

# Las consideraciones tácticas para la aplicación de la realidad aumentada y mixta

Jan Kallberg, PhD

Mayor Victor Beitelman, Ejército de EUA

Mayor Victor Mitsuoka, Ejército de EUA

Oficial técnico 3 Jeremiah Pittman, Ejército de EUA

Michael W. Boyce, PhD

Teniente coronel Todd W. Arnold, Ejército de EUA

**E**l Ejército de EUA, los ejércitos de la OTAN y otros países avanzados buscan activamente implementar la realidad aumentada (RA) y la realidad mixta (RM) como apoyo a sus fuerzas operacionales. Estas plataformas están destinadas a mejorar el conocimiento táctico, la adquisición de blancos y el conocimiento de la situación, y también a desarrollar una corriente de información sobre la que puedan actuar los altos mandos.

El ejemplo de Estados Unidos es el sistema integrado de aumento visual (IVAS), que proporciona un conjunto integrado de capacidades de conocimiento de la situación para permitir una mejor toma de decisiones y aumentar la capacidad de combate táctico de los soldados<sup>1</sup>. A la luz de la rápida evolución y de

los obstáculos que se presentan en el despliegue para Estados Unidos y sus aliados, nos gustaría agregar al discurso del Ejército la necesidad de identificar las posibles debilidades operacionales de los sistemas RA/RM. El ambiente operacional pondrá a prueba la durabilidad y fiabilidad de cualquier equipo. Una cuestión central que investigamos es el valor táctico en el campo de batalla y si la pérdida de funcionalidad total o parcial del sistema hace que este deje de ser una mejora de la capacidad y se convierta en algo que obstruye o impide el éxito de la misión. Identificamos múltiples áreas y temas de investigación para que los dispositivos de RA se conviertan en un multiplicador de combate.



Un soldado prueba el prototipo militarizado Capability Set 3 del Sistema Integrado de Aumento Visual del Ejército, el 21 de octubre de 2020, durante un evento de prueba con fuego real en el tercer ejercicio Soldier Touchpoint en Fort Pickett, Virginia. (Foto: Courtney Bacon)

El proceso de adquisición y puesta en servicio de la nueva tecnología del Ejército ha pasado de ser un proceso de ocho a diez años a treinta y seis meses para su entrega, debido a la disponibilidad de plataformas comerciales<sup>2</sup>. El proceso abreviado — diseño centrado en el soldado (SCD) — es diferente de los procesos de adquisición tradicionales, ya que satisface las necesidades de una tecnología en rápida evolución. Esto se pone de manifiesto en los esfuerzos del Ejército por hacer llegar los productos tecnológicos al soldado en un período de doce meses de actuación a través del fondo de innovación rápida, que es un plazo significativamente más corto en comparación con los despliegues tecnológicos anteriores<sup>3</sup>. La adquisición y despliegue rápidos satisfacen la demanda de llevar la última tecnología a los soldados, pero la rapidez de los plazos conlleva también el riesgo de incluir los puntos débiles que no se identifican en las primeras fases del proceso. El desafío en la investigación y desarrollo de estas tecnologías es seguir un enfoque metodológico que permita la imperfección

y la experimentación de la tecnología, un concepto que es nuevo en el desarrollo de capacidades del Ejército.

A través del programa IVAS, la RA/RM se posiciona como la próxima tecnología integrada en el campo de batalla. El Ejército de EUA está invirtiendo una cantidad considerable de capital — humano, financiero y temporal — en su perfeccionamiento y despliegue, al tiempo que ha adquirido 120 000 dispositivos para la entrega a las fuerzas<sup>4</sup>. En la actualidad, los prototipos del IVAS se están extendiendo a bases de usuarios más amplias para evaluar su eficacia en diferentes grupos y niveles.

Aunque la adopción temprana de la RA/RM es prometedora, la integración de la tecnología en las operaciones militares inevitablemente encuentra desafíos. En un artículo de 2020 sobre el ambiente de entrenamiento sintético del Ejército, la realidad aumentada, la ciberseguridad, la representación de datos y el ancho de banda y latencia se identificaron como desafíos clave a los que se enfrenta el Ejército para el entrenamiento<sup>5</sup>. Este trabajo amplía

la literatura existente para centrarse en la visualización de la incertidumbre en el campo de batalla, así como para abordar algunas de las deficiencias ya identificadas del uso de pantallas aumentadas para las operaciones militares<sup>6</sup>.

La integración de nuevas tecnologías en las operaciones de combate requiere múltiples pruebas e iteraciones de perfeccionamiento a través del SCD. El SCD se centra en los comentarios de los soldados y tiene prioridad en el desarrollo de conjuntos de características. Recientes evaluaciones de soldados mediante el IVAS del Ejército han demostrado la importancia de obtener un análisis de requisitos ascendente para mejorar las operaciones y la utilidad de los soldados<sup>7</sup>. La fuerza de combate alaba las pruebas, implementación y despliegue de los sistemas de RA/RM, en particular el IVAS. El sistema IVAS ha recogido ochenta mil horas de retroalimentación, ha sido probado en condiciones climáticas extremas en Alaska y Puerto Rico, y tiene un conjunto de capacidades que incluyen imágenes térmicas, GPS integrado, visión nocturna, mapas holográficos y la capacidad de ver alrededor de las esquinas usando la mira de un arma<sup>8</sup>. El IVAS está basado en las HoloLens 2 de Microsoft y, a pesar de haber sido sometido a rigurosas pruebas con un plan de despliegue rápido que inicialmente estaba previsto que llegara a las unidades de combate a finales de 2021, la entrega del Ejército quedó en suspenso debido a problemas técnicos<sup>9</sup>.

La RA/RM está en las fases iniciales de aprobación por parte del Ejército, e incluso con el retraso actual, creemos que ahora es el momento ideal para considerar los posibles obstáculos antes de la integración. En el caso de los sistemas de RA/RM, la escalabilidad y el cumplimiento de los objetivos declarados como la «próxima generación de herramientas de conocimiento de la situación 24 horas al día, 7 días a la semana, y de sensores digitales de alta resolución para ofrecer una plataforma única que mejore la percepción del soldado, toma de decisiones, adquisición de blancos y ataque a los mismos» no puede centrarse en el nivel de soldado individual, sino que debe ampliarse a los comandantes y unidades hasta el nivel de batallón y brigada<sup>10</sup>. No luchamos a nivel individual o de escuadra; la capacidad de apoyar a los altos mandos y la escalabilidad a niveles superiores es la clave del éxito. Si es funcional, la ventaja informativa generada por la información de combate

agregada en tiempo real para construir una imagen operacional permite operaciones multidominio, ciclos de decisión más cortos y un rápido ataque con los medios multidominio. Estas son consideraciones que deben ser contempladas antes de su uso en combate; ignorar estas consideraciones puede incrementar el riesgo durante las operaciones de combate.

## Consideraciones humanas, tecnológicas y ambientales

Las aportaciones de los factores humanos a la RA/RM se han centrado tradicionalmente en la visualización de la información para mejorar la comprensión del usuario. En los sistemas desarrollados para apoyar a los soldados desmontados, los investigadores han demostrado que hay que tener vistas egocéntricas, pantallas superpuestas y métodos de comunicación multimodales<sup>11</sup>. En el ambiente táctico, un soldado individual debe llevar a cabo las tareas como fusilero e integrante del equipo. Una de nuestras preocupaciones inmediatas es cómo la visualización y el flujo de información distraen de la conciencia táctica basada en los sentidos humanos y la interacción con el equipo. Sin embargo, el problema difícil radica en dos frentes: uno es el apoyo tecnológico adecuado y el otro es el cambio de tareas para proporcionar información específica del contexto.

Al examinar la tecnología, uno de los mayores retos es la verificación de los datos del campo de batalla. A la hora de dirigir los movimientos de las tropas en el campo de batalla, los altos mandos necesitan contar con datos que sean precisos, mantengan la integridad y estén al día con el ambiente operacional. Dadas las exigencias de los dispositivos de RA/RM, e incluso utilizando la tecnología actual, es necesario intercambiar un cierto nivel de datos con un recurso central de computación y almacenamiento. Sin embargo, al igual que en el caso de los datos de localización del GPS, existe la suposición subyacente de que los datos que llegan a un dispositivo de RA/RM no han sido manipulados y representan la verdad sobre el terreno (por ejemplo, no están falseados o interferidos). Por lo tanto, el enfoque de esto necesita representar la certeza o la confianza en los datos y entender cómo adaptar esos datos al nivel de experiencia de cada soldado<sup>12</sup>. La manipulación de los datos y la pérdida de integridad, o los datos espurios, conducirán a una toma de decisiones deficiente y, en el peor de los casos, a bajas.



Soldados del 3<sup>er</sup> Regimiento de Infantería «La Vieja Guardia» de EUA prueban la segunda iteración del conjunto de capacidades del Sistema Integrado de Aumento Visual durante un ejercicio en Fort Belvoir, Virginia, en el otoño de 2019. (Foto: Courtney Bacon)

Los soldados confían en los píxeles con sus vidas, y si la tecnología no es fiable, dejará de utilizarse.

Desde el punto de vista de las tareas, los soldados deben ser capaces de cambiar entre múltiples tareas y funciones sin demora. Por ejemplo, un minuto un soldado puede estar disparando a distancia, mientras que al momento siguiente está dirigiendo fuegos de apoyo, buscando cobertura, transportando municiones, o proporcionando apoyo médico a un compañero herido. Aunque esto es factible, la investigación muestra que es necesario que haya información y contexto adecuados para apoyar el cambio de tareas dentro de la RA/RM<sup>13</sup>. Por lo tanto, a medida que se desarrolla la tecnología, es necesario comprender las tareas principales para que las interfaces puedan dar un apoyo adecuado a cada una de ellas. El apoyo puede facilitarse obteniendo los objetivos de los soldados y desglosando los requisitos de las tareas en consecuencia<sup>14</sup>. En el caso de que se produzca un evento desconocido, la interfaz debe ser consciente y ajustarse para no interferir ni aumentar la carga cognitiva del soldado<sup>15</sup>.

## Dependencia excesiva de la tecnología

Los soldados se entrenan como luchan, y aunque un sistema de RA/RM tiene muchos usos prácticos, su uso debe ser equilibrado para asegurar que las habilidades básicas de combate no se atrofién. Por ejemplo, el liderazgo del Ejército ha reconocido desde hace tiempo la importancia de llevar a cabo la navegación terrestre analógica con un mapa, una brújula y un transportador<sup>16</sup>. Aunque un sistema RA/RM es potencialmente eficaz para el entrenamiento previo a la misión y la familiarización con el objetivo, hay que tener cuidado para garantizar que los soldados puedan seguir realizando las tareas críticas individuales y colectivas asignadas sin él para aquellas ocasiones en las que no esté disponible. Por ejemplo, la mejor electrónica no sirve de nada sin una fuente de energía fiable, e incluso las mejores gafas de seguridad y los escudos faciales degradan mucho la eficacia en el combate una vez que se empañan. Una mayor dependencia de una presentación digitalizada del ambiente y la misión puede

llevar a una pérdida de operatividad sin el apoyo de la RA/RM. La dependencia excesiva de la presentación visual de la situación para realizar las tareas no es algo nuevo ni exclusivo de la tecnología de RA/RM. Los aviadores de la Armada de EUA utilizan el término HUD-Cripple [parálisis producida por el uso excesivo de una pantalla digitalizada] para describir la idea de que un piloto se vuelve tan dependiente de la tecnología que es incapaz de realizar sus tareas sin depender de la tecnología<sup>17</sup>.

Hay pruebas de que los líderes subalternos ya se están quedando atrás en las habilidades básicas de combate, por lo que debe emplearse un esfuerzo deliberado para garantizar que cualquier sistema de RA/RM sobre el terreno no dé lugar a una dependencia excesiva de la tecnología dada, reduciendo así la letalidad de combate en su ausencia<sup>18</sup>. Esto requerirá más tiempo de entrenamiento en el campo y en la guarnición para que los soldados puedan practicar tanto las iteraciones de RA/RM como las no aumentadas.

## Nivel de experiencia de unidad y de soldado

En el diseño de la investigación, se busca explicar lo más posible con lo menos posible y sin perder el rigor. El mismo desafío se aplica a la RA/RM, donde el rigor podría ser la validez y la aplicabilidad de la información. La información presentada en los sistemas tácticos de RA/RM debe ser precisa, pertinente y oportuna, sin crear una distracción ni interrumpir el flujo de información en el ambiente táctico. Las unidades y los soldados tienen diferentes niveles de experiencia, por lo que la información tiene una variación de valor hasta el nivel de los soldados. La variación en el nivel de

**El mayor Victor Mitsuoka, Ejército de EUA,** es oficial de intendencia con quince años de experiencia, que incluye, entre otras cosas, operaciones de mantenimiento, existencias preposicionadas del Ejército y Lean Six Sigma. Mitsuoka se ha desplegado en Kuwait, Afganistán y Qatar, y tiene una maestría en Política y Gestión de Seguridad de Información por la Universidad Carnegie Mellon. Mitsuoka fue uno de los desarrolladores del proyecto Army Radio Frequency Visualization (ARFVIZ) del Instituto Cibernético del Ejército, que visualizó el espectro radioeléctrico para que un comandante pueda comprender fácilmente la amenaza que representan los dispositivos electrónicos inalámbricos para las operaciones de combate.

experiencia puede ser significativa, desde las habilidades de combate, el funcionamiento del equipo de RA/RM, hasta la optimización del uso de los recursos.

Desde el punto de vista táctico, una unidad que utilice sistemas de RA/RM para el mando y el flujo de información solo operará a un alto nivel si se limita a los líderes clave, normalmente los líderes de escuadra y superiores. Los enfrentamientos de combate se libran a nivel de equipos de fuego de cuatro integrantes<sup>19</sup>. Dirigir a los integrantes individuales para que se enfrenten a objetivos conocidos, probables y sospechosos es el trabajo del líder del equipo. Tanto si se trata de despejar una sola sala como de despejar una ciudad entera, la única diferencia es el número de equipos implicados, pero sus tareas individuales permanecen relativamente inalteradas.

Una escuadra se compone de dos equipos de fuego y esto proporciona al líder de escuadra un ligero grado de separación de la lucha inmediata. Esta separación permite al líder de escuadra centrarse en la dirección de los equipos individuales y mantener la comunicación con los líderes del pelotón para garantizar que la escuadra permanezca integrada en la misión del pelotón<sup>20</sup>. Cualquier interrupción en el momento en que dos soldados pierdan la conectividad con el sistema de RA/RM tendría un impacto

directo en la dinámica y la eficiencia del pelotón,

**El Dr. Jan Kallberg** es investigador científico en el Instituto Cibernético del Ejército en West Point, Nueva York, y profesor asistente en la Academia Militar de EUA. Entre sus certificaciones profesionales se encuentran la de director de seguridad de la información certificado por ISACA y la de CISSP de ISC2. Obtuvo un doctorado y una maestría por la Universidad de Texas en Dallas y un JD/LLM por la Universidad de Estocolmo. De origen sueco, sirvió en el ejército sueco como jefe de pelotón y comandante de compañía en infantería ligera y como oficial de caballería (Ranger).

**El mayor Victor Beitelman, Ejército de EUA,** es oficial de transmisiones con doce años de experiencia convencional en el Cuerpo de Transmisiones y con las Fuerzas de Operaciones Especiales. Beitelman se ha desplegado en Iraq y Afganistán y tiene una maestría en Gestión de Tecnologías de la Información por la Universidad de Webster. Beitelman también fue propietario de una pequeña empresa antes de incorporarse al Ejército y actualmente posee un certificado CISSP activo del ISC2.

especialmente para los integrantes del equipo de fuego. Estos soldados jóvenes constituyen el grueso de las fuerzas de combate—el aumento de los datos proporcionados por un sistema de RA/RM tiene el potencial de abrumar y confundir, dando lugar a una sobrecarga sensorial y a una reducción de la eficacia en el combate. Aunque la RA/RM ofrece el potencial de distribuir información a nivel de soldado individual, el nivel apropiado para distribuir la información necesita ser considerado cuidadosamente. Filtrar y retener la información a nivel de líder de escuadra libera a los líderes de equipo para que se concentren en maniobrar y emplear a sus soldados sin el estorbo de otras distracciones.

A medida que estos dispositivos se utilizan con más frecuencia en los distintos niveles, existen posibles áreas de investigación que pueden explorarse. Una opción es proporcionar los niveles adecuados de información a la persona que la ve. Para ello será necesario comprender los elementos de información críticos a los que debe tener acceso un responsable de la toma de decisiones. En investigaciones anteriores, esto se conoce como proporcionar vistas separadas o especializadas para diferentes categorías de usuarios<sup>21</sup>.

## Integridad de sensores

Como se ha mencionado anteriormente, la aceptación de los dispositivos de RA/RM portátiles para la información y la comunicación táctica depende de la confianza. Desde el punto de vista de un soldado, tiene que confiar en que su equipo funciona como está previsto. Los soldados no deben dudar del rendimiento de las funciones básicas del equipo en condiciones de combate. Por ejemplo, el hecho de que la Dirección de Municiones Naval no reconociera la deficiencia del torpedo tipo Mark 6 en los primeros años de la Segunda Guerra Mundial afectó negativamente la disposición de los capitanes de los submarinos a enfrentarse a los objetivos<sup>22</sup>. Si la integridad de los datos del sensor es dudosa, la falta de confianza obligará a los mandos a abstenerse de utilizar la RA/RM.

Los dispositivos y sensores de RA/RM se construyen invariablemente con hardware informático de propósito general y heredarán las vulnerabilidades innatas del sistema operativo y del hardware. Aunque estas lecciones pueden aplicarse en abstracto a todos los dispositivos de RA/RM, el IVAS del Ejército se basa en la HoloLens 2 y

ofrece ejemplos recientes y conmovedores. La HoloLens 2 no solo funciona con Windows 10 (y por tanto heredan sus vulnerabilidades), sino que los componentes ajustados para las HoloLens también pueden introducir nuevos problemas de integridad. Un primer parche de la HoloLens corregía una vulnerabilidad por la que un dispositivo remoto conseguía que la HoloLens ejecutara código arbitrario simplemente enviando paquetes Wi-Fi malformados, que es la forma más común de comunicación de la HoloLens con otros dispositivos conectados a la red<sup>23</sup>. Aunque «[la] arquitectura de seguridad de HoloLens 2 se diseñó y creó desde el principio para que no hubiera problemas de seguridad heredados... creando una superficie de ataque minimizada», se siguen descubriendo (naturalmente) vulnerabilidades de seguridad<sup>24</sup>.

Sin lugar a duda, un adversario tecnológicamente avanzado dedicará sus investigaciones en tiempos de paz a desarrollar dispositivos sencillos, baratos, de un solo uso y desechables que puedan — en el combate cercano — crear datos espurios para interferir con los sensores. Un adversario de este tipo también estará dispuesto a invertir tiempo y recursos para obtener acceso no autorizado a los dispositivos de RA/RM con el fin de manipular la eficacia del dispositivo e influir negativamente en el ciclo de toma de decisiones del usuario.

## Firmas electromagnéticas

En los últimos años se ha producido un renacimiento de guerra electrónica (EW) y de espectro, en la que todas las principales fuerzas militares tratan de degradar e interrumpir la utilización del espectro electromagnético (EMS)<sup>25</sup>. Consideramos los desafíos a los que se enfrentan los sistemas de RA/RM tanto desde la perspectiva de radiofrecuencia (RF) como de infrarroja (IR). Los sistemas de RA/RM que se llevan puestos dependen del acceso a la comunicación en red utilizando el EMS para transmitir el tráfico de datos, incluso para alcanzar los recursos locales<sup>26</sup>. Aunque el alcance de la transmisión para mantener una conectividad Wi-Fi de alta calidad es relativamente bajo (100-200 metros), el alcance detectable es mucho mayor. Con el aumento de la disputa por el control del EMS, las firmas electromagnéticas de los sistemas de RA/RM que se llevan puestos pueden alertar a las fuerzas hostiles de que hay fuerzas amigas presentes en una zona<sup>27</sup>. El flujo constante de datos convierte a cada sistema de RA/RM en una baliza identificable de forma única, aunque no se pueda descifrar el tráfico en sí.

Las emisiones infrarrojas proporcionan al adversario otra firma identificable. La cámara IR del sistema de RA/RM proporciona una ventaja táctica, ya que la imagen térmica puede visualizar fuerzas hostiles camufladas y detectar equipos aún calientes, como ametralladoras que hayan disparado recientemente, equipos electrónicos, motores y generadores. Sin embargo, la RA/RM de uso comercial se basa en la luz IR para detectar los movimientos de la mano y otras instrucciones no verbales para el sistema. La emisión de luz infrarroja es detectable, especialmente en un ambiente sin luz o con luz limitada, lo que genera conflictos con las emisiones infrarrojas.

En la creciente contienda sobre el EMS, los equipos de detección fijos ya no son la única amenaza para detectar las emisiones de RA/RM. Por ejemplo, los drones con capacidad de realizar captación electromagnética podrían detectar la presencia de sistemas de RA/RM portátiles. La presencia cada vez mayor de municiones que merodean en el campo de batalla moderno es otra vía de detección<sup>28</sup>.

La capacidad de detectar las transmisiones de los sistemas de RA/RM que se llevan puestos por cualquiera de estas capacidades, combinada con el desafío de detectar su presencia especialmente durante las horas de visibilidad limitada, demuestra un vector de amenaza real y creciente. La necesidad de compartir información relevante y oportuna debe equilibrarse con la necesidad de minimizar la detectabilidad de los soldados que utilizan dispositivos de RA/RM.

## Clima extremo, consumo de energía y duración de batería

El futuro ambiente operacional de la RA/RM incluye calor extremo, frío, humedad y otras condiciones ambientales que pueden degradar el rendimiento electrónico. Las principales potencias (es decir, Estados Unidos, Rusia, China, India, Francia y el Reino Unido) prevén futuros ambientes operacionales que van desde los áridos desiertos de Oriente Medio y África hasta las altas montañas expuestas al frío del sudoeste de Asia y Europa

**El oficial técnico 3 Jeremiah Pittman, Ejército de EUA**, es jefe adjunto de actividades cibernéticas y electromagnéticas (CEMA) de la 4ª División de Infantería y antiguo científico de investigación centrado en la guerra electrónica en el Instituto Cibernético del Ejército en West Point. Anteriormente sirvió en el 75º Regimiento de Rangers.

y las selvas tropicales del Indo-Pacífico y Sudamérica. Las diferentes condiciones ambientales afectarán a los equipos electrónicos, aumentando la probabilidad de que se produzcan fallos y agravando el reto de mantener la energía suficiente para el funcionamiento del sistema. El polvo, el calor, la humedad y el desgaste diario pueden afectar a los sensores y a los equipos electrónicos.

La duración de batería del sistema IVAS, cuyo sistema base es el auricular civil Microsoft HoloLens 2, es actualmente de ocho horas<sup>29</sup>. Un enfrentamiento de doce horas requeriría entonces al menos dos juegos de baterías o recargas. El riesgo es que la necesidad continua de sustituir las baterías o recargarlas afecte al rendimiento táctico de la unidad.

Además de la complejidad de las condiciones climáticas, es probable que las operaciones se lleven a cabo en zonas desoladas que carecen de infraestructuras como una red eléctrica sólida que proporcione energía para cargar las baterías y mantener los equipos electrónicos. La ausencia de infraestructuras también repercute en la cadena logística, lo que a su vez afecta al acceso a los suministros para la reparación o sustitución de equipos defectuosos, como los componentes electrónicos.

### El Dr. Michael W. Boyce

es psicólogo investigador de CEMA asignado al Instituto Cibernético del Ejército en West Point y al Programa de Psicología de Ingeniería en la Academia Militar de EUA. También es líder de factores humanos para el Programa de Guerra Cibernética para el Entrenamiento, Comando de Capacidades Futuras del Ejército, Centro de Soldados del Comando de Desarrollo de Capacidades de Combate, Centro de Tecnología de Simulación y Entrenamiento (Orlando, estado de Florida). Boyce se graduó por la Universidad de Florida Central con un título en Factores Humanos en 2014.

### El teniente coronel Todd W. Arnold, Ejército de EUA

es oficial de cibernética del Ejército que trabaja como científico de investigación sénior y líder del equipo del Instituto Cibernético del Ejército en el equipo de Investigación e Ingeniería de Operaciones Cibernéticas de West Point y es profesor asistente en el Departamento de EECS de la Academia Militar de EUA. Se licenció por la Academia Militar de EUA en 2001 y obtuvo una maestría por la Universidad de Penn State en 2008, ambos en Informática y se doctoró en Ingeniería Eléctrica por la Universidad de Columbia en 2020.

Las unidades tácticas están equipadas con un cargador de baterías avanzado, pero los generadores en el campo de batalla son engorrosos y requieren recursos propios constantes (por ejemplo, combustible, a menos que se disponga de energía solar). Además, un generador crea firmas de sonido y calor, lo que aumenta la probabilidad de que la unidad sea detectada por un adversario.

Los paneles solares no siempre son adecuados; los inviernos en el norte (es decir, en las regiones árticas o siberianas) no tienen suficiente luz diurna para que los paneles solares suministren la energía adecuada la mayor parte del año. Los factores anteriores, combinados con la tecnología actual de las baterías, que no mantienen la misma carga cuando hace más frío, hacen que la capacidad de las baterías se reduzca a la mitad de la producción prevista, lo que aumenta el desafío<sup>30</sup>.

La energía de las baterías puede ser una potencia limitante para el uso prolongado del equipo. Aunque los equipos se prueben en condiciones de frío y durante un tiempo limitado, el futuro ambiente operacional de las operaciones especiales, en un ambiente de competencia de entre grandes potencias, con misiones más largas y con menos apoyo, aumenta la tensión y el desgaste de los equipos. La exposición a condiciones gélidas también puede hacer que los componentes de plástico se vuelvan frágiles, lo que provoca molestias al operador. Estos problemas de usabilidad requieren futuros estudios sobre las tecnologías de las baterías y su funcionalidad en condiciones ambientales extremas.

## Dependencia de la red y escalabilidad

Visto desde un nivel de división y brigada, la conectividad a la red se convierte en un único punto de fallo, ya que la capacidad de la unidad táctica para luchar utilizando la RA/RM depende de la capacidad de la unidad operacional para proporcionar conectividad táctica en el punto de contacto. Los potenciales adversarios con capacidades casi iguales se centran en atacar las capacidades de guerra electrónica a nivel operacional para suprimir y degradar las redes generales. Si bien esto es preocupante en lo que respecta a las operaciones de combate (por ejemplo, los fuegos indirectos), es aún más preocupante cuando se ataca a las redes de RA/RM, que están paralizadas sin conectividad de red. Los sistemas de RA/RV [realidad virtual] dependen de datos de alta calidad con integridad de datos sostenida

a través de canales de entrega limitados que utilizan los rangos de frecuencia inalámbrica 802.11 no regulados.

Desde el punto de vista del fuego amigo, el número de sistemas de RA/RV desplegados en la zona de operaciones de un pelotón superaría rápidamente el limitado ancho de banda inalámbrico disponible. Recientes estudios sobre redes han demostrado que la llamada «última milla» — la red Wi-Fi en la que los dispositivos inalámbricos se conectan a un punto de acceso — sigue siendo el único punto de fallo para la prestación de servicios de red de alto rendimiento<sup>31</sup>. El voluminoso ancho de banda que requieren docenas de sistemas de RA/RV en una zona pequeña podría provocar rápidamente incidentes de «fuego amigo» en el espectro de radiofrecuencia, donde la densidad de sistemas de RA/RV crea una denegación de servicio para todos los sistemas locales. Este problema se agrava de forma exponencial en un entorno urbano, donde la RA/RM es más útil; las transmisiones inalámbricas no autorizadas (por ejemplo, las redes domésticas civiles) interferirán directamente con las comunicaciones de los sistemas de RA/RV.

Las órdenes operacionales tienen rutas alternativas como los textos, la voz y los datos y también podrían elegir diferentes redes como la comunicación satelital (SATCOM), la radio de alta frecuencia (HF) y la radio de muy alta frecuencia (VHF). Existe una mayor probabilidad de que las órdenes operacionales, en un ambiente saturado de guerra electrónica, lleguen al receptor previsto en comparación con un sistema de RA/RV funcional sin interrupciones. Desde el punto de vista del adversario, que debería formar parte de nuestra evaluación de riesgos, las redes de apoyo de RA/RM son críticas para la misión e identificables para la selección de blancos.

## Conclusión

Para que los sistemas tácticos de RA/RM sean una mejora viable para los soldados y aumenten su capacidad de combate, es necesario abordar las áreas presentadas en este artículo con una priorización bien definida e investigación y pruebas adicionales. Como cualquier ser humano, cada soldado tiene una capacidad limitada para procesar información rápidamente y mantener esa capacidad a lo largo del tiempo, por lo que hay que tener cuidado para evitar la sobrecarga de información. La estabilidad técnica y la fiabilidad de los sistemas de RA/RM

son fundamentales para el éxito de su implementación; cualquier interrupción o funcionalidad parcial podría reducir drásticamente la eficacia de la unidad de combate.

Una fuerza de combate está entrenada y adiestrada para coordinar el movimiento, los disparos y las acciones, lo que crea un despliegue de todo o nada del sistema de RA/RM. Si el sistema no funciona para una fracción de la unidad, toda la unidad tiene

que luchar sin el sistema de RA/RM para evitar malentendidos y perder la ventaja de la cohesión y coordinación de la unidad. En futuros conflictos posibles con adversarios con capacidades casi iguales, la rápida adopción e integración de la tecnología será esencial, pero hacerlo requiere un enfoque metódico para evitar crear nuevas vulnerabilidades que los adversarios puedan explotar. ■

## Notas

1. «Integrated Visual Augmentation System PM IVAS», Army.mil, accedido 21 de enero de 2022, <https://www.peosoldier.army.mil/Program-Offices/Project-Manager-Integrated-Visual-Augmentation-System/>.
2. «IVAS Is Prime Example of Moving Fast», Association of the United States Army (AUSA), accedido 21 de enero de 2022, <https://www.ausa.org/news/ivas-prime-example-moving-fast>.
3. Chris Westbrook y Kathryn Bailey, «New Faces and New Tech Provide the Right Mix of Know-How and Speed», Army.mil, accedido 21 de enero de 2022, <https://www.army.mil/article/236576/>.
4. Oliver Blanchard, «Why Microsoft's \$21 Billion IVAS XR Contract with the U.S. Army Is a Much Bigger Deal than Meets the Eye», Futurum Research, 12 de abril de 2021, accedido 21 de enero de 2022, <https://futurumresearch.com/research-note/s/microsofts-21-billion-ivas-xr-contract-with-the-u-s-army/>; Kellen Browning, «Microsoft Will Make Augmented Reality Headsets for the Army in a \$21.9 Billion Deal», *New York Times* (sitio web), 21 de marzo de 2021, accedido 21 de enero de 2022, <https://www.nytimes.com/2021/03/31/business/microsoft-army-ar.html>.
5. Jeremiah Rozman, «The Synthetic Training Environment», Spotlight 20-6 (Washington, DC: AUSA, December 2020), accedido 21 de enero de 2022, <https://www.ausa.org/sites/default/files/publications/SL-20-6-The-Synthetic-Training-Environment.pdf>.
6. Michael N. Geuss et al., «Visualizing Dynamic and Uncertain Battlefield Information: Lessons from Cognitive Science», *Proceedings of SPIE*, vol. 11426 (27 de abril de 2020), accedido 21 de enero de 2022, <https://spie.org/Publications/Proceedings/Paper/10.1117/12.2558509?SSO=1>; Michael Morozov, «Augmented Reality in Military: A.R. Can Enhance Warfare and Training», Jasoren, accedido 21 de enero de 2022, <https://jasoren.com/augmented-reality-military/>.
7. Courtney Bacon, «IVAS Goggle Amplifies Mounted Capabilities», Army.mil, 18 de febrero de 2021, accedido 21 de enero de 2022, <https://www.army.mil/article/243505/>.
8. Demond Cureton, «U.S. Army to Use IVAS HoloLens Kit in September», XR Today, 9 de junio de 2021, accedido 21 de enero de 2022, <https://www.xrtoday.com/mixed-reality/us-army-to-use-ivas-hololens-kit-in-september/>.
9. Joseph Lacdan, «Acting Secretary: Army to Build on Modernization Momentum», Army.mil, 17 de marzo de 2021, accedido 24 de enero de 2022, <https://www.army.mil/article/244322/>; «Integrated Visual Augmentation System PM IVAS»; Ashley Roque, «Fielding Pressure Led to Expedited IVAS Production Contract, Technology Problems Discovered Later», Janes.com, 29 de octubre de 2021, accedido 24 de enero de 2022, <https://www.janes.com/defence-news/news-detail/fielding-pressure-led-to-expedited-ivas-production-contract-technology-problems-discovered-later>.
10. «Integrated Visual Augmentation System PM IVAS».
11. M. Meyers et al., en «Modeling and Simulations World», ser. MODSIM WORLD '21 (2020); David C. Roberts et al., «Soldier-Worn Augmented Reality System for Tactical Icon Visualization», *Proceedings of SPIE* 8383, Head- and Helmet-Mounted Displays XVII; and Display Technologies and Applications for Defense, Security, and Avionics VI, 838305 (21 de mayo de 2012), <https://doi.org/10.1117/12.921290>; Chris Argenta et al., «Graphical User Interface Concepts for Tactical Augmented Reality», *Proceedings of SPIE* 7688, Head- and Helmet-Mounted Displays XV: Design and Applications, 76880I (5 de mayo de 2010), <https://doi.org/10.1117/12.849462>.
12. Geuss et al., «Visualizing Dynamic and Uncertain Battlefield Information».
13. Xiong You et al., «Survey on Urban Warfare Augmented Reality», *ISPRS International Journal of Geo-Information* 7, nro. 2 (2018), <https://doi.org/10.3390/ijgi7020046>.
14. Ibid.
15. Geuss et al., «Visualizing Dynamic and Uncertain Battlefield Information».
16. Michelle Tan, «Back to Basics: Army Dials Up Traditional Soldiering Once Again», *Army Times* (sitio web), 5 July 2016, accedido 24 de enero de 2022, <https://www.armytimes.com/news/your-army/2016/07/05/back-to-basics-army-dials-up-traditional-soldiering-once-again/>; Shanika L. Futrell, «Land Navigation: Training Hard for Mission Success», Army.mil, 8 de febrero de 2013, accedido 24 de enero de 2022, <https://www.army.mil/article/96160/>.
17. Brett Lindberg y Jan Kallberg, «Augmented Reality: Seeing the Benefits Is Believing», C4ISRNET, 17 July 2020, accedido 24 de enero de 2022, <https://www.c4isrnet.com/opinion/2020/07/17/augmented-reality-seeing-the-benefits-is-believing/>; Maria Rosala, «Task Analysis: Support Users in Achieving Their Goals», Nielsen Norman Group, 20 de septiembre de 2020, accedido 24 de enero de 2022, <https://www.nngroup.com/articles/task-analysis/>.
18. Matthew Cox, «Most Army Squads Falling Short on Infantry Skills, Reports Find», Military.com, 22 de abril de 2019,

accedido 24 de enero de 2022, <https://www.military.com/daily-news/2019/04/22/most-army-squads-falling-short-infantry-skills-reports-find.html>.

19. Army Techniques Publication (ATP) 3-21.8, *Infantry Platoon and Squad* (Washington, DC: U.S. Government Publishing Office [GPO], abril de 2016), accedido 24 de enero de 2022, [https://armypubs.army.mil/epubs/DR\\_pubs/DR\\_a/pdf/web/ARN13842\\_ATP%203-21x8%20FINAL%20WEB%20INCL%20C1.pdf](https://armypubs.army.mil/epubs/DR_pubs/DR_a/pdf/web/ARN13842_ATP%203-21x8%20FINAL%20WEB%20INCL%20C1.pdf); David Lipscomb, «Job Description and Military Resume for a Team Leader», Chron, accedido 24 de enero de 2022, <https://work.chron.com/job-description-military-resume-team-leader-23399.html>.

20. ATP 3-21.8, *Infantry Platoon and Squad*.

21. Long Chen et al., «A Command and Control System for Air Defense Forces with Augmented Reality and Multimodal Interaction», *Journal of Physics: Conference Series* 1627, nro. 1 (agosto de 2020), accedido 24 de enero de 2022, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1627/1/012002>; Nicholas R. Hedley et al., «Explorations in the Use of Augmented Reality for Geographic Visualization», *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 11, nro. 2 (2002): 119–33, <https://doi.org/10.1162/1054746021470577>.

22. Ian W. Toll, *The Conquering Tide: War in the Pacific Islands, 1942–1944* (New York: W. W. Norton, 2015).

23. Nick Heath, «Windows 10 Security: HoloLens Gets First Patch Tuesday Fix from Microsoft», TechRepublic, 12 de julio de 2017, accedido 24 de enero de 2022, <https://www.techrepublic.com/article/windows-10-security-hololens-gets-first-patch-tuesday-fix-from-microsoft/>.

24. «Security Overview and Architecture», Microsoft, 30 de diciembre de 2020, accedido 24 de enero de 2022, <https://docs.microsoft.com/en-us/hololens/security-architecture>; «April 13, 2021—KB5001342 (OS Build 17763.1879)», Microsoft, <https://support.microsoft.com/en-us/topic/april-13-2021-kb5001342-os-build-17763-1879-52e9180d-0cd3-4ab9-8a35-514c07ea9e08>.

25. Algirdas Revaitis, «Contemporary Warfare Discourse in

Russia's Military Thought», *Lithuanian Annual Strategic Review* 16, nro. 1 (2018): 269–301, <https://doi.org/10.2478/lasr-2018-0010>; Jan E. Kallberg, Stephen S. Hamilton y Matthew G. Sherburne, «Electronic Warfare in the Suwalki Gap: Facing the Russian 'Accompli Attack'», *Joint Force Quarterly* 97 (2º trimestre de 2020): 30–38, accedido 24 de enero de 2022, [https://ndupress.ndu.edu/Portals/68/Documents/jfq/jfq-97/jfq-97\\_30-38\\_Kallberg-Hamilton-Sherburne.pdf?ver=2020-03-31-160230-160](https://ndupress.ndu.edu/Portals/68/Documents/jfq/jfq-97/jfq-97_30-38_Kallberg-Hamilton-Sherburne.pdf?ver=2020-03-31-160230-160).

26. «DOT&E FY 2020 Annual Report», The Office of the Director, Operational Test and Evaluation, accedido 24 de enero de 2022, <https://www.dote.osd.mil/annualreport/>.

27. Chris Cruden, «Manhunting the Manhunters: Digital Signature Management in the Age of Great Power Competition», Modern War Institute at West Point, 3 de mayo de 2021, accedido 24 de enero de 2022, <https://mwi.usma.edu/manhunting-the-manhunters-digital-signature-management-in-the-age-of-great-power-competition/>.

28. David Hambling, «Russia Plans 'Flying Minefield' to Counter Drone Attacks», *Forbes* (sitio web), 20 de abril de 2021, accedido 24 de enero de 2022, <https://www.forbes.com/sites/davidhambling/2021/04/20/russia-plans-flying-minefield-to-counter-drone-attacks/?sh=2ad9c96d5754>.

29. Rozman, «The Synthetic Training Environment»; Todd South, «Army Moves Ahead on 'Mixed Reality' Goggle with Microsoft in \$21.8 Billion Contract», *Army Times* (sitio web), 31 de marzo de 2021, accedido 24 de enero de 2022, <https://www.armytimes.com/news/your-army/2021/03/31/army-moves-ahead-on-mixed-reality-goggle-with-microsoft-in-218-billion-contract/>.

30. Technical Manual 4-33.31, *Cold Weather Maintenance Operations* (Washington, DC: U.S. GPO, febrero de 2017), accedido 24 de enero de 2022, [https://armypubs.army.mil/epubs/DR\\_pubs/DR\\_a/pdf/web/TM%204-33x31%20FINAL%20WEB.pdf](https://armypubs.army.mil/epubs/DR_pubs/DR_a/pdf/web/TM%204-33x31%20FINAL%20WEB.pdf).

31. The Khang Dang, «Cloudy with a Chance of Short RTTs: Analyzing Cloud Connectivity in the Internet», *IMC '21: Proceedings of the 21st ACM Internet Measurement Conference* (noviembre de 2021): 62–79, <https://doi.org/10.1145/3487552.3487854>.