 Patagonian solar eclipse from the point of view of the atmospheric

electric field. Papers in Physics, 14, 140008. https://doi.org/10.4279/pip.140008

> Velazquez, Y. R., Nicora, M. G., Galligani, V. S., Wolfram, E. A., Salio, P. V., & D'Elia, R. L. (2024). Exploring the global thunderstorm influence on the fair weather electric field in Buenos Aires. Atmospheric Research, 299, 107182. https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2023.107182

> Villagrán, C., Nicora, M. Gabriela., Meza, A., Natali, M.P., Ávila, E.E., Rubinstein, M. & Rachidi, F. (2023) Ionospheric Variations Induced by Thunderstorms in the Central Region of Argentina during the RELAMPAGO–CACTI Campaign. Atmosphere, 14 (9), 1386. https://doi.org/10.3390/atmos14091386

> Wolfram, E., Salvador, J., Otero, L., Pazmino, A., Porteneuve, J., Godin-Beekmann, S., Nakane, H., & Quel, E. (2005). SOLAR campaign: stratospheric ozone lidar of Argentina, Proc. SPIE 5887, Lidar Remote Sensing for Environmental Monitoring. VI, 588713; https://doi.org/10.1117/12.620293

> Wolfram, A. E., Salvador, J., D'Elia, R., Casiccia, C., Leme, N. P., Pazmiño, A., Porteneuve, J., Godin-Beekman, S., Nakane, H., & Quel, E. J. (2008). New Differential absortion lidar for stratospheric ozone monitoring in Patagonia, south Argentina. J. Opt. A, 10, 589–595.

> Wolfram, E. A., Salvador, J., Orte, F., D'Elia, R., Godin-Beekmann, S., Kuttippurath, J., Pazmiño, A., Goutail, F., Casiccia, C., Zamorano, F., Paes Leme, N., & Quel, E. J. (2012). The unusual persistence of an ozone hole over a southern mid-latitude station during the Antarctic spring 2009: a multi-instrument study. Ann. Geophys., 30, 1435–1449, https://doi.org/10.5194/angeo30-1435-2012.

> Wolfram, E., Pazmiño, A., Lavorato, M., Quel, E., Micheletti, M. & Piacentini, R. D. (2013). Perfiles de ozono estratosféricos medidos con DIAL en el periodo 2000-2001 y ozonosonda sobre Buenos Aires. ANALES AFA, Vol. 13 p266-269.

2.10

Prospectiva tecnológica sobre el análisis de los explosivos y sus efectos utilizando métodos numéricos

Por el Ing. Norman Uriel Serra, CT I OIM Alberto Lara, MY Ing OIM Sebastián Moreira y GB C (R) OIM Edgardo Aldo Serafín

Abstract

El presente artículo desarrolla y destaca la relevancia de la aplicación y el empleo de métodos numéricos en el análisis de explosivos y sus efectos. Se explica la utilización de simulaciones computacionales para comprender la fenomenología de las detonaciones y sus posibles interacciones fluido-estructura. Se discuten técnicas como la modelización de ondas de choque, la fragmentación de proyectiles y la predicción de daños a estructuras. Además, se explora la perspectiva tecnológica a futuro, destacando los avances en la precisión y eficiencia de las simulaciones, así como el potencial para aplicaciones en seguridad, en defensa y en el desarrollo de materiales de alto rendimiento.
Este trabajo propone captar el interés del lector en una temática vigente, proporcionando una visión integral sobre, en qué medida, los métodos numéricos están revolucionando el estudio y desarrollo de sustancias energéticas explosivas y sus aplicaciones.

Índice

Contenido
Introducción
Aplicaciones en defensa y seguridad nacional
Casos de análisis estudiados
Propiedades balísticas de los explosivos
Diseño de estructuras resistentes a ondas de choques
Fragmentación y perforación de suelos
Desafíos y oportunidades futuras

Introducción

Este artículo explora en qué forma las herramientas computacionales están transformando nuestra comprensión de los explosivos, sus efectos y cómo moldean la eficiencia en su acción sobre blancos, la seguridad y la protección patrimonial, como también humana.

El empleo de métodos numéricos ofrece varias ventajas significativas. En primer lugar, proporciona una plataforma virtual para estudiar el comportamiento de los explosivos en condiciones controladas y repetibles, lo que resulta crucial en la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías.

Una de las áreas de enfoque clave en este análisis es la modelización de ondas de compresión, expansión y choque. Las mencionadas, son fundamentales para entender cómo se propagan las fuerzas explosivas a través de un medio, lo que influye, por ejemplo, en la fragmentación de los proyectiles y en la generación de daños estructurales.

Otro aspecto de nuestro interés son las propiedades balísticas de los explosivos. La capacidad de predecir la distribución espacial, el tamaño y velocidades de los cuerpos propulsados por los gases generados por una reacción química explosiva, es de interés para evaluar su potencial daño sobre un objetivo y el diseño de contramedidas efectivas de protección. Los métodos numéricos permiten modelar este proceso con detalle, desde la detonación inicial hasta la distribución final de los fragmentos.

En la perforación y fragmentación de suelos, la incorporación de tecnologías digitales es una prioridad para mejorar la productividad y sustentabilidad. Mediante la adopción de tecnologías digitales como la simulación numérica y el análisis de datos, se logra optimizar las operaciones, reducir los costos operativos, gestionar de manera más eficiente los recursos y mejorar los indicadores claves de rendimiento.

Los desafíos más importantes incluyen, además, la minimización de la variabilidad en los resultados, la mejora en la predicción y estabilidad de los procesos, y el aumento de la seguridad en operaciones cada vez más complejas.

En síntesis, el análisis de los explosivos utilizando métodos numéricos representa un avance tecnológico significativo con amplias implicancias en seguridad, defensa, industria, entre otras áreas.

Aplicaciones en defensa y seguridad nacional

El diseño de estructuras resistentes y el análisis balístico de explosivos mediante métodos numéricos tiene significativas aplicaciones en defensa y seguridad nacional.

Por ejemplo, en el campo militar, estas herramientas se utilizan para diseñar y optimizar municiones y sistemas de armas, así como para evaluar la efectividad de blindajes y protecciones balísticas. Además, en el ámbito de la seguridad pública, el análisis de explosivos puede ayudar a prevenir y responder a amenazas terroristas y actos de violencia.

Un caso emblemático es el desarrollo de simuladores de explosiones por parte de la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa (DARPA) de los Estados Unidos. Estos simuladores, basados en modelos numéricos avanzados, permiten recrear con precisión explosiones de diferentes tipos y magnitudes, lo que proporciona a los investigadores y las fuerzas armadas información invaluable sobre los efectos de explosiones en el campo de batalla y en entornos urbanos.

Además, el estudio balístico de explosivos ha sido fundamental en la lucha contra el terrorismo y la proliferación de armas de destrucción masiva. Organizaciones como el Centro de Excelencia en Defensa Contra las Amenazas Químicas, Biológicas, Radiológicas y Nucleares (CBRNE) de la OTAN utilizan modelos numéricos para evaluar y mitigar los riesgos asociados con la manipulación y el transporte de materiales explosivos y agentes químicos.

Casos de análisis estudiados

Propiedades balísticas de los explosivos

El análisis de propiedades balísticas de los explosivos utilizando métodos numéricos es un cam-

po de estudio que aborda la complejidad de los efectos explosivos en los proyectiles. El proceso, en cuestión, ocurre en un corto lapso, del orden de los microsegundos, durante los cuales se generan grandes volúmenes de gas.

Los proyectiles aprovechan el efecto destructivo del choque de las ondas explosivas producidas por la detonación de su carga. La fuerza de expansión de los gases altamente comprimidos produce una corriente de gas que empuja el aire como una onda de choque. De esta manera, la onda consecuente de la explosión provoca la formación de un gran número de fragmentos de diferentes masas y geometrías. Estos fragmentos absorben una porción de la energía proveniente de la carga explosiva en la forma de energía cinética, que los lleva a grandes distancias hasta el objetivo. La distribución de la masa de los fragmentos depende de la geometría del proyectil, el espesor del cuerpo del proyectil, el material del cuerpo, sus características mecánicas y el tratamiento térmico, así como también; el tipo, diámetro y longitud de la carga explosiva.

Determinar el rendimiento de los proyectiles es crucial para el diseño efectivo de armamento. Sin embargo, medir este rendimiento requiere equipos costosos y complejos. Métodos como el pozo de troceo y el espiral de Bourges son utilizados para obtener información sobre la distribución de masa y tamaño de los fragmentos, así como su velocidad y distribución espacial en la zona de acción.

Para prever el rendimiento de los proyectiles en las etapas iniciales del diseño, se emplean enfoques analíticos y numéricos. Para desarrollar el proceso de fragmentación de un proyectil a través de métodos numéricos, se despliega el mismo dentro de un entorno tridimensional mediante el uso de elementos finitos. Este enfoque no solo permite simular la detonación y fragmentación del proyectil, sino que también, proporciona una comprensión profunda de los efectos físicos y materiales involucrados en el proceso.

El proceso de simulación del proyectil comienza con una representación precisa del diseño original. Este modelo captura todos los detalles geométricos esenciales necesarios para la si-

FIGURA 1: SECUENCIA DE FRAGMENTACIÓN; t = 0, 80 y 120 µs[1]

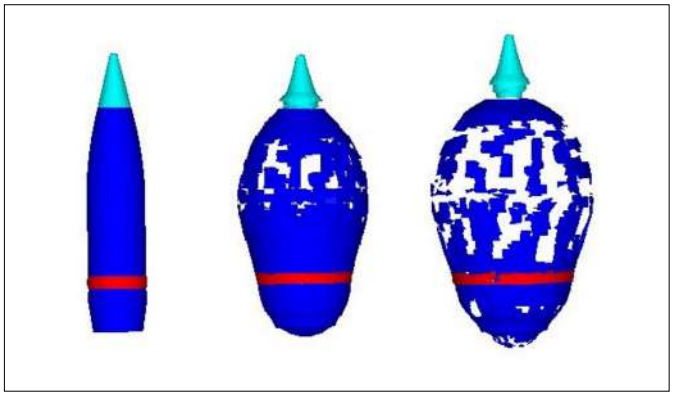


FIGURA 2: VALORES OBTENIDOS PARA DISTINTOS CASOS DE FRAGMENTACIÓN SEGÚN CONFIGURACIÓN DE CUERPO METÁLICO Y EXPLOSIVO EMPLEADO[2]

	Masa de fragmentos 1 g ≤ m ≤ 50 g			Total	
Proyectil	Masa med M	Masa min M min	Masa max M max	Numero N	Energía Cinética med Ek_{med}
-	g	g	g	-	kJ
Tipo 1	5.28	1.18	42.37	55	2.78
Tipo 2	4.04	1.37	49.77	72	1.36
Tipo 3	3.81	1.19	40.22	83	1.49
Tipo 4	3.64	1.19	49.83	117	2.81

1 https://cimec.org.ar/ojs/index.php/mc/article/view/6383/6418

2 https://cimec.org.ar/ojs/index.php/mc/article/view/6383/6418

mulación. Posteriormente, se genera una malla, como parte del método, lo cual asegura tanto la fidelidad del modelado como la captura efectiva de los fenómenos físicos.

Se procede a definir los materiales que componen el proyectil y se asignan las condiciones iniciales y de contorno apropiadas para la simulación. Estas condiciones son críticas, ya que determinan cómo el proyectil interactuará con su entorno y cómo responderá a las fuerzas y energías durante la detonación. El modelo preparado se transfiere a un solver especializado en la resolución de problemas complejos de dinámica de fluidos y estructuras en entornos tridimensionales que captura los efectos multi-materiales durante la detonación y fragmentación.

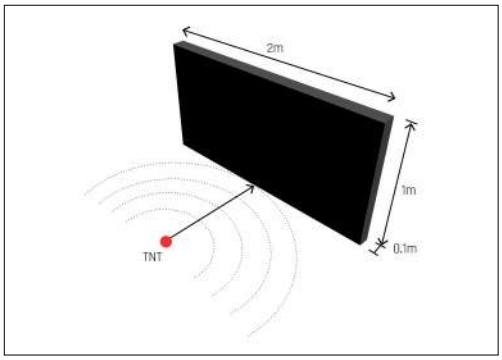
Diseño de estructuras resistentes a ondas de choques

Debido a actividades militares y terroristas, en diferentes partes del planeta han ocurrido a lo largo de los últimos años variados accidentes relacionados con explosiones producto de reacciones químicas. Los mismos causan graves daños sobre estructuras y se cobran víctimas humanas.

El diseño de estructuras capaces de soportar cargas explosivas producto de una detonación, como también, la mitigación, interrupción o direccionamiento de ondas de choque para proteger y poner a salvo personas se han vuelto temas de importancia en la sociedad moderna.

La predicción precisa de cargas producto de una detonación sobre elementos estructurales se ha convertido en aspecto de interés en el diseño y protección de estructuras.

FIGURA 3: VISTA DE MURO Y CARGA EXPLOSIVA SIMULADA[3]



Utilizando métodos de elementos finitos y dinámica de fluidos computacional, se modela la interacción entre explosivos y estructuras para evaluar la resistencia y vulnerabilidad de edificios y vehículos. Estas simulaciones han contribuido al diseño de estructuras más seguras y a la mejora de los protocolos de seguridad en entornos críticos.

La interacción de ondas de choque con estructuras presenta un enfoque multidisciplinario y de una fenomenología compleja en el que se ven envueltos análisis dinámicos estructurales, comportamiento de materiales, física de la onda de choque y propiedades balísticas.

La simulación numérica es de utilidad para constatar distintas configuraciones estructurales bajo una gran variedad de eventos supuestos (tipo de explosivo empleado, cantidad, locación, etc). Se han investigado y propuesto modelos numéricos para aceros y hormigones que representan fehacientemente el comportamiento de materiales estructurales sometidas a cargas explosivas.

El requerimiento de validación de resultados computacionales con ensayos experimentales juega un rol superlativo que acredita certezas con lo calculado numéricamente.

Analizando las vulnerabilidades estructurales producto de explosiones estudiadas computacionalmente se podrían seleccionar configuraciones resistentes o que minimicen daños.

Fragmentación y perforación de suelos

Los modelos en cuestión permiten simular con precisión el comportamiento de los explosi-

3 Neri Larios, F. (2011). *Caracterización de las ondas de choque sobre estructuras*

vos en diferentes condiciones y entornos.

Un caso notable de éxito en este campo es el trabajo realizado por el Laboratorio Nacional Lawrence Livermore (LLNL) en los Estados Unidos. Utilizando métodos numéricos avanzados, los investigadores de LLNL han desarrollado modelos detallados para simular la detonación de explosivos y la formación de cráteres en diversos materiales, incluyendo suelos y rocas.

Estas simulaciones han sido fundamentales para comprender los efectos de explosiones subterráneas y mejorar la eficacia de técnicas de detección y neutralización de explosivos improvisados (IEDs por sus siglas en inglés).

En este contexto, las tecnologías de simulación multi-física juegan un papel vital en ciclos de optimización y predicción del comportamiento de los procesos de perforación y fragmentación de suelos, proporcionando un análisis detallado y preciso de los diferentes fenómenos físicos y de operación.

La integración de flujos de trabajo automatizados con herramientas de diseño e ingeniería asistido por computadoras permite la optimización de procesos que redundan en mejoras productivas, cómo también, en seguridad.

FIGURA 4: DESPLAZAMIENTOS DEL MURO[4]

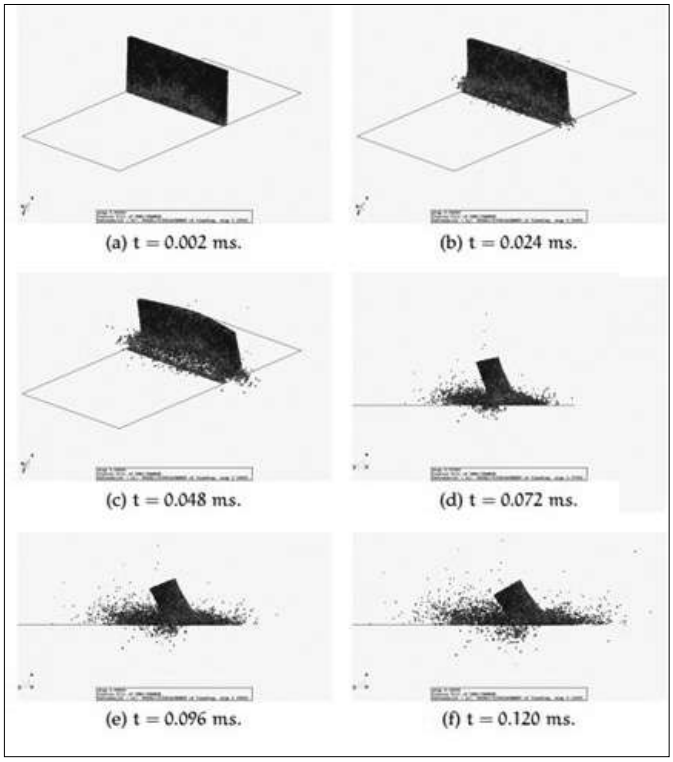
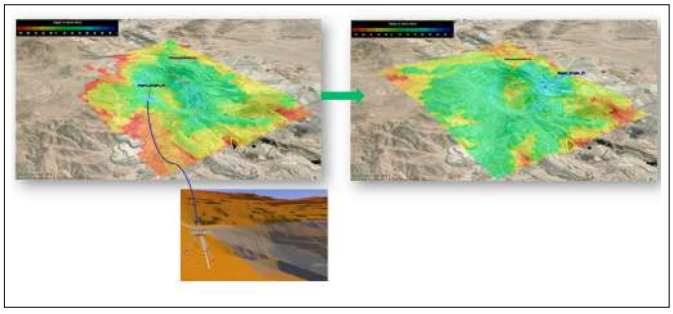


FIGURA 5: SIMULACIÓN DE LA SEÑAL DE UN RADAR EN UNA ZONA DE FRAGMENTACIÓN Y PERFORACIÓN[5]



Lo mencionado contribuye significativamente a la toma de decisiones informadas y, por lo tanto, a la mejor disposición de activos materiales.

4 Neri Larios, F. (2011). *Caracterización de las ondas de choque sobre estructuras*

5 https://www.esss.com/es/blog/revolucion-digital-mineria-simulacion/

Desafíos y oportunidades futuras

El análisis de la fenomenología de las detonaciones ha sido, y es aún, objeto de numerosos estudios para entender su comportamiento e interacciones. La ejecución fáctica de determinados ensayos para la obtención de información de interés requiere de elevados costos y un acondicionamiento estructural de considerables dimensiones, las cuales no siempre son situaciones alcanzables. La compresión del comportamiento de las ondas de expansión, compresión, choque y detonación permite acceder al conocimiento de los complejos fenómenos que suceden durante una detonación de un explosivo.

La interacción fluido-estructura consecuencia de ondas de choque en contacto con estructuras complejiza aún más lo detallado en el párrafo anterior debido, justamente a que, además, del análisis fluidodinámico deben atenderse fenómenos mecánicos estructurales en los cuales deben ser modelados los sólidos considerados como la corteza terrenal, el hormigón y aceros.

La simulación numérica de estos fenómenos requiere y estipula la convergencia de múltiples disciplinas, métodos numéricos, expertise de ingenieros, idóneos y operarios, técnicas modernas y computadoras con poder de cálculo acorde con los objetivos planteados.

El desarrollo de nuevos productos, soluciones y herramientas acorta ciclos y acelera sus plazos; se reducen la cantidad de prácticas materiales físicas, se eleva la calidad de los productos y resultados obtenidos. De esta manera, se mantienen las perspectivas de posicionar la simulación numérica como una tecnología clave en la temática.

Como consecuencia, el dominio del conjunto de aspectos relacionados con lo desarrollado se transformará en indispensable para la investigación, predicción y desarrollo. Permitirá el diseño de estructuras preparadas para soportar detonaciones accidentales o motivadas por fuerzas militares, optimizará el diseño de acción sobre el blanco, como también de los niveles de protección balísticas; la fragmentación de rocas en todo su espectro y la seguridad patrimonial.

El unidireccionamiento de la simulación computacional tradicional y las tecnologías emergentes permitirán un análisis multifísico de detalle que ayudará a predecir, optimizar, reducir costos y mejorar la seguridad preservando los intereses patrimoniales y humanos.

(*) Sebastián Ernesto Moreira: Mayor del Ejército Argentino; Ingeniero Químico (FIE-UNDEF); Jefe de la Ca Ing QBN Apy Emerg 601. Integrante del Laboratorio de Simulación y Cálculo Numérico (SiCaNLab) y docente en las asignaturas Detónica e Introducción a la Dinámica de Fluidos Computacional.

(*) Alberto Lara: Capitán del Ejército Argentino; Ingeniero Químico (FIE-UNDEF); Jefe del Laboratorio de Ensayos de Explosivos y Pirotecnia de la Facultad de Ingeniería del Ejército. Integrante del Laboratorio de Simulación y Cálculo Numérico (SiCaNLab) y docente en la asignatura Termodinámica General.

(*) Edgardo Aldo Serafín: General de Brigada (R); Ingeniero Químico (FIE-UNDEF); ex Director General de Investigación y Desarrollo del Ejército Argentino, ex Gerente General de Producción y Director Titular de Fabricaciones Militares Sociedad del Estado; Director de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería del Ejército; docente e integrante del Laboratorio de Simulación y Cálculo Numérico (SiCaNLab)

(*) Serra Norman Uriel: Ingeniero graduado de la carrera de Ingeniería Mecánica en Automotores en la Facultad de Ingeniería del Ejército, se desempeñó como Becario del Proyecto PIDEFF: "Estudio y Desarrollo de Blindajes Multicapas de Bajo Peso y Alta Resistencia Mecánica en Base a Cerámicas". Actualmente, trabaja en la industria privada del sector Oil & Gas.

3. CETPM “Grl. Mosconi”

3.1 Integrantes Año 2023

Consejo Directivo
> Decano FIE: CR OIM Alberto Nadale
> Vicedecano FIE: CR OIM José Barletta
> Director CEPTM: CR (R) OIM José Guglielmone

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. Carlos Iglesias Mónica
> CR OIM Miguel Ángel Juárez
> Ing. Arístides Domínguez

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 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 FAA
> 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
> TP Joaquín Samyn Ducó
> TP Christian Ausili
> Sr Axel Sacca
> Sr Matías Benítez

Colaboradores del CEPTM
> Dra. Mg. Nancy V. Perez
> Dr. Ing Miguel Guagliano
> Bioing. Romina Gudiño

3.1 Integrantes Año 2024

Consejo Directivo
> Decano FIE: CR OIM Alberto Nadale
> Vicedecano FIE: CR OIM David Fiorito
> Director CEPTM: CR (R) OIM José Guglielmone

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. Carlos Iglesias Mónica
> CR OIM Miguel Ángel Juárez
> Ing. Arístides Domínguez

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 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 FAA
> 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
> TP Joaquín Samyn Ducó
> TP Christian Ausili
> Sr Axel Sacca
> Sr Matías Benítez
> Sr Ignacio Pita

Colaboradores del CEPTM
> Dra. Mg. Nancy V. Perez
> Dr. Ing Miguel Guagliano
> Bioing. Romina Gudiño

3.2 Capacitaciones y eventos del CEPTM

Año 2023

> El 01 de junio se desarrolló una reunión con el propósito de realizar un acuerdo de trabajo conjunto con la Subsecretaría de Investigación Científica y Política Industrial para la Defensa (Ministerio de Defensa), participaron de la misma el Subsecretario y los integrantes del CEPTM de la Facultad de Ingeniería del Ejército "Grl Div Manuel N Savio" (FIE).

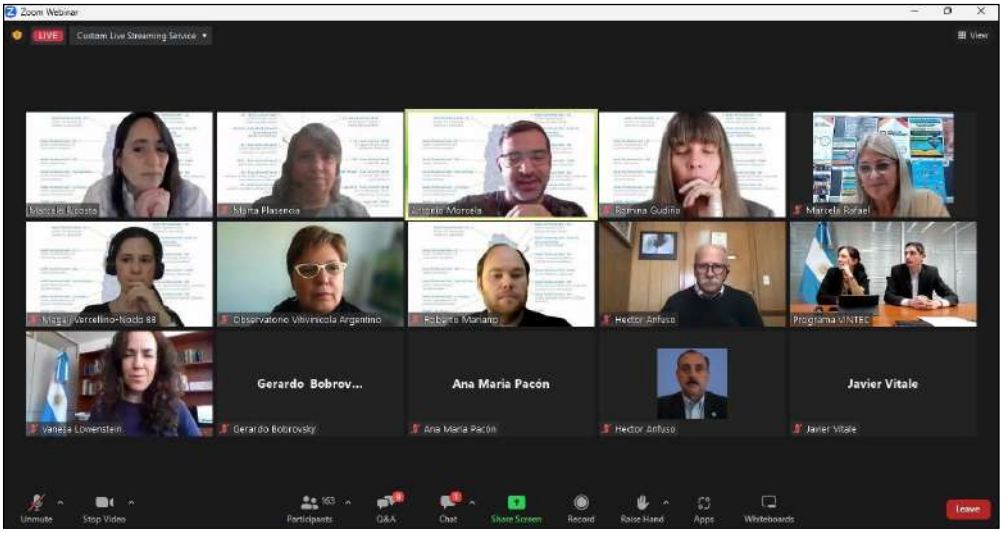
> El 10 de agosto se desarrolló una reunión con el Director General de Inversiones para la Defensa, Ing Desideri y su equipo de trabajo, con el objetivo de brindar propuestas de capacitación en la temática Vigilancia Tecnológica al personal del Ministerio. Participaron por parte de la FIE, el Vicedecano y los integrantes del CEPTM.

> Entre los días 20 al 22 de septiembre, se desarrolló en la ciudad de Paraná, Provincia de Entre Ríos, el XX Congreso Latino - Iberoamericano de Gestión Tecnológica y de la Innovación - ALTEC 2023. Asistieron en representación de la FIE, los analistas del Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar "Grl Mosconi" quienes participaron del Panel principal "El conocimiento como herramienta para la gestión de I+D+i en las universidades: vigilancia tecnológica e inteligencia, prospectiva y gestión del conocimiento" exponiendo las actividades que realiza el CEPTM en lo referido a la Vigilancia Tecnológica dentro del ámbito universitario de la FIE.

Durante el Congreso se presentaron ponencias en sesiones simultáneas sobre tendencias, líneas de pensamiento y experiencias en gestión de la ciencia, la tecnología y la innovación de los ámbitos Latino - Iberoamericano e internacional. El CR (R) Juan Carlos Perez Arrieu expuso el trabajo denominado: "El Valor de la Prospectiva para la Planificación en Seguridad Nacional, las Instituciones y las Empresas" y el analista CR (R) Alejandro Gazpio presentó el trabajo: "Almacenamiento de energía no convencional como energía hidráulica estudio de caso de aplicación práctica", disponibles para su lectura en esta edición.

Asimismo, se realizaron las elecciones del nuevo Presidente de ALTEC resultando elegida la Dra Nancy Pérez, actualmente directora de ALTEC por Argentina y colaboradora del CEPTM.

> Los días 27 y 28 de septiembre se desarrolló el 1° Simposio de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Estratégica. El objetivo del Simposio fue reunir a referentes iberoamericanos en distintas temáticas y herramientas que trabajan en el marco de la inteligencia estratégica, tales como la vigilancia tecnológica, la inteligencia competitiva o de mercados, la prospectiva y la propiedad intelectual. Fue organizado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Nación Argentina, a través



del Programa de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VINTEC) de la Dirección Nacional de Estudios, y la Red de Nodos Territoriales de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Estratégica. Integrantes del CEPTM participaron como moderadores del panel “Casos de aplicación de la vigilancia tecnológica y la inteligencia estratégica”:

> Los días 27 y 28 de septiembre se realizó el seminario “Tecnología Geoespacial para la Defensa” organizado por la Escuela Superior de Guerra “Tte Grl Luis María Campos” en el cual el Director del CEPTM, CR (R) José Guglielmone, estuvo presente como expositor brindando su experiencia y comentando las actividades y las temáticas desarrolladas por el CEPTM como Observatorio de Defensa y Seguridad para el MINCyT.

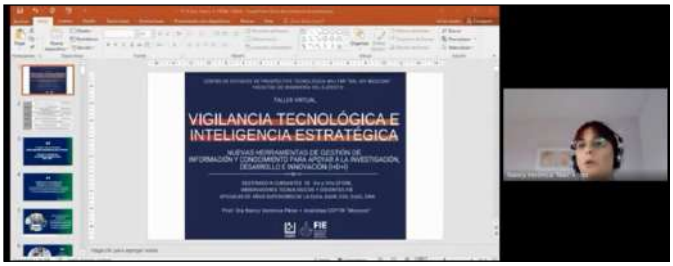
> El día 26 de octubre el CEPTM participó brindando una charla sobre las actividades de vigilancia realizadas en la reunión de orientación del Jefe del Estado Mayor General del Ejército a todos los coroneles y jefes de unidades del AMBA.

> Los días 13, 14 y 15 de noviembre se realizó una visita de inspección a la FIE, y en este contexto el CEPTM expuso sobre las actividades realizadas durante el presente año.

Año 2024

> El CEPTM "MOSCONI" incorpora anualmente alumnos avanzados de la FIE como observadores tecnológicos. Durante el año 2024 se incorporó al Sr Ignacio Pita, estudiante de la carrera Ingeniería en Informática.

> En el mes de abril se dictó un taller Curso - Taller: Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Estratégica y de Mercados para una gestión más eficiente de la información para la toma de decisiones en la era de la Data Science y la IA a cargo de la Dra Nancy Perez y con la colaboración de los analistas del CEPTM. El taller estuvo dirigido a cursantes de últimos años de los institutos educativos de las fuerzas armadas y al público interesado en la temática.



> En mayo 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 2023 y 2024 de la publicación anual TEC1000. Los artículos seleccionados a raíz de esta convocatoria forman parte de esta publicación.

> Durante la semana del 3 al 7 de junio, la Facultad de Ingeniería de la UBA celebró la edición 2024 de la Semana de la Ingeniería Argentina con una serie de charlas abiertas en las que participaron sectores tanto del ámbito público como privado. En este contexto, el CR (R) José Guglielmone, Director de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Director del Centro de Estudios "Grl Mosconi" de la FIE, fue invitado a formar parte del panel de expertos para exponer sobre el tema "Radares para la defensa de la soberanía nacional", una temática relevante para el desarrollo tecnológico y la defensa nacional.

> El 05 de junio los integrantes CEPTM de la FIE brindaron una charla sobre tendencias actuales en Tecnología Militar a los cadetes de 4to año del Colegio Militar de Nación, en el marco de la materia "Tecnología Militar Específica del Arma". El CR (R) José Guglielmone abrió la charla, seguido por el CR Walter Allende, quien expuso sobre los usos de los drones. Luego, el CR (R) Rafael Olivieri habló sobre Guerra Electrónica, mientras que el CR (R) Juan Carlos Perez Arreiu compartió

información sobre Prospectiva tecnológica y finalmente, el CR (R) Azpitarte expuso sobre Armas de Destrucción Masiva. Además, se presentaron las últimas investigaciones realizadas por el Centro.

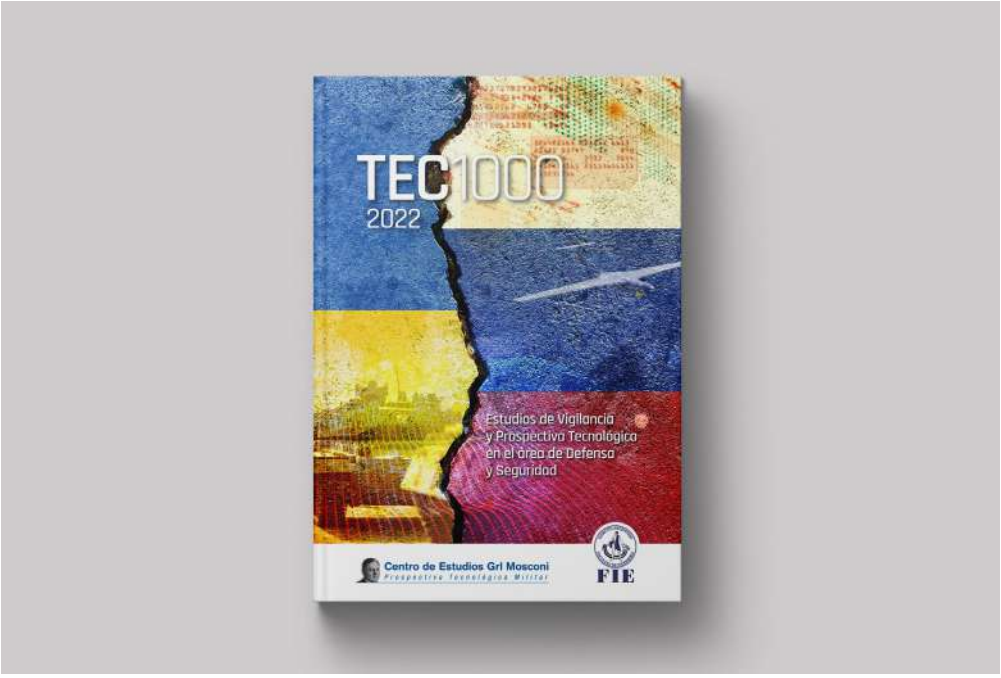
> En el mes de junio el CEPTM participó exponiendo en el panel de Prospectiva tecnológica e innovación para la defensa con una charla sobre Prospectiva e Innovación en la defensa argentina: en la CONFERENCIA BILATERAL OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS EN MATERIA DE INDUSTRIA DE DEFENSA. Este evento bilateral sobre la Industria para la Defensa reunió a miembros académicos, funcionarios del Ministerio de Defensa, autoridades militares y representantes de sectores de la industria para la defensa de ambos países, con el objetivo de promover posibles inversiones en la industria para la defensa de Argentina, y propiciar el diálogo sobre la innovación tecnológica para la defensa.

> En el mes de octubre el director del CEPTM, CR (R) José Guglielmone, participó del panel de expositores sobre Prospectiva Tecnológica en el CTID 2024 - Primer Congreso de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Defensa Nacional, organizado por el Ministerio de Defensa, que tuvo como objetivo crear un espacio institucional que permita la difusión de las capacidades de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación vinculadas a la Defensa Nacional, así como el intercambio y la articulación entre los participantes de diversos sectores académicos e industriales.

3.3 Publicaciones 2023/2024

> La edición "TEC 1000" año 2022 se publicó en el mes de diciembre. En esta edición se presentaron 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 a través del siguiente enlace: https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/wp-content/uploads/2023/12/TEC1000-2022-Digital.pdf



Esta ha sido registrada con los siguientes códigos:
ISBN 978-631-00-2155-3
ISSN 2591-4162
ISSN –L 2591-4162

> La página web del CEPTM "MOSCONI" se encuentra disponible en el siguiente enlace: https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/

> 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.

3.4 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 2023

> ENERO

https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/wp-content/uploads/2023/02/Newsletter-OTM-0123.pdf

> FEBRERO

https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/wp-content/uploads/2023/02/OTM-febrero23-ok.pdf

FIE Facultad de Ingeniería del Ejército
Universidad de la Defensa Nacional

OTM

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 2023

10 Breakthrough Technologies 2023

HECHOS PORTADORES DE FUTURO

MIT -10

TECNOLOGÍAS INNOVADORAS 2023

Las 10 tecnologías disruptivas que constituyen extraordinarios avances tecnológicos, que tendrán gran impacto en nuestras vidas y en el de futuras generaciones. Como aspecto de interés, la página permite que el lector seleccione y vote la "tecnología Nro 11", entre otras 4 alternativas que MIT presenta.

Leer + >>

INFRAESTRUCTURA

JAPÓN INCREMENTA NOTABLEMENTE SU PODER MILITAR.

El Primer Ministro de Japón, Kishida Fumio, aprobó recientemente, el más

ARMAMENTOS

EL PENTÁGONO REGULA EL DESARROLLO Y EMPLEO DE ARMAS AUTÓNOMAS CON CAPACIDAD LETAL.

El Departamento de Defensa de EUA (DoD -Pentágono) publicó en el 2012 un documento que estableció las normas y doctrina que regulan el desarrollo y empleo de los Sistemas de Armas Autónomas. Diez años después, ante la proliferación de este tipo de armas empleadas en diversos escenarios de conflicto,, así como la gran evolución que han tenido todas las tecnologías asociadas y las experiencias adquiridas, hacen que la citada norma se muestre desactualizada, confusa e insuficiente. Por lo citado, el DoD procedió a revisar el documento y publicar una nueva versión DoD Directive 3000.09, que tiene como propósito: "Establecer políticas y asignar responsabilidades, para el desarrollo y empleo de sistemas de armas con funciones semiautónomas y autónomas, incluyendo plataformas operadas

FIE Facultad de Ingeniería del Ejército
Universidad de la Defensa Nacional

OTM

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 2023

HECHOS PORTADORES DE FUTURO

NUEVO PROYECTO ISRAELÍ DE "INTERACCIÓN HUMANO – MAQUINA".

El objetivo del desarrollo del sistema es que de manera remota, segura, sencilla e intuitiva, el operador pueda dirigir decenas de UAS con misiones colectivas o individuales, utilizando de manera intensiva realidad virtual e Inteligencia Artificial. Las capacidades que puede otorgar este tipo de sistemas son obviamente de empleo dual, pero particularmente en el área de defensa, resultan de extraordinario interés a la luz de las experiencias obtenidas con el empleo de UAS en los últimos conflictos armados. "Estamos siendo testigos de una revolución en el campo de batalla moderno", dice una fuente oficial de las FDI.

Leer + >>

HYPERSONIC WEAPON

ARMAMENTOS

ARMAS HIPERSÓNICAS, INFORME PARA EL CONGRESO DE EE.UU. ENERO 2023.

La financiación de las armas hipersónicas ha estado relativamente restringida en el pasado. Sin embargo, tanto el Pentágono como el Congreso de EUA han mostrado un interés creciente en continuar con el desarrollo y el despliegue a corto plazo de sistemas de armas hipersónicas. Esto se debe en parte, a los avances en estas tecnologías que han logrado potencias como Rusia y China, las cuales tienen una variedad de programas de armas hipersónicas, que se estima muy probable hayan alcanzado un grado de desarrollo tal, que les permita desplegarlas en condiciones operativas.. Y lo que resulta aún mas preocupante, es que puedan ser armados con ojivas nucleares.

Leer + >>

> MARZO

https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/wp-content/uploads/2023/03/OTM-marzo23.pdf

> ABRIL

https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/wp-content/uploads/2023/04/OTM-abr23.pdf

FIE Facultad de Ingeniería del Ejército
Universidad de la Defensa Nacional

OTM
Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar
Rama Territorial de Defensa y Seguridad

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.

marzo 2023

HECHOS PORTADORES DE FUTURO

INTELIGENCIA ARTIFICIAL CHAT GPT

El pasado 30 de noviembre, cuando el mundo entraba en el espíritu de fin de año y tenía los ojos centrados en la Copa del Mundo en Qatar, debutó un programa que pronto se consideró un paso adelante en el avance de la inteligencia artificial: ChatGPT. Este nuevo sistema puede generar contenidos escritos de forma altamente coherente y muy parecidos a los creados por los humanos.

Leer + >>

INFRAESTRUCTURA

LAS 100 INNOVACIONES MÁS DESTACADAS DEL AÑO 2022.

Desde el año 1908, la publicación Popular Science presenta anualmente las innovaciones más destacadas en el período, que de una u otra forma contribuyen a mejorar el estándar y calidad de vida de los habitantes del planeta tierra. En el 2022, se presentó la edición Nro 35, habiendo sido elegida como la "Innovación del Año", el James Webb Space Telescope (JWST), que permitirá a la humanidad ver imágenes del universo, de formas nuevas e impresionantes hasta ahora desconocidas. Pero el JWST, es solo uno de los 100 logros tecnológicos que los editores de esa prestigiosa publicación, han seleccionado como merecedores de un especial reconocimiento.

Leer + >>

ARMAMENTOS

INVASIÓN A UCRANIA: RUSIA Y LA SITUACIÓN DE SUS STOCKS DE MUNICIÓN DE ARTILLERÍA DE TUBO, COHETES Y MISILES.

Según un informe del *Director Nacional de Inteligencia de EUA*, en el transcurso de la invasión a Ucrania, Rusia ha estado disparando munición de artillería de tubo, cohetes y misiles, a una tasa de consumo diario que resulta insostenible en el tiempo. Todo ello sobre la base de los stocks que se estima dispondría Rusia y la capacidad de producción de su Base Industrial de Defensa. Se observa que, al no ser capaz de sostener un régimen de abastecimiento de munición, necesario para mantener el ímpetu de las operaciones ocupando y consolidando los territorios invadidos, ha tenido que recurrir a la provisión de material bélico e insumos de otros países, como Irán y Corea del Norte. Después de casi un año de combates de alta intensidad, la situación también está afectando seriamente los stocks de armamento, de los países como EUA y de la NATO que asisten con sistemas de armas a Ucrania.

Leer + >>

QUÍMICA

LA GUERRA EN UCRANIA OBSTACULIZA EL CONTROL DE ARMAS NUCLEARES.

Moscú insistió en que todas las armas nucleares se basan en territorio nacional de aquellos países que disponen de esa capacidad y que se elimine la infraestructura para su apoyo

FIE Facultad de Ingeniería del Ejército
Universidad de la Defensa Nacional

OTM
Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar
Rama Territorial de Defensa y Seguridad

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.

abril 2023

HECHOS PORTADORES DE FUTURO

DESAFÍOS DE SEGURIDAD GLOBAL EN 2023.

La creciente aplicación de tecnologías emergentes por parte de países avanzados, incluidos Estados Unidos, Rusia y China, en sus ejércitos, dominará los escenarios de amenazas globales en 2023 y más allá. Estas tecnologías son la inteligencia artificial (IA), la ciberteconología, la tecnología espacial y la bioteconología.»El riesgo de uso accidental o intencional de tecnologías emergentes en una guerra de la década de 2020 es bastante real»..

Leer + >>

INFRAESTRUCTURA

VULNERABILIDADES DE LA CADENA DE SUMINISTROS DE MATERIALES CRÍTICOS.

La pandemia, la invasión rusa de Ucrania y los avatares de la economía en general resaltan las vulnerabilidades de las cadenas de suministros, que carecen de diversidad y dependen de insumos extranjeros. Este nuevo informe de la corporación RAND presenta un breve análisis exploratorio que resume, para los EEUU, el estado de los materiales críticos, es decir los materiales esenciales para la seguridad nacional y para el funcionamiento de la economía, utilizando dos estudios de casos y políticas disponibles para el Departamento de Defensa de los EEUU para aumentar la resiliencia de

ARMAMENTOS

FINLANDIA Y SUECIA UNIFICAN EL ARMAMENTO INDIVIDUAL DE SUS FUERZAS TERRESTRES.

La posibilidad de que Finlandia y Suecia se incorporen a la NATO, motivó que las autoridades de Defensa de ambos países firmen un acuerdo de largo plazo, para la unificación de las armas portátiles individuales de sus Fuerzas Terrestres, básicamente los Fusiles de Asalto y de Tirador Especial. La compañía finlandesa SAKO, reconocida mundialmente por la calidad de sus armas de precisión, será el núcleo base del acuerdo. Ella será la responsable de la fabricación de una familia de Fusiles de Asalto en calibres 5.56x45mm y 7.62x51mm y Fusiles de Sniper en calibre 7.62mm y 8.6mm (.338 lapua Mg). En los programas de modernización de ambos países, se planteó la necesidad de reemplazar el armamento individual, ya considerado obsoleto y particularmente el caso de Finlandia, que sus fuerzas están equipadas aún, con armas de modelos y en los calibres de la familia AK's de origen ruso. El acuerdo incluye inversiones en plantas de fabricación de munición en ambos países, que permitan asegurar el autoabastecimiento de ese recurso crítico.

Leer + >>

QUÍMICA

PROYECTO METALS DE DARPA.

El programa METALS de DARPA, tiene como objetivo alterar fundamentalmente la forma en que se considera el material en el proceso de diseño. El objetivo es desarrollar tecnologías que permitan

> MAYO

https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/wp-content/uploads/2023/05/OTM-Mayo23.pdf

> JUNIO

https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/wp-content/uploads/2023/06/OTM-junio23.pdf

FIE Facultad de Ingeniería del Ejército
Universidad de la Defensa Nacional

OTM Observatorio Tecnológico Militar
Nodo Territorial de Defensa y Seguridad

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.

mayo 2023

HECHOS PORTADORES DE FUTURO

DECADENCIA DE LA VERDAD Y SEGURIDAD NACIONAL - LA POSVERDAD.

Según este nuevo documento de RAND, Truth Decay , la llamada "Posverdad" afecta la seguridad y estabilidad del país. La decadencia de la verdad se refiere a un conjunto de cuatro tendencias relacionadas: creciente desacuerdo sobre hechos, la difuminación de la línea entre opinión y hecho, el creciente volumen e influencia de la opinión sobre los hechos y la disminución de la confianza en las fuentes. Es decir, las mentiras se asumen como si fuesen verdad por que así se sienten, o se asumen como reales, por que la mayoría las cree como verdaderas. La decadencia de la verdad hace más más vulnerable a la Nación.

Leer + >>

INFRAESTRUCTURA

GASTO MILITAR GLOBAL 2022 (SIPRI)

El Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI) ha publicado su informe del GASTO MILITAR GLOBAL(GME) del año 2022. Se destaca que GME ha aumentado anualmente desde 2015 y fue un 19 % más alto el año pasado que los 10 años anteriores, ajustado por inflación. El aumento del 3,7 % en términos reales fue uno de los saltos interanuales más grandes de los últimos años. Los países con más gasto militar del mundo en este período han sido EUA, China y Rusia y entre los tres suman el 53% del total global. La invasión de Rusia a

ARMAMENTOS

SWITCHBLADE 300 BLOCK 20: NUEVA LOITERING MUNITION

La empresa Aerovironment, ha presentado la última versión de su exitosa "Loitering munition"(LM), la Switchblade 300 block 20. Los sistemas Switchblade mod. 300 y 600, portátiles, muy livianos y especialmente diseñados para las pequeñas fracciones de combate y de exploración avanzada, han ganado prestigio al otorgar extraordinarias capacidades ISR y letales en los menores niveles. Su lanzamiento se realiza desde un pequeño tubo "tipo mortero", Switchblade 300 requiere solo dos minutos de preparación y se opera desde una tablet que garantiza conexión permanente con la LM, e incluso la capacidad de "desconectar" la misión o reconfigurar la misma en vuelo. Con un tiempo de vuelo de 20 minutos, las LM Switchblade están siendo empleadas por las Fuerzas de Defensa de Ucrania en la guerra contra Rusia, y han tenido una excelente aceptación por los elementos de combate empeñados en primera línea. Recientemente Ucrania ha recibido además las Switchblade 600, con superiores prestaciones y capacidad para destruir los poderosos tanques de batalla (MBT).

Leer + >>

QUÍMICA

LA FIEBRE DEL LITIO.

Las baterías recargables de iones de litio han sido fundamentales para impulsar la revolución mundial en la electrónica portátil. Este éxito pone a la vista un desafío ambicioso: la electrificación del transporte, un ingrediente crucial para un futuro bajo

HECHOS PORTADORES DE FUTURO

PROYECTO DE TECNOLOGÍA CUÁNTICA EN REDES MILITARES.

El programa QuANET (DARPA) busca aumentar la infraestructura de software y los protocolos de red existentes con propiedades cuánticas para mitigar algunos de los vectores de ataque que dominan las redes clásicas (no cuánticas). QuANET desarrollará una red de comunicación híbrida cuántica-clásica que aceptará tóolmente mejores cuánticas para la seguridad y el encubrimiento en las redes clásicas actuales.

Leer + >>

INFRAESTRUCTURA

PRESUPUESTO DE DEFENSA DE EUA PARA EL 2024.

El Presidente de EUA ha propuesto recientemente para su aprobación, el Presupuesto de Defensa para el 2024. Lo solicitado son US$ 842.000 Millones, monto que resulta un 3% superior al del año en curso. Las áreas consideradas prioridad y que serán las más impulsadas, se relacionan con el desarrollo de nuevos Sistemas Autónomos de empleo militar, jets de combate, misiles hipersónicos y submarinos, etc. Este presupuesto prioriza las inversiones en sectores críticos, que permiten avanzar en la implementación del Documento Rector para el Sector Defensa de ese país,, la *"National Defense Strategy"*. Las inversiones en Tecnologías Críticas y el renovado impulso a la Base Industrial de Defensa, se relacionan principalmente con la producción de munición, construcción de submarinos,

ARMAMENTOS

INFORME DEL CSIS SOBRE MISILES RUSOS EN UCRANIA.

Desde febrero de 2022, las fuerzas armadas rusas han empleado más de 5.000 misiles y ataques con drones, en la operación de invasión de ese país a Ucrania. El informe del «Center for Strategic and International Studies» (CSIS) de mayo de 2023, analiza la llamada «guerra de misiles» rusa y las capacidades de defensa aérea de Ucrania. El presente informe resulta de especial interés porque analiza en forma detallada, el empleo de diversos sistemas misilísticos de corto alcance y su utilización en ataques combinados, con variedad de Sistemas Aéreos Autónomos con capacidad letal (UCAS), así como Loitering Munitions (LM) o "drones kamikazes", para accionar no solo contra las fuerzas de Ucrania, sino además sobre poblaciones e infraestructura crítica de servicios básicos de ese país.

Leer + >>

QUÍMICA

CONSTRUYENDO MEJORES BATERÍA.

El informe de James Mitchell Crow destaca que la nueva generación de baterías deberá permitir almacenar mayor cantidad de energía para los vehículos eléctricos y dispositivos del futuro. Actualmente se están realizando investigaciones para desarrollar baterías recargables alternativas a las de iones de litio, con densidades de energía más altas y menos problemas de seguridad. Reemplazar el ánodo de grafito con uno de litio mismo es una idea, pero que

> JULIO

https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/wp-content/uploads/2023/07/OTM-julio23.pdf

> AGOSTO

https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/wp-content/uploads/2023/08/OTM-agosto23.pdf

FIE Facultad de Ingeniería del Ejército
Universidad de la Defensa Nacional

*Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el **Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Gral. Mosconi (CEPTM)** y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.*

julio 2023

HECHOS PORTADORES DE FUTURO

APLICACIONES MILITARES DE LA IA.

Las aplicaciones militares de la IA se han convertido en una parte esencial del funcionamiento militar y su importancia seguirá creciendo. La conciencia del potencial de la IA es vital para aprovecharla en las operaciones militares modernas. Las FFAA deben seguir el ritmo de estos desarrollos para mantener su seguridad y la ventaja tecnológica. Desde el procesamiento de datos hasta la simulación de combate, la IA se puede utilizar para realizar muchos trabajos diferentes.

Leer + >>

INFRAESTRUCTURA

EMPRESA UCRANIANA DE SISTEMAS DE PROPULSIÓN AÉREA CONTINÚA SU ACTIVIDAD PESE A LA GUERRA.

Pese a la intensidad de la Guerra en Ucrania y los intentos de Rusia por dañar la infraestructura y capacidades industriales de su oponente, la empresa estatal Ivchenko Progress Design Bureau ha continuado con el desarrollo y producción de sistemas de propulsión y motores, para satisfacer las necesidades de las FFAA de ese país. Los ataques masivos de las fuerzas rusas, no han impedido que la empresa mantenga su actividad incluso en la localidad de Zaporizhia, donde se ubica una de sus plantas productivas. Otra de las plantas que fue objetivo de los ataques rusos, es Lviv State Aircraft Repair Plant, donde se producen motores del MIG-29 Mikoyan que opera la Fuerza Aérea de Ucrania. La empresa se presentó recientemente en el PARÍS Air Show para mostrar su continuidad y capacidad para sostener

ARMAMENTOS

ENSAYO DE SISTEMA MODULAR DE ARMAS LÁSER DE ALTA ENERGÍA (HEL).

La US Air Force y la empresa RAYTHEON han ensayado su primer Sistemas Láser de Alta Energía (HEL) "Palletizado". Denominado HI, se trata de un Láser de 10 Kw de potencia completamente modular, lo que le permite ser instalado en cualquier tipo de plataformas. Estas características le otorgan una enorme versatilidad, ya que todo el conjunto puede ser transportado a donde se necesite, e instalado incluso en la caja de un vehículo liviano sin requerir adaptaciones especiales. Este tipo de armas es desarrollado para otorgar capacidades de Defensa Aérea Cercana (SHORAD) para tropas e instalaciones, frente a la amenaza aérea creciente de UAS y Loitering Munition que proliferan en el campo de batalla actual.

Leer + >>

QUÍMICA

LA MANUFACTURA ADITIVA (AM) Y SUS IMPLICANCIAS EN LA SEGURIDAD NUCLEAR.

La Manufactura Aditiva (AM – 3D Printing) podría tener un impacto significativo en el área de Seguridad Nuclear y sobre los esfuerzos de "No proliferación" implementados desde hace décadas a nivel global. Los avances de la aplicación de AM-3DP en el sector de manufactura del área nuclear, pueden facilitar la forma en que los países adquieran en corto plazo capacidades específicas, en especial las relacionadas con los componentes críticos para el desarrollo y producción

FIE Facultad de Ingeniería del Ejército
Universidad de la Defensa Nacional

*Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el **Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Gral. Mosconi (CEPTM)** y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.*

agosto 2023

Manuel Savio

HECHOS PORTADORES DE FUTURO

UN ALERTA PARA LA BASE INDUSTRIAL DE LA DEFENSA (BID).

La guerra en Ucrania también ha expuesto serias deficiencias en la BID, no solo de los EUA sino de los países de la alianza atlántica. Esto debería servir como un claro recordatorio de que un conflicto en cualquier lugar del planeta, requeriría hoy una industria de defensa capaz de fabricar munición, sistemas de armas y materiales suficientes para reemplazar reservas agotadas y un sistema de abastecimiento de esos efectos capaz de proveerlos a la primera línea de operaciones.

Leer + >>

INFRAESTRUCTURA

TENDENCIAS MUNDIALES DE ENERGÍA 2023.

Se ha presentado el informe sobre Tendencias Mundiales en Energía producido por EMERDATA, una prestigiosa empresa de investigación independiente, que se especializa en el análisis y pronóstico de temas energéticos y climáticos. Este informe proporciona puntos de referencia de datos energéticos y climáticos de 2021 frente a 2022 y un análisis detallado sobre dos temas: 1. ¿Cómo han evolucionado las emisiones de CO2 desde el Acuerdo de París y cuáles han sido los principales impulsores de esta evolución? y 2. ¿Qué medidas se han puesto en marcha para adaptarse a la

ARMAMENTOS

EL ROL DE LA ARTILLERÍA EN LA CONTRAOFENSIVA UCRANIANA.

Los Fuegos de Artillería, han resultado una capacidad vital para ambas partes desde el inicio de la invasión de Rusia a Ucrania, en Feb 2022. Al iniciarse la tan esperada contraofensiva ucraniana, el empleo de estos Sistemas de Apoyo de Fuego vuelven a ser motivo de atención en el ámbito de los expertos en temas de defensa. El presente artículo de RUSI (Royal United Services Institute), realiza un detallado análisis que aborda tanto cuestiones relacionadas con el empleo táctico de los sistemas, como aspectos técnicos y de orden logístico que deberían ser tenidos en cuenta. Los mismos resultan cruciales para realizar el mejor aprovechamiento de esta capacidad, indispensable para el éxito de la compleja operación ofensiva que se lleva adelante. Pasar de la Defensa al Ataque es un enorme desafío para Ucrania y existe la certeza que para ambas partes, los fuegos de artillería de campaña resultarán "*la capacidad clave*" para sostener la maniobra terrestre, en esta guerra de desgaste y de final impredecible.

Leer + >>

QUÍMICA

CHINA Y EL MONOPOLIO DE MINERALES CRÍTICOS COMO LAS "TIERRAS RARAS".

La decisión de las autoridades chinas de responder a la política de restricciones de ventas de tecnología avanzada por parte de EUA, ha puesto en alerta sobre los riesgos que el monopolio chino en el mercado de minerales críticos como las llamadas "Tierras Raras", presentan para las

> SEPTIEMBRE

https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/wp-content/uploads/2023/09/OTM-eptiembre23.pdf

> OCTUBRE

https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/wp-content/uploads/2023/10/OTM-1023.pdf

FIE Facultad de Ingeniería del Ejército
Universidad de la Defensa Nacional

OTM

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.

septiembre 2023

HECHOS PORTADORES DE FUTURO

LOS AVANCES EN LA FABRICACIÓN SON CLAVE PARA LA SEGURIDAD NACIONAL.

Cada una de las 14 áreas tecnológicas críticas descritas en la Estrategia de ciencia y tecnología de la defensa nacional de USA depende de la capacidad para aprovechar los procesos de fabricación de vanguardia de la base industrial. Esas tecnologías críticas incluyen biotecnología, microelectrónica, hipersónica y generación y almacenamiento de energía renovable, entre otras.

Leer + >>

INFRAESTRUCTURA

ESTRATEGIA DE C&T DE LA DEFENSA NACIONAL. INFORME DE EUA.

El informe remarca : – I Centrarse en la misión conjunta ; – II Crear y desplegar capacidades a velocidad y escala fomentando un ecosistema de innovación de defensa, acelerar la transición de nuevas tecnologías al campo y comunicarse de manera efectiva dentro y fuera el DOD ; – III Asegurar las bases para la investigación y el desarrollo, así como: reclutar, retener y cultivar talento, revitalizar nuestra infraestructura física, actualizar nuestra infraestructura digital,

ARMAMENTOS

LECCIONES APRENDIDAS DEL EMPLEO DE LOS MORTEROS DURANTE LA GUERRA EN UCRANIA.

El Mortero es un arma que mantiene su vigencia desde hace más de un siglo. como sistema de apoyo de fuego directo orgánico de las fuerzas de infantería a pie y mecanizadas. Ello está siendo demostrado en la actual guerra de Ucrania, donde ambas FFAA los emplean masivamente en toda la gama de calibres disponibles, por su relativa simplicidad, rusticidad, rapidez de disparo y extrema movilidad. Analizar el empleo de estas nobles armas y las tácticas empleadas en la guerra de Ucrania, permite obtener invaluables lecciones y enseñanzas de utilidad para los profesionales militares de todo el mundo. Estos temas son los que se tratarán en el evento "FUTURE MORTAR SYSTEMS", a realizarse próximamente en Londres (RUGB) y que se resumen en el presente artículo.

Leer + >>

QUIMICA

PRÁCTICAS PRUDENTES DE LABORATORIO: MANEJO Y GESTIÓN DE RIESGOS QUÍMICOS.

Nueva edición del libro Prácticas Prudentes en el Laboratorio (Prudent Practices in the Laboratory), preparado por el National Research Council de los

FIE Facultad de Ingeniería del Ejército
Universidad de la Defensa Nacional

OTM

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.

octubre 2023

HECHOS PORTADORES DE FUTURO

TECNOLOGÍAS EMERGENTES EN LA GUERRA DE UCRANIA.

El artículo examina el papel de los drones, la guerra cibernética, la guerra definida por software, la inteligencia artificial, y las tecnologías espaciales en la guerra en Ucrania. Revela cómo el conflicto se ha convertido en un campo de pruebas para nuevos sistemas militares.

Leer + >>

INFRAESTRUCTURA

DESARROLLO, PRODUCCIÓN Y SOSTENIMIENTO CONJUNTO DE SISTEMAS DE ARMAS CON PAÍSES ALIADOS

EUA está planificando la implementación de acuerdos de Desarrollo, Producción y Sostenimiento de sistemas de armas, con países aliados. El conflicto en Ucrania ha puesto en estado de alerta a las autoridades responsables de la Base Industrial de Defensa de ese país, al mostrar severas deficiencias logísticas y una preocupante disminución de los stocks de insumos indispensables para la guerra, como son las armas y sus municiones. La implementación de capacidades de fabricación de vectores de artillería GMLRS en Australia o el acuerdo entre RAYTHEON (EUA) y RAFAEL (Israel) de la "versión americanizada" del misil Interceptor israelí TAMIR, son algunos de los primeros avances en este esfuerzo por disponer de líneas de "Co – producción" con otros países.

Leer + >>

ARMAMENTOS

RUSIA Y SU "GUERRA DE ARTILLERÍA" EN UCRANIA.

Pese a que Rusia ha experimentado dificultades y deficiencias en el campo de batalla, durante las operaciones de invasión a Ucrania, la Artillería de ese país demostró ser un componente fundamental para dificultar y desgastar al accionar de las FFTT de Ucrania, en su intento por recuperar el territorio. El artículo de RUSI (Royal United Services Institute) analiza de qué manera las Fuerzas Rusas han adaptado su doctrina y prácticas tradicionales para el empleo de la artillería, que en opinión de los expertos está mostrando una gran eficacia. Ello le ha permitido adaptarse, a los desafíos que se le presentan ante un oponente como Ucrania, determinado a resistir y equipado con modernos sistemas de armas provistos por EUA y otros países.

Leer + >>

QUÍMICA

ESTUDIO SOBRE RENDIMIENTO DE UNA CARGA HUECA USANDO UN REVESTIMIENTO DE CARGA DE DOBLE CAPA CON TUNGSTENO DEPOSITADO QUÍMICAMENTE.

Este artículo propone un tipo de revestimiento de carga de doble capa, fabricado mediante deposición química de vapor (CVD) y que tiene Tungsteno como revestimiento interior. La viabilidad de este diseño se evaluó mediante pruebas de penetración a partir de revestimientos de carga de doble capa utilizando CVD para depositar capas de tungsteno en las superficies internas de revestimientos de cobre puro.

> NOVIEMBRE

https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/?page_id=6576

FIE Facultad de Ingeniería del Ejército
Universidad de la Defensa Nacional

Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Gral. Mosconi (CEPTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.

noviembre 2023

HECHOS PORTADORES DE FUTURO

PRESUPUESTO DE DEFENSA ARGENTINA 2024.

El Ministerio de Economía de la Argentina envió el proyecto de ley de presupuesto para 2024, en donde se destina un total de 2,28 billones de pesos al área de defensa, aunque es preciso aclarar que de ellos solo 1,27 billones van a gastos de defensa y los restantes 1,005 billones se dedican al pago de jubilaciones y pensiones. Solo los Ministerios de Defensa y de Seguridad pagan las jubilaciones y pensiones con sus fondos, mientras que todas las demás jubilaciones y pensiones del país son pagadas por el Ministerio de Trabajo.

Leer + >>

INFRAESTRUCTURA

PROBLEMAS QUE SE PRESENTAN CON EL EQUIPAMIENTO DE LAS TROPAS PARA EL COMBATE EN EL ÁRTICO.

El US Army enfrenta una serie de desafíos para lograr que sus tropas puedan operar de manera efectiva en la Región Ártica, zona hoy de gran relevancia estratégica. Ocurre que muchos sistemas de armas, vehículos y toda clase de equipamiento estándar, no funcionan en esas zonas de condiciones climáticas extremas. La realización de ejercitaciones realistas, ha puesto en evidencia la necesidad de adoptar nuevos enfoques innovadores para la resolución de muchos problemas asociados a las bajas temperaturas y el clima extremo. Baterías de los dispositivos electrónicos que se descargan rápidamente, comunicaciones que no funcionan

ELECTRÓNICA

TEXTRON Y RHEINMETALL PRESENTAN ARMA ANTI-DRONES (C-UAS).

La proliferación de UAS que se observa en los escenarios de guerra actuales, exige que las FFAA de los países se concentren en el desarrollo de sistemas de uso terrestre destinados a neutralizar este tipo de amenazas. En EUA, se presentó un proyecto con tecnología de las empresas Rheinmetall y del fabricante de vehículos terrestres no tripulados (UGV) Textron Defense Systems. El sistema «inteligente» de defensa aérea de corto alcance (SHORAD), denominado «Skyranger 30», cuenta con una torreta automatizada de Rheinmetall combinada con un UGV robótico RIPSAW M5 desarrollado por Textron Defense Systems.

Leer + >>

QUÍMICA

CRECE LA DEMANDA EN EL MERCADO DE MOTORES COHETE DE PROPULSANTE SÓLIDO.

La empresa L3Harris adquirió uno de los dos principales proveedores de Motores Cohete de Propulsante Sólido, la reconocida firma Aerojet Rocketdyne. Los recientes conflictos en curso y otros que se avecinan, han producido un incremento de la demanda de propulsantes para sistemas de armas críticos como el misil Atan Javelin, el antiaéreo portátil (MANPADS) Stinger o los cohetes para los MLRS. Por ello, estos reposicionamientos de empresas tienen por objetivo establecer programas de incremento de las capacidades productivas de los establecimientos industriales, para

> DICIEMBRE

https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/wp-content/uploads/2023/12/Newsletter-diciembre-2023-Observatorio-Tecnologico-Mosconi.pdf

FIE Facultad de Ingeniería del Ejército
Universidad de la Defensa Nacional

Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Gral. Mosconi (CEPTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.

diciembre 2023

HECHOS PORTADORES DE FUTURO

IA. APRENDIZAJE AUTÓNOMO Y AUTONOMÍA LETAL.

Aunque los funcionarios insisten en que los humanos siempre tendrán el control, los expertos dicen que los avances en la velocidad de procesamiento de datos y las comunicaciones de máquina a máquina inevitablemente relegarán a las personas a roles de supervisión.

Leer + >>

INFRAESTRUCTURA

INFORME RAND SOBRE LOGÍSTICA Y MANTENIMIENTO EN LAS FUERZAS ARMADAS DE RUSIA.

Muchos analistas han identificado las fallas en el sistema ruso de logística y mantenimiento como un factor clave en el bajo desempeño de Rusia en la invasión a Ucrania en 2022. En este informe de la Agencia RAND, el autor presenta una breve descripción general del sistema ruso de logística y mantenimiento de materiales y sus problemas, que ya habían sido identificados y expuestos por autores rusos antes de febrero de 2022. El informe aporta información de gran interés sobre cuestiones de logística y mantenimiento durante los primeros tres meses de la guerra.

Leer + >>

ELECTRÓNICA

UCRANIA IMPULSA EL FRENTE DE GUERRA ELECTRÓNICA PARA DERROTAR A RUSIA.

La guerra electrónica, o EW, por sus siglas en inglés, implica armas o tácticas que utilizan el espectro electromagnético. Ambos ejércitos lo están empleando en este conflicto, predominantemente a través de bloqueadores electrónicos que desactivan los sistemas de puntería guiados por GPS de proyectiles y cohetes, haciendo que no alcancen sus objetivos. Después de casi seis meses de la lenta y agotadora contraofensiva de Ucrania, está claro que Rusia no solo ha construido defensas físicas sino también formidables defensas electrónicas, y los soldados ucranianos en el frente están teniendo que adaptarse rápidamente. Según CNN a principios de noviembre, apareció en internet un video de un dron que parecía mostrar un ataque dirigido que hacía estallar tres antenas en el tejado de un bloque de apartamentos. El comandante ucraniano del dron que lo publicó afirmó haber destruido un sistema de guerra electrónica ruso Pole-21 en el frente oriental, cerca de Donetsk.

Leer + >>

EMERGENCIAS Y CATÁSTROFES

EL RÁPIDO DERRETIMIENTO DE LA ANTÁRTIDA PARECE SEGURO,

Año 2024

> ENERO

https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/wp-content/uploads/2024/02/OTM-Enero2024.pdf

FIE Facultad de Ingeniería del Ejército
Universidad de la Defensa Nacional

OTM
Nodo Territorial de Defensa y Seguridad

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 2024

HECHOS PORTADORES DE FUTURO

"LA NIEBLA DE LA GUERRA" - CONFLICTO PALESTINO - ISRAELÍ

El conflicto palestino-israelí es una cuestión que trasciende la mera geopolítica. Es una competencia de narrativas, una batalla donde las historias y las percepciones ejercen tanto poder como las fuerzas físicas. En esta intrincada lucha, la desinformación emerge como un arma poderosa.

Leer + >>

INFRAESTRUCTURA

EL COMANDO DE MATERIAL DEL US ARMY ANALIZA LAS LECCIONES APRENDIDAS DE LA GUERRA EN UCRANIA

Las lecciones aprendidas de la Guerra en Ucrania, así como la posibilidad de futuros conflictos en Medio Oriente o en el Mar del Sur de China, han dado lugar a serios debates en el ámbito político – militar de EUA, en relación con la alternativa de: *"Tener grandes stocks de esos materiales y equipos versus disponer de una Base Industrial de Defensa en condiciones de producir en grandes cantidades en poco tiempo"*. A ello se agrega la necesidad de realizar el sostenimiento y mantenimiento de armas y equipos que EUA tiene "pre – posicionados" en muchas regiones del mundo. En tiempos de escasos

ELECTRÓNICA

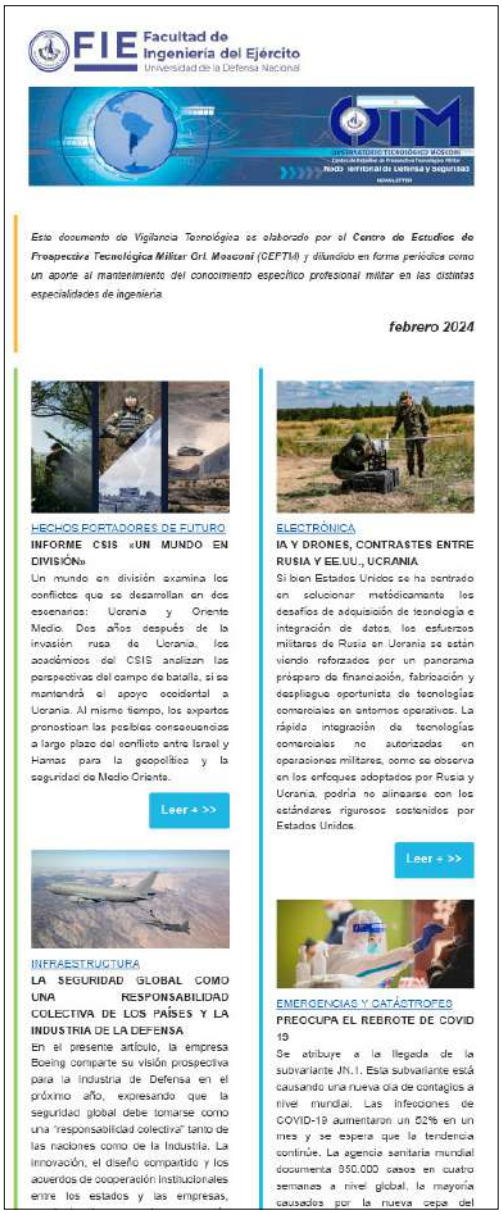
DRAGONFIRE, EL ARMA LÁSER DE ENERGÍA DIRIGIDA (DEW) DE LA ARMADA DE GRAN BRETAÑA

La Armada del RUGB, realizó por 1ra vez ensayos exitosos con su Sistema de Armas Láser de Energía Dirigida (LDEW). Como parte del programa DragonFire, la British Navy junto con las empresas MBDA, Leonardo y QinetiQ, ensayaron esta arma láser de gran potencia, capaz de neutralizar amenazas aéreas como drones o misiles de crucero, a varios km de distancia. Con un costo estimado de US$ 13 "por cada blanco neutralizado", el objetivo es disponer de LDEW instalados en los buques de guerra de esa flota. De esa manera, se mejorará sensiblemente la relación Costo / Efecto, evitando así el empleo de misiles que cuestan millones, para destruir UAS u otras amenazas más rudimentarias y económicas. El conflicto actual en el Mar Rojo, con los ataques de los milicias Houbi sobre buques militares de EUA y RUGB, han reforzado la necesidad de disponer de estas armas en estado operativo en el menor tiempo posible.

Leer + >>

> FEBRERO

https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/wp-content/uploads/2024/02/OTM-Febrero2024.pdf



FIE Facultad de Ingeniería del Ejército
Universidad de la Defensa Nacional

OTM
Nodo Territorial de Defensa y Seguridad

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 2024

HECHOS PORTADORES DE FUTURO

INFORME CSIS «UN MUNDO EN DIVISIÓN»

Un mundo en división examina los conflictos que se desarrollan en dos escenarios: Ucrania y Oriente Medio. Dos años después de la invasión rusa de Ucrania, los académicos del CSIS analizan las perspectivas del campo de batalla, si se mantendrá el apoyo occidental a Ucrania. Al mismo tiempo, los expertos pronostican las posibles consecuencias a largo plazo del conflicto entre Israel y Hamas para la geopolítica y la seguridad de Medio Oriente.

Leer + >>

INFRAESTRUCTURA

LA SEGURIDAD GLOBAL COMO UNA RESPONSABILIDAD COLECTIVA DE LOS PAÍSES Y LA INDUSTRIA DE LA DEFENSA

En el presente artículo, la empresa Boeing comparte su visión prospectiva para la industria de Defensa en el próximo año, expresando que la seguridad global debe tomarse como una "responsabilidad colectiva" tanto de las naciones como de la industria. La innovación, el diseño compartido y los acuerdos de cooperación institucionales entre los estados y las empresas,

ELECTRÓNICA

IA Y DRONES, CONTRASTES ENTRE RUSIA Y EE.UU., UCRANIA

Si bien Estados Unidos se ha centrado en solucionar metódicamente los desafíos de adquisición de tecnología e integración de datos, los esfuerzos militares de Rusia en Ucrania se están viendo reforzados por un panorama próspero de financiación, fabricación y despliegue oportunista de tecnologías comerciales en entornos operativos. La rápida integración de tecnologías comerciales no autorizadas en operaciones militares, como se observa en los enfoques adoptados por Rusia y Ucrania, podría no alinearse con los estándares rigurosos sostenidos por Estados Unidos.

Leer + >>

EMERGENCIAS Y CATÁSTROFES

PREOCUPA EL REBROTE DE COVID 19

Se atribuye a la llegada de la subvariante JN.1. Esta subvariante está causando una nueva ola de contagios a nivel mundial. Las infecciones de COVID-19 aumentaron un 52% en un mes y se espera que la tendencia continúe. La agencia sanitaria mundial documenta 850.000 casos en cuatro semanas a nivel global, la mayoría causados por la nueva cepa del

> MARZO

https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/wp-content/uploads/2024/03/OTM-0324.pdf

FIE Facultad de Ingeniería del Ejército
Universidad de la Defensa Nacional

OTM
Nodo Territorial de Defensa y Seguridad

Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Gral. Mosconi (CEPTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.

marzo 2024

HECHOS PORTADORES DE FUTURO
MANUFACTURA ADITIVA – CONAE LANZADOR TRONADOR
En el centro espacial en Córdoba, la CONAE finalizó el desarrollo de la tecnología de manufactura aditiva, a la vanguardia de las agencias espaciales del mundo, que permitió fabricar la primera cámara de empuje regenerativa en la Argentina con esta metodología. Con este logro se avanza en el motor de segunda etapa del cohete.

Leer + >>

INFRAESTRUCTURA
OBJETIVOS Y CAPACIDADES MILITARES RUSOS EN UCRANIA HASTA 2024
Es probable que las fuerzas rusas alcancen su punto máximo en la guerra con Ucrania a finales de 2024, con desafíos materiales cada vez mayores en el transcurso de 2025. Este artículo busca esbozar las intenciones de Rusia para obtener la victoria en este conflicto, con el fin de proporcionar bases que permitan planificar de qué manera podría alterarse su plan. Describir la intención y las capacidades de Rusia, no representa una evaluación acerca de las probabilidades ciertas de que tenga éxito.

Leer + >>

ELECTRÓNICA
LIDS, CÚPULA ANTIAÉREA QUE DERRIBA HASTA 30 DRONES A LA VEZ
El Ejército de Estados Unidos presentó su nuevo escudo antidrones compuesto por el radar denominado KuRFS (Sistema de Radiofrecuencia de banda Ku), el lanzador del interceptor Coyote, la tecnología control y comando de Northrop Grumman y un sistema de guerra electrónica fabricado por Syracuse. El sistema puede detectar, identificar y seguir hasta 30 aeronaves no tripuladas de forma simultánea.

Leer + >>

EMERGENCIAS Y CATÁSTROFES
ALERTA MOSQUITOS: LOS VIRUS TRANSMITIDOS POR ESTOS INSECTOS PODRÍAN PROVOCAR UNA NUEVA PANDEMIA
El COVID-19, aún está vigente en todo el planeta y aparecen variantes que impulsan rebrotes. Expertos ya pusieron su mirada en una posible nueva pandemia potenciada por el cambio climático y el calentamiento global. La OMS advirtió que los mosquitos podrían ser los responsables de una nueva enfermedad que ponga en alerta al mundo. Por ello las autoridades señalaron que, en 2003, cuando surgió el SARS, planeta había tenido una "señal", luego en 2009 se intensificó con la pandemia de influenza, "pero todavía había lagunas en nuestra preparación". "La próxima pandemia podría, muy probablemente, deberse a un nuevo arbovirus. Y también vemos algunas señales que el riesgo está aumentando". Cierto es que los arbovirus están en las zonas tropicales y subtropicales del planeta.

> ABRIL

https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/wp-content/uploads/2024/04/Newsletter-abril-2024-Observatorio-Tecnologico-Mosconi.pdf

FIE Facultad de Ingeniería del Ejército
Universidad de la Defensa Nacional

OTM
Nodo Territorial de Defensa y Seguridad

Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Gral. Mosconi (CEPTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.

abril 2024

HECHOS PORTADORES DE FUTURO
COMPUTACIÓN CUÁNTICA - PROBLEMA DE SEGURIDAD
La inevitabilidad futura de las computadoras cuánticas es hoy un problema de seguridad. La computadora cuántica aprovecha algunas de las propiedades de la mecánica cuántica para lograr grandes aumentos de potencia de procesamiento. Las máquinas cuánticas prometen superar incluso a las supercomputadoras tradicionales más poderosas, un hito conocido como ventaja cuántica.

Leer + >>

INFRAESTRUCTURA
CHINA PRESENTA NUEVA CATAPULTA ELECTROMAGNÉTICA (EMALS) PARA PORTAAVIONES.
Investigadores de China afirman haber desarrollado un nuevo y poderoso Sistema Electromagnético de Lanzamiento de Aeronaves (EMALS) para su empleo en portaaviones. Este sistema de catapulta electromagnética es capaz de acelerar un avión de 30tn. de 0 a 70m/s en solo 2.1seg, El nuevo sistema es mucho más eficiente que los tradicionales en servicio, su infraestructura es más simple, requiere menos mantenimiento y su tiempo de recuperación para la realización de sucesivos lanzamientos es inferior. Si bien EEUU es pionero en el desarrollo de EMALS y los tiene en servicio desde hace años, el rendimiento de los mismos no ha sido satisfactorio. El desarrollo presentado por el "School of

ELECTRÓNICA
IA, PROYECTO TITAN DE COMANDO CONTROL Y TARGETING
TITAN es una estación terrestre que tiene acceso a sensores especiales, de gran altitud, aéreos y terrestres para proporcionar información de objetivos procesable para un comando tipo misión mejorado y fuegos de precisión de largo alcance. TITAN busca mejorar la automatización del reconocimiento de objetivos y la geolocalización desde múltiples sensores para reducir el tiempo de sensor a tirador (S2S) a través de nominaciones de objetivos y fusionar la imagen de inteligencia común.

Leer + >>

EMERGENCIAS Y CATÁSTROFES
DENGUE SIN FRENO, AUMENTO EXPONENCIAL DE CASOS, RÉCORDS HISTÓRICOS Y ALERTA PARA LOS PRÓXIMOS MESES
Según el reporte epidemiológico del Ministerio de Salud de la Nación, hasta la última semana se registraron 57.210 casos de dengue: 52.770 sin antecedentes de viaje (autóctonos), 2.497 importados y 1.943 en investigación. Ya son 38 las personas muertas en todo el país, entre ellas un bebé y dos adolescentes. Hay 17 jurisdicciones con circulación viral y la incidencia es de 121 casos cada cien mil habitantes. Se trata de Provincia y Ciudad de Buenos Aires Córdoba, Entre Ríos, Santa Fe, San Luis, Chaco, Corrientes, Formosa, Misiones, Catamarca, Jujuy, La Rioja, Salta,

> MAYO

https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/wp-content/uploads/2024/05/OTM-Mayo24.pdf

> JUNIO

https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/wp-content/uploads/2024/06/OTMjunio24.pdf

FIE Facultad de Ingeniería del Ejército
Universidad de la Defensa Nacional

OTM
Observatorio Tecnológico Mosconi
Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar
Radar tecnológico de defensa y seguridad
Newsletter

Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Grl. Mosconi (CEPTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.

mayo 2024

EBOLA
10 YEARS LATER
WHAT HAS CHANGED ?

HECHOS PORTADORES DE FUTURO

DQBN - EBOLA - LECCIONES APRENDIDAS

Nadie puede poner fecha de caducidad a la peste, la gripe o el Ebola . Han pasado 10 años desde el mayor brote de Ébola de la historia. Esto es lo que hemos aprendido. En el décimo aniversario del brote, el renombrado experto en Ébola, el Dr. Michel Van Herp, analiza el mayor brote de Ébola de la historia y responde cinco preguntas clave.

Leer + >>

INFRAESTRUCTURA

NUEVOS INSTITUTOS DE TECNOLOGÍA ESTRATÉGICA ESPACIAL EE.UU.

La Fuerza Espacial de EE. UU. ha otorgado acuerdos de cooperación a la Universidad Texas A&M y la Universidad de Cincinnati para financiar investigación y desarrollo de tecnología relacionados con operaciones en el espacio por hasta $37,6 millones y $11,5 millones, respectivamente. Los recursos estarán disponibles durante un período de ejecución de cinco años. Los proyectos previstos tienen por objetivo mejorar la movilidad, la logística y el reabastecimiento de las misiones en el espacio.

Leer + >>

ELECTRÓNICA

ARMAS DE ENERGÍA DIRIGIDA (DEW), PODEROSO SISTEMA LÁSER SERÁ INSTALADO EN BUQUES DE LA ROYAL NAVY EN 2027

Un poderoso Sistema de Armas de Energía Dirigida (DEW – Láser) será agregado al arsenal de herramientas letales de la flota de la Royal Navy (RUGB) en los próximos 3 años. La necesidad de disponer de armas capaces de hacer frente a la amenaza de drones y misiles para neutralizarlos eficientemente, ha crecido de manera exponencial, como se puede observar en los conflictos recientes y actuales. Las acciones de Fuerzas Houtes (Yemen) sobre buques en el mar Rojo, o el ataque de Irán a Israel (13Abr24), en que drones letales, misiles balísticos y de crucero participaron en ataques masivos sobre un país, muestran que ni siquiera los más avanzados sistemas de Def Ae hoy existentes, como el Iron Dome, David Sling y otros, pueden afrontar por sí solos ese tipo de amenaza, que se presenta como una tendencia en futuros escenarios de conflicto.

Leer + >>

OPAQ

EMERGENCIAS Y CATÁSTROFES

DEL CENTRO DE QUÍMICA Y TECNOLOGÍA Y EL FUTURO DE LA OPAQ

Con la destrucción de los últimos arsenales restantes de armas químicas declaradas en 2023, la Organización para la Prohibición de las Armas Químicas (OPAQ) debe adaptarse a un nuevo papel. La inauguración del Centro de Química y Tecnología (CCT) de la OPAQ en 2023 proporciona un nuevo recurso para ayudar a la organización y a la comunidad

FIE Facultad de Ingeniería del Ejército
Universidad de la Defensa Nacional

OTM
Observatorio Tecnológico Mosconi
Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar
Radar tecnológico de defensa y seguridad
Newsletter

Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Grl. Mosconi (CEPTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.

junio 2024

HECHOS PORTADORES DE FUTURO

CHINA CREA LA FUERZA DE APOYO A LA INFORMACIÓN (ISF)

Los elementos constitutivos de la ISF recientemente establecida son sistemas de información de red y soporte de comunicaciones complementados con una posible defensa de red. La ISF está orientada principalmente a proteger y defender las redes chinas contra intrusiones y ataques externos. Al frente de esta fuerza está el teniente general Bi Yi quién había sido el subdirector de la SSF , también se anunció el nombramiento del comisario político del nuevo FSI, Li Wei.

Leer + >>

INFRAESTRUCTURA

MARCO PARA EVALUAR C&T DE CHINA QUE PODRÍA AFECTAR LAS CAPACIDADES MILITARES DE EE.UU.

El presente trabajo analiza y aporta posibles soluciones, que permitan a EEUU evaluar los programas de ciencia y tecnología (C&T) que lleva adelante China, a fin de generar un mejor conocimiento del estado de situación. Ello permitiría planificar, la implementación de programas de mediano y largo plazo, necesarios para incorporar las capacidades militares indispensables para hacer frente a las futuras amenazas.

Leer + >>

ELECTRÓNICA

INNOVACIONES DISRUPTIVAS X

La prestigiosa serie DISRUPTIVE INNOVATIONS de Citi Global Perspectives & Solutions, ahora en su décima edición, aborda estas preguntas y ofrece diez nuevas innovaciones en etapa inicial, que pronostica como *Nuevos Factores de Disrupción Tecnológica*, cubriendo campos como la biotecnología, computación, energía, sensores e IA, entre otros.

Leer + >>

EMERGENCIAS Y CATÁSTROFES

DQBN – IAEA SITUACIÓN EN UCRANIA

La central nuclear de Zaporizhzhya (ZNPP) de Ucrania perdió temporalmente la conexión a su única línea eléctrica externa de 750 kilovoltios (kV) esta tarde debido a un cortocircuito reportado. "Que la central nuclear más grande de Europa dependa de una o dos líneas eléctricas es un motivo de profunda preocupación y claramente no es sostenible.", dijo el Director General Grossi.

Leer + >>

> JULIO

https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/wp-content/uploads/2024/07/OTM-julio24.pdf

> AGOSTO

https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/wp-content/uploads/2024/08/OTM-ago24.pdf

FIE Facultad de Ingeniería del Ejército
Universidad de la Defensa Nacional

OTM Observatorio Tecnológico Mosconi
Nodo Territorial de Defensa y Seguridad
NEWSLETTER

Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el ***Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Grl. Mosconi*** *(CEPTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.*

julio 2024

HECHOS PORTADORES DE FUTURO

NUEVOS ENSAYOS DE ARMAS HIPERSÓNICAS

El Departamento de Defensa de EEUU ha dado un nuevo paso adelante en el Programa de Desarrollo de Misiles Hipersónicos. El US Army y el US Navy realizaron recientemente un ensayo funcional y operativo en sus instalaciones del Pacific Missile Range (Hawaii). Ambas fuerzas llevan adelante un esfuerzo conjunto, para el desarrollo del Common Hypersonic Glide Body (CHGB).

Leer + >>

INFRAESTRUCTURA

NOVENO GRAN PARQUE EÓLICO MARINO APROBADO PARA SU CONSTRUCCIÓN POR EL BOEM DE EE.UU.

El plan del Bureau of Ocean Energy Management, para el proyecto Sunrise Wind contempla hasta 84 generadores de turbinas eólicas. El contrato de arrendamiento original se otorgó en 2013 para un sitio ubicado al sur de Martha's Vineyard, Massachusetts, y al este de Block Island, Rhode Island. Es el primer proyecto eólico marino en América que utiliza tecnología de transmisión de corriente continua de alto voltaje. Con esta aprobación, BOEM y el Departamento del Interior destacan que han completado más de 10 GW de energía offshore. Eso es un tercio del objetivo de la administración Biden de desplegar 30 GW de capacidad de energía eólica marina para 2030.

Leer + >>

ELECTRÓNICA

SKYNODE S: EL KIT DE AUTONOMÍA DE AUTERION AG PERMITE A LOS DRONES DE ATAQUE VOLAR A TRAVÉS DE INTERFERENCIAS.

La guerra en Ucrania ha demostrado el poder letal de los drones. También ha demostrado su vulnerabilidad incluso ante breves interrupciones en sus conexiones inalámbricas con sus operadores humanos, ya que Ucrania pierde miles de drones por semana debido a los poderosos medios de guerra electrónica (GE), empleados por Rusia. El kit de autonomía Skynode S desarrollado por la empresa Auterion AG, permite a los UCAS (Unmanned Combat Aerial System) cumplir con su misión pese a las interferencias del enemigo.

Leer + >>

EMERGENCIAS Y CATÁSTROFES

INSECTOS ESTÉRILES PARA SUPRIMIR LOS VECTORES DE ENFERMEDADES

Se están utilizando mosquitos estériles para suprimir los mosquitos que se han vuelto resistentes a los insecticidas en Fort Myers, Florida, Estados Unidos de América. El proyecto piloto se lleva a cabo con el apoyo de expertos de la OIEA y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y tiene como objetivo suprimir las poblaciones de una especie de mosquito vector de enfermedades llamada *Aedes aegypti* , que prevalece en Florida.

Leer + >>

FIE Facultad de Ingeniería del Ejército
Universidad de la Defensa Nacional

OTM Observatorio Tecnológico Mosconi
Nodo Territorial de Defensa y Seguridad
NEWSLETTER

Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el ***Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Grl. Mosconi*** *(CEPTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.*

agosto 2024

HECHOS PORTADORES DE FUTURO

IMPRESIÓN 3D PARA APLICACIONES DE EXPLOSIVOS Y PROPULSANTES

El documento analiza el importante papel de la tecnología de impresión 3D en la fabricación militar e industrial moderna, particularmente en la fabricación de explosivos y propulsantes, al permitir un control preciso del rendimiento y de la estructura, transformando los métodos de fabricación tradicionales. La clave de esta innovación son los adhesivos y aglutinantes utilizados en el proceso.

Leer + >>

INFRAESTRUCTURA

50° ANIVERSARIO DE UN FERROCARRIL RUSO ESTRATÉGICO QUE DETERMINA LA LOGÍSTICA GLOBAL

La construcción de la línea Baikal-Amur (BAM) se inició en 1974 y actualmente se está modernizando para aumentar sus capacidades de transporte y marcar el giro de Rusia hacia Oriente. El BAM tiene una longitud de casi 4.300 kilómetros y atraviesa Siberia Oriental y el Lejano Oriente ruso. Sus vías pasan por suelos congelados, siete cordilleras y 11 grandes ríos, entre ellos el Amur, sobre el que se construirá un segundo puente ferroviario para aumentar las capacidades del ferrocarril. Los trabajos de construcción del BAM a gran escala comenzaron en 1974. Participaron más de dos millones de personas, en su

ELECTRÓNICA

APLICACIÓN DE IMPRESIÓN 3D (3DP/AM) PARA FABRICACIÓN DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS DE MUNICIÓN.

En el presente trabajo de investigadores e integrantes de las FFAA de Australia, se menciona que los modernos proyectiles, sistemas guiados y drones de uso en las FFAA, tienen cada vez más dependencia de componentes electrónicos, existiendo una demanda a la industria local, que no se puede satisfacer con los métodos de fabricación tradicionales y la infraestructura disponible. Los autores exploran la posibilidad de utilizar modernos métodos de producción relacionados con la Manufactura Aditiva /Impresión 3D (AM / 3DP) como una alternativa para la fabricación de componentes electrónicos totalmente impresos (*Printed Electronics*), complementando así las capacidades de producción existente en la Base Industrial de Defensa de ese país.

Leer + >>

EMERGENCIAS Y CATÁSTROFES

INSECTOS ESTÉRILES PARA SUPRIMIR LOS VECTORES DE ENFERMEDADES

Se están utilizando mosquitos estériles para suprimir los mosquitos que se han vuelto resistentes a los insecticidas en Fort Myers, Florida, Estados Unidos de América. El proyecto piloto se lleva a cabo con el apoyo de expertos de la OIEA y la Organización de las Naciones

> SEPTIEMBRE

https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/wp-content/uploads/2024/10/OTM-Sep24.pdf

> OCTUBRE

https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/wp-content/uploads/2024/10/OTM-Octubre2024.pdf

FIE Facultad de Ingeniería del Ejército
Universidad de la Defensa Nacional

OTM
OBSERVATORIO TECNOLÓGICO MOSCONI
Nodo Territorial de Defensa y Seguridad

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.*

septiembre 2024

HECHOS PORTADORES DE FUTURO

IA - ¿MÁQUINAS QUE PIENSAN?

Por encima de todo, la IA es una idea, un ideal conformado tanto por visiones del mundo y tropos de ciencia ficción como por las matemáticas y la informática. Averiguar de qué estamos hablando cuando hablamos de IA aclarará muchas cosas. No nos pondremos de acuerdo de lo que es, pero ¿Qué debería ser?.

Leer + >>

INFRAESTRUCTURA

LA INVERSIÓN MUNDIAL EN ENERGÍA LIMPIA AUMENTA UN 17% Y ALCANZÓ LOS US$ 1,8 BILLONES EN 2023

De acuerdo a un informe de Bloomberg NFE, en 2023, la inversión mundial en energía limpia aumentó un 17%, alcanzando un récord de US$ 1,77 billones, impulsada por el crecimiento en sectores como el transporte electrificado, la energía renovable y tecnologías emergentes como el hidrógeno y la captura de carbono. China lideró la situación con US$ 676.000 millones invertidos, pero los esfuerzos combinados de la UE, EEUU y el Reino Unido (UK) superaron a China. A pesar de este crecimiento, la inversión debe triplicarse para alinearse con los objetivos de cero emisiones netas para mediados de siglo. Las inversiones en la cadena de suministro también están aumentando, con proyecciones de que alcancen los US$ 259.000l millones para 2025.

Leer + >>

ELECTRÓNICA

C-DOME: EL SISTEMA DE DEFENSA AÉREA CONTRA DRONES DE ISRAEL

La amenaza de drones y misiles sobre las plataformas navales de superficie, motivaron que la empresa israelí RAFAEL,avance en el desarrollo de una nueva versión del sistema de Def Ae IRON DOME para su empleo en buques. El sistema denominado C-DOME, fue instalado inicialmente en una Corbeta Sa'ar 6 desplegada en el Mar Rojo, para hacer frente a la amenaza de las milicias Houthies de Yemen. En Abril de 2024, C- DOME logró su primer derribo en combate al destruir drones lanzados por las milicias yemenies. Interceptores de bajo costo, para neutralizar amenazas también de bajo costo, resultan una excelente relación "costo – beneficio" que es observada con gran interés por Fuerzas Navales de todo el mundo. Ataques con drones y vectores de poco valor, pero empleados en ataques masivos para saturar y desgastar los sistemas de Def Ae de los buques, constituyen hoy un verdadero desafío para muchas naciones, lo cual abre otro interesante mercado potencial para empresas como Rafael.

Leer + >>

EMERGENCIAS Y CATÁSTROFES

CASOS DE VIRUELA SÍMICA EN NIVELES SIN PRECEDENTES EN ÁFRICA

En lo que va de 2024 se han confirmado 2030 casos y trece muertes por esa enfermedad viral en 15 países con brotes. La República Democrática del Congo representa el 90% de los

FIE Facultad de Ingeniería del Ejército
Universidad de la Defensa Nacional

OTM
OBSERVATORIO TECNOLÓGICO MOSCONI
Nodo Territorial de Defensa y Seguridad

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.*

octubre 2024

HECHOS PORTADORES DE FUTURO

REEDITANDO EL "CABALLO DE TROYA", EXPLOSIONES DE BEEPERS EN EL LÍBANO

Decenas de personas murieron y miles resultaron heridas en Líbano luego de que aparatos buscapersonas (también conocidos como beepers o pagers) y walkie-talkies que eran utilizados por miembros de la milicia armada explotarán este martes y miércoles.

Leer + >>

INDUSTRIA

TENDENCIAS TECNOLÓGICAS DE MCKINSEY PARA 2024

¿Qué tendencias tecnológicas son las más importantes para las empresas en 2024? Un nuevo análisis del Consejo Tecnológico de McKinsey destaca la adopción, el desarrollo y los efectos de las tecnologías avanzadas en la industria. Se analizaron 15 tendencias tecnológicas.

Leer + >>

AUTOMOTORES

JAPÓN INCORPORA MÁS LETALIDAD Y SUPERVIVENCIA EN SUS TANQUES TYPE 10 "HITOMARU"

ELECTRÓNICA

RHEINMETALL Y MBDA SE ASOCIAN PARA EL DESARROLLO DE ARMAS DE ENERGÍA DIRIGIDA (LÁSER)

La empresa de defensa alemana RHEINMETALL y el conglomerado de firmas europeas MBDA, anunciaron un acuerdo de cooperación para el desarrollo de Armas de Energía Dirigida (DEW), específicamente Láser de Alta Energía (HEL), inicialmente para su empleo sobre plataformas navales. La amenaza creciente de Drones de bajo costo y Misiles de Crucero, sobre buques militares y civiles en los últimos conflictos, ha dado un renovado impulso al desarrollo de DEW. Existe consenso entre los expertos a nivel global, que "El Arma del futuro" para hacer frente a estas nuevas amenazas autónomas, que además podrían operar en enjambres, serán las DEW. Ambas empresas coinciden que, al integrar las capacidades y 'Know-how" específico que cada una de ellas tiene, permitirá disponer de un arma prototipo para ser evaluada operativamente a fines de 2025.

Leer + >>

EMERGENCIAS Y CATÁSTROFES

4.000 AÑOS DE CONFLICTOS POR EL AGUA

Los ataques a las infraestructuras y los suministros de agua no son algo nuevo. Hay registros de conflictos relacionados con el agua que se remontan a hace 4.000 años. El 6 de junio de 2023, unas bombas alcanzaron y destruyeron la presa de Kakhovka, en el sur de

> NOVIEMBRE

https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/wp-content/uploads/2024/11/OTM-Nov24_compressed.pdf

> DICIEMBRE

https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/wp-content/uploads/2024/12/OTM-dic24.pdf

FIE Facultad de Ingeniería del Ejército
Universidad de la Defensa Nacional

OTM
OBSERVATORIO TECNOLÓGICO MOSCONI
Nodo Territorial de Defensa y Seguridad
NEWSLETTER

Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el ***Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Grl. Mosconi*** *(CEPTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.*

noviembre 2024

HECHOS PORTADORES DE FUTURO

FABRICACIÓN DE COHETES - MANUFACTURA ADITIVA/IMPRESIÓN 3D (AM / 3DP)

La construcción de grandes cohetes de materiales compuestos constituye un proceso largo y muy minucioso. La empresa Rocket Lab ha simplificado este proceso, empleando una máquina innovadora denominada "Automated Fiber Placement" (AFP). Gracias a la Manufactura Aditiva / Impresión 3D (AM / 3DP) y fibras de carbono como insumo principal, esta enorme máquina de 90 toneladas permite reducir el tiempo de proceso total a pocos días. El cohete NEUTRON, una vez finalizado se convertiría en el más grande de los cohetes (Aprox 40 m)

Leer + >>

INDUSTRIA

UCRANIA ADQUIERE CADA VEZ MÁS EXPERIENCIA PARA FABRICAR SUS PROPIOS DRONES

A mediados de Set 2024, Ucrania realizó un ataque masivo con UAS sobre objetivos a 400km dentro del territorio ruso. Y fueron ejecutados con drones de ataque (UCAS) fabricados por los propios ucranianos. A casi 3 años desde el inicio de las operaciones, el país invadido adquirió enorme experiencia no solo en el empleo de estos disruptivos sistemas, sino además en el desarrollo y producción local a escala masiva de todo tipo de UAS. Empresas estadounidenses como ANDURIL y AEROVIRONMENT, que proveyeron miles de drones a Ucrania, coinciden en que este país ha

ELECTRÓNICA

UNA MIRADA SOBRE COMANDO Y CONTROL (C2): LECCIONES APRENDIDAS EN LA GUERRA DE UCRANIA

El texto analiza la creciente importancia de los sistemas de Comando y Control (C2) en la guerra moderna, especialmente a la luz de los avances tecnológicos y los cambiantes panoramas geopolíticos. La invasión de Ucrania por parte de Rusia en 2022 ha puesto de relieve el papel fundamental que desempeñan las estructuras de C2 a la hora de determinar los resultados del combate contemporáneo. El conflicto ofrece lecciones clave para preparar a las fuerzas armadas europeas para hacer frente a amenazas híbridas y operaciones multidominio. El artículo analiza la dinámica de C2 de las fuerzas rusas y ucranianas, ofreciendo información que podría mejorar los sistemas de C2 para las operaciones militares de los aliados europeos.

Leer + >>

EMERGENCIAS Y CATÁSTROFES

XEC, ESTOS SON LOS SÍNTOMAS DE LA NUEVA VARIANTE DE COVID-19 QUE PODRÍA PREDOMINAR EN INVIERNO

Estados Unidos y más de una decena de países de Europa se encuentran

HECHOS PORTADORES DE FUTURO

PREPARANDO A LOS OFICIALES PARA EL FUTURO DE LA GUERRA

El artículo sostiene que, si bien cada tecnología plantea sus propios desafíos particulares, existe un conjunto competencias clave que los programas de educación militar profesional (PME) deben abordar de manera adecuada y sistemática, para preparar a los oficiales para las guerras venideras. Junto a esas competencias está la comprensión de las interacciones mutuas entre tecnología, organización y doctrina.

Leer + >>

INDUSTRIA

MUJERES EN GUERRA: LA INDUSTRIA DE ARMAMENTO DE UCRANIA Y EL REEMPLAZO DE LOS HOMBRES ENVIADOS A COMBATIR

El presente artículo destaca el importante papel que desempeñan las mujeres ucranianas en la industria de defensa, en el curso de la invasión rusa desde el año 2022. A medida que los hombres son reclutados, las mujeres han ido asumiendo cada vez más funciones, en multiplicidad de ámbitos de producción para la defensa, como el ensamblaje de drones, la fabricación de munición, así como el liderazgo dentro de las empresas que producen equipos militares. A pesar del costo físico y emocional, las mujeres expresan su compromiso con el esfuerzo bélico, e incluso encuentran formas de proteger

ELECTRÓNICA

EL IMPACTO DE LOS CONTROLES DE EXPORTACIÓN EN LA INDUSTRIA DE SEMICONDUCTORES DE EEUU Y CHINA

Existe un gran debate en EEUU y sus aliados, acerca del impacto que generan los controles de exportación de diferentes insumos, materiales y productos elaborados. Pero en ningún área ese debate es más acalorado, que en lo relacionado con la industria de fabricación de Semiconductores. Sin embargo, ese debate se produce por lo general sin ninguna base confiable de datos del mundo real o teniendo en cuenta el contexto histórico y político de los grandes competidores como China. El presente informe presentado por CSIS, busca proporcionar esa base de información, a través de una combinación de análisis de documentos, nuevos datos financieros y la participación en el mercado de Semiconductores de China, EEUU, Japón y Países Bajos.

Leer + >>

EMERGENCIAS Y CATÁSTROFES

CORTE DE CABLES SUBMARINOS DE COMUNICACIONES EN EL MAR BÁLTICO

La historia comenzó en la mañana del 17 de noviembre, cuando se produjo un corte en uno de los cables submarinos de comunicaciones entre Lituania y Suecia. Horas después, se detectaba otro cable, ahora entre Finlandia y Alemania, también cortado. Los acontecimientos han dado un giro en los últimos días, y hay una más que tensa situación en el Mar Báltico.

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**

TEC1000 . **2021**

TEC1000 . **2022**

www.fie.undef.edu.ar/ceptm/