

# Terror desde arriba

## Cómo la revolución de vehículos aéreos no tripulados amenaza el umbral de EE.UU.

MAYOR BRYAN A. CARD, FUERZA AÉREA DE EE. UU. (RESERVA)



**A**mazon no es la única organización interesada en utilizar vehículos aéreos no tripulados (UAV por sus siglas en inglés) para repartir paquetes. Dentro de poco, las organizaciones terroristas también pueden emplear UAV para sus fines diabólicos. EE.UU. está en la cresta de una pujante revolución comercial de UAV. El reglamento de la Administración Federal de Aviación (FAA por sus siglas en inglés) solo considera un empleo comercial limitado de los UAV en Estados Unidos. No obstante, esto está cambiando con las guías recientemente implementadas por la FAA.<sup>1</sup> A medida que siguen disminuyendo los impedimentos reguladores para usar UAV en Estados Unidos con fines comerciales, la demanda comercial aumentará, y los proveedores de tecnología de UAV desarrollarán UAV y sistemas de control más capaces y fáciles de usar. Desgraciadamente, una mayor accesibilidad comercial a la tecnología de UAV hará que estos sean más atractivos como método de lanzamiento de ataques terroristas, y los encargados de la política deben considerar diferentes procedimientos para combatir estas amenazas emergentes.

El Departamento de Defensa clasifica los UAV en cinco grupos diferentes, según su peso bruto, la altitud de operación y su velocidad.<sup>2</sup> Este artículo se concentrará en los UAV pequeños de los grupos 1 y 2, entre los que se incluyen UAV de menos de 25 kg, que vuelan a menos de

1060 metros por encima del nivel del terreno y una velocidad inferior a 250 nudos. Hay dos razones principales para concentrarse en estos UAV. Primero, la FAA ha creado una nueva certificación de pilotaje remoto para operadores de UAV, que ya no requieren que estos tengan una licencia de piloto de recreo, deportivo o comercial para aeronaves sin tripular que pesen menos de 25 kg.<sup>3</sup> Con este nuevo reglamento, se espera que la mayor parte del desarrollo comercial en sistemas sin piloto en Estados Unidos se produzca en aeronaves no tripuladas de este tamaño. En segundo lugar, es más probable que individuos o un pequeño grupo pueda fabricar UAV del grupo 1 o 2 en un garaje, con un presupuesto pequeño, con el fin de usar en un ataque terrorista sin despertar sospechas.

## Definiciones

En primer lugar, es útil fijarse en algunos de los términos y abreviaturas relacionados con vehículos aéreos no tripulados:

- *Vehículo aéreo no tripulado (UAV)*: UAV se refiere a un vehículo aéreo real denominado a veces simplemente como aeronave no tripulada (UA).
- *Sistema aéreo no tripulado (UAS, por sus siglas en inglés)*: este término se refiere típicamente a todo el sistema de sistemas que permite a un UAV volar y realizar su misión, incluida la estación terrestre, equipos de telemetría, comunicación y navegación, paquete de sensores, y el UAV mismo.
- *Aeronaves pilotadas por control remoto (RPA por sus siglas en inglés)*: aeronave no tripulada controlada por un piloto adiestrado; este es un término usado principalmente por la Fuerza Aérea de Estados Unidos (USAF) para describir a una aeronave no tripulada.<sup>4</sup>
- *Dron*: término común usado para referirse a un UAV, pero se puede referir a cualquier forma de robot o maquinaria automatizados.

A pesar de las distinciones entre estos términos, a menudo son intercambiables. Este artículo usará principalmente el término *UAV* a menos que se haga referencia a un sistema completo de sistemas, en cuyo caso se usará el término *UAS*.

Por último, se usarán los términos siguientes para caracterizar posibles objetivos y haberes terroristas que los planificadores de orden público y defensivos desean proteger.

- *Objetivo de alto valor*: objetivo cuya pérdida reforzará significativamente la campaña terrorista, debido a varios factores, entre los que se podrían incluir la naturaleza simbólica del objetivo y la cantidad de atención de los medios que generaría el objetivo.<sup>5</sup>
- *Personal de alto riesgo*: personal que, por su posición, nivel, nombramiento o valor simbólico, es probable que sea atractivo como objetivo terrorista.<sup>6</sup>
- *Evento de alto riesgo*: evento que, debido a su valor simbólico, asistencia masiva o atención mediática, es probable que sea un objetivo atractivo y accesible para los terroristas.

## Evaluaciones actuales de vehículos aéreos no tripulados como amenazas para la seguridad nacional

Hasta recientemente, las publicaciones que trataban de la amenaza de UAV se concentraban en UAV a gran escala que plantean una amenaza externa a la seguridad de EE.UU. o a UAV operados a nivel nacional que podrían amenazar la privacidad de los ciudadanos. Eventos recientes, como el UAV que se estrelló en el césped de la Casa Blanca y las vistas de UAV en Francia, por París y en plantas de energía nuclear de todo el país, han llamado la atención al uso de UAV pequeños y al posible peligro que suponen.<sup>7</sup>

Una de las investigaciones más críticas hasta la fecha que examina la amenaza de los UAV en EE.UU. es un estudio de RAND Corporation titulado *Evaluación de nuevas amenazas al país: vehículos aéreos no tripulados y misiles de crucero*, de aquí en adelante denominado el estudio de *Amenazas novedosas*. Este estudio de 2008 lleva a cabo un análisis “Rojo” de modalidades de ataque alternativas, comparando “la idoneidad de los misiles de crucero y UAV con otras opciones, como chalecos bomba, vehículos bomba y morteros”.<sup>8</sup> El éxito de los ataques potenciales se basa en tres resultados tácticos principales:

1. Los individuos seleccionados como blancos resultan heridos o muertos.
2. Propiedades o instalaciones dañadas o destruidas.
3. Se altera una actividad en un estado seleccionado o una actividad que iba a ser efectuada por dicho estado.<sup>9</sup>

Para determinar si una modalidad de ataque podría lograr con éxito estos resultados tácticos, el estudio consideró lo siguiente: (1) efectividad de las ojivas de combate (medidas por peso de carga útil); (2) el tipo de munición lanzado; (3) la precisión del arma; y (4) la probabilidad de alcanzar el objetivo. Por lo general, cuanto mayor sea la carga útil que puede lanzarse, menor será la precisión requerida para lograr el objetivo táctico.

El estudio concluye que los UAV y los misiles de crucero son los que mejor proporcionan las siguientes cinco ventajas operacionales:

1. Eludir defensas perimétricas.
2. Atacar desde fuera de las fronteras nacionales.
3. Preparar múltiples ataques simultáneos.
4. Sostener campañas terroristas extendidas.
5. Dispersar armas no convencionales.<sup>10</sup>

A pesar de estas ventajas operacionales, el estudio afirma que es poco probable que los UAV sean adoptados ampliamente debido a su “mayor complejidad, incertidumbre tecnológica, costo y riesgos”.<sup>11</sup> Los autores admiten que los métodos de ataque son “impulsados por las medidas defensivas o de seguridad” establecidas. No obstante, concluyen que existen objetivos blandos significativos dentro de EE.UU. como para hacer innecesario que los terroristas empleen UAV para los ataques.<sup>12</sup>

Al llegar a su conclusión, los autores de *Amenazas novedosas* no tuvieron en cuenta dos factores importantes que contribuirán al uso terrorista de UAV. Primero, no consideran la comunicación, o los “mensajes”, como un objetivo táctico de la violencia terrorista. Segundo, el estudio no tiene en cuenta la expansión comercial de UAV que EE.UU. está empezando a experimentar o los efectos que está teniendo la comercialización sobre los costos y la accesibilidad de UAV. La consideración de estos dos factores demostrará que el uso de los UAV en ataques terroristas ya no puede desestimarse como muy improbable.

## El terrorismo como comunicación

Un componente clave del terrorismo es la comunicación. En *Communicating Terror (Comunicación del terror)*, Joseph Tuman propone que los terroristas ejercen violencia para enviar un mensaje a una audiencia seleccionada. Escribe: “La audiencia principal serán aquellos que sean testigos y observen la violencia y destrucción y dialoguen sobre lo que hayan visto”.<sup>13</sup> Así pues, el mensaje no es la violencia o la destrucción misma, sino que el mensaje está integrado dentro de la violencia o se deriva de esta en mensajes subsiguientes.<sup>14</sup> Por lo tanto, el resultado táctico de una acción terrorista tal vez no sean las personas muertas o los bienes dañados, sino el mensaje

que se envía a una audiencia seleccionada, que está separada de las personas seleccionadas en el ataque.

Al atacar un objetivo de un valor particularmente alto, como una figura política de alto rango, una persona o un deportista famosos, una organización terrorista puede demostrar su capacidad de superar las capacidades defensivas del estado, mostrando la fortaleza de los terroristas y la debilidad del estado. Cuanto más se llame la atención, mediante pura destrucción o debido al alto valor del objetivo, más lucrativo se hará un cierto objetivo. Al asumir simplemente que los terroristas atacarán objetivos blandos en vez de objetivos protegidos debido a la complejidad operacional adicional es simplificar el asunto demasiado. Al no tratar la idea de que el terrorismo es comunicación mediante violencia, los autores de *Amenazas novedosas* no tienen en cuenta la posibilidad real de que los terroristas puedan escoger un método de lanzamiento preciso capaz de eludir las defensas perimétricas con el fin de atacar un objetivo de alto valor y así conseguir los terroristas un alto nivel de atención e infamia. Al no tratar la tendencia de los terroristas a escoger objetivos de significancia simbólica o para llamar la atención de los medios, el estudio de *Amenazas novedosas* llega a la conclusión refutable de que los UAV no son una amenaza probable. Los UAV son ciertamente una amenaza probable.

## La comercialización de vehículos aéreos no tripulados

Un segundo factor que el estudio de *Amenazas novedosas* no tiene en cuenta es la pujante revolución comercial de UAV. Missy Cummings, antiguo piloto de caza de la Armada y directora del Laboratorio de Humanos y Autonomía de la Universidad Duke, ha declarado:

*Vamos a ver muchas aplicaciones comerciales y mucho mayor desarrollo civil que en las Fuerzas Armadas. En 15 años, se podrá mirar al cielo y ver UAV lavando ventanas y efectuando inspecciones. También podría ver a todos los exesposos celosos siguiendo a su media naranja. Para bien o para mal, estamos al albor de una nueva era.*<sup>15</sup>

La imaginación propia puede ser el único factor limitador de la multitud de usos de los UAV. Entre los usos comerciales actuales se incluyen la fotografía aérea, el monitoreo de yacimientos petrolíferos y oleoductos, el transporte de mercancías críticas y la realización de operaciones de búsqueda y rescate. El profesor de periodismo Matt Waite de la Universidad de Nebraska, que pasó casi dos décadas como reportero que cubría desastres naturales da un ejemplo de esta nueva demanda de UAV. En un congreso de mapas digitales vio que el UAV GateWing X100, que puede caber en la parte posterior de un vehículo utilitario deportivo, se puede lanzar a mano, y está equipado con una cámara de alta resolución que apunta hacia abajo. Se controla por medio de una tableta informática que usa un mapa digital. Para ello se toca simplemente la pantalla y te indica adónde volar sin que se requieran conocimientos de pilotaje. El X100 es muy útil para informar sobre incendios, inundaciones, huracanes y tornados, en casi cualquier situación donde sea prohibitivamente peligroso volar en una aeronave tripulada.<sup>16</sup> Esta utilidad se demostró recientemente después del huracán Harvey, donde la FAA dio al menos 43 autorizaciones para volar UAV comerciales en apoyo de los esfuerzos de recuperación, ayudando a las autoridades locales a “evaluar los daños en hogares, carreteras, puentes, tendido eléctrico, instalaciones de petróleo y gas, y edificios de oficinas”.<sup>17</sup>

El control de supervisión humano es una de las mayores ventajas de la tecnología de UAV, al permitir que personas con un adiestramiento mínimo controlen estas aeronaves. Los operadores de UAV, en vez de tener que entender los principios aeronáuticos y los controles complejos de una aeronave, como lo debe hacer un piloto, efectúan un control de supervisión humano, una función de mayor nivel donde el operador “insta” a la aeronave a hacer lo que quiere.<sup>18</sup> Así pues, tiene UAVs que vuelan por sí solos a puntos intermedios sin que el operador tenga que saber

nada de aerodinámica. Los ingenieros, los topógrafos, las tripulaciones de búsqueda y rescate, y otros profesionales que se beneficiarían de un UAV pueden simplemente recibir un adiestramiento mínimo y operar la aeronave por su cuenta.

En uno de los experimentos de Cummings con control de supervisión humano, visualización de vehículos microaéreos de entornos sin explorar (MAV VUE), los rescatadores tenían un operador en Seattle, Washington que controlaba un microUAV en un campo despejado en Cambridge, Massachusetts.<sup>19</sup> El controlador usaba un iPhone conectado a Internet por medio de un punto de acceso Wifi inalámbrico mientras el UAV se comunicaba con una estación terrestre, conectada también a un punto de acceso Wifi inalámbrico. El operador tenía dos niveles de control: un control de puntos intermedios y un control de ajuste de posición. Al usar un control de puntos intermedios, el operador simplemente hacía clic en un mapa digital para indicar al UAV adónde volar. Al usar un control de ajuste de posición, el operador, con la ayuda de una vista delantera desde la cámara del UAV, pilotó el UAV inclinando el iPhone en el sentido que deseaba que fuera. Los buscadores también escogieron a transeúntes al azar para controlar el UAV a fin de demostrar cómo un operador adiestrado de forma mínima podía operar fácilmente un UAV pequeño. Los sujetos de la prueba recibieron tres minutos de instrucción y pudieron controlar con éxito el UAV y efectuar tareas como identificar a personas mediante la transmisión de vídeo enviado al iPhone desde la cámara del UAV. Dicha tecnología permite a los operadores apartarse de los sistemas tradicionales de mando y control que les requieren microgestionar el comportamiento del vehículo, y en vez de eso concentrarse en la parte de mando y control de la misión más pertinente.

Además, el costo relativamente bajo de los UAV de los grupos 1 y 2 hará que sean un mecanismo de lanzamiento viable para los terroristas. Como ejemplo de la mayor capacidad de acceso de los UAV indicamos el sitio web para entusiastas *DIYDrones.com*. *DIYDrones.com* se dedica a ayudar a los entusiastas de drones a reunir e intercambiar ideas e información sobre cómo fabricar y operar drones. A través de esta, una persona puede aprender a fabricar un UAV equipado con cámaras de alta definición (HD), telemetría y sistemas de control. Estos UAV fabricados para aficionados pueden montarse con un kit de telemetría completo y autopiloto por un costo de entre \$2,000–\$10,000.<sup>20</sup> Chris Anderson, fundador de *DIYDrones.com* afirmó, “Si hacemos que la tecnología sea económica, sencilla y ubicua, las personas normales lo averiguarán”.<sup>21</sup> Ciertamente si una persona normal puede fabricar un UAS, también lo puede hacer un terrorista, y la gama de precios de \$2.000 a \$10.000 está entre los costos históricos de muchos ataques terroristas.<sup>22</sup>

En 2012, Cummings indicó, “las compañías están ansiosas” de integrar los UAV en sus operaciones, “y no hay ninguna razón técnica por la que no podamos hacer esto ahora. . . la única razón por la que no podemos son los temas de regulación”.<sup>23</sup> Ahora, al disminuir las barreras de los UAV en operación en Estados Unidos, veremos un aumento del desarrollo comercial, lo que lleva a una mayor capacidad de acceso para individuos y empresas. Desgraciadamente, dicha mayor capacidad de acceso también hará que los UAV sean más atractivos para los que los usen para fines perversos, eliminando así las barreras de entrada en el dominio del poder aéreo.

## La atracción de los vehículos aéreos no tripulados

Al entender que los ataques terroristas son comunicación a través de la violencia y que los costos técnicos y monetarios de usar UAV están disminuyendo, destacaremos ahora algunas de las características de los UAV que hacen que sean muy adecuados para efectuar ataques terroristas. El estudio de *Amenazas novedosas* indica que la razón principal por la que los UAV son atractivos como mecanismo de lanzamiento es su movilidad inherente, la capacidad de atacar defensas perimétricas. Aunque muchos objetivos terroristas potenciales en Estados Unidos carecen de defensas o barreras perimétricas, los “objetivos protegidos individuales pueden seguir siendo

atractivos para un adversario si un ataque con éxito a un objetivo se considera como particularmente valioso para avanzar las metas del grupo”.<sup>24</sup> Por ejemplo, no es difícil imaginar la sensación mediática que ocurriría si los terroristas fueran capaces de pilotar con éxito un UAV armado hasta un grupo de jugadores de fútbol americano durante el siguiente Supertazón, un concierto de música al aire libre o un parque de juego de una escuela elemental durante el recreo. Otro ejemplo aterrador sería pilotar un UAV hacia el presidente de EE.UU. en la próxima inauguración. Incluso una carga explosiva mínima de 0,6 a 1 kg podría causar muertes y lesiones graves, todo ello mientras 100 millones de personas lo contemplan horrorizadas.



*Cortesía de ArsTechnica*

*La canciller alemana Angela Merkel sonríe cuando un dron Parrot AR se aproxima para hacer un aterrizaje de emergencia durante un evento de campaña del partido cristiano demócrata el 15 de septiembre de 2013*

Existen varios ejemplos de eventos recientes de esta capacidad de un UAV de pasar por alto las defensas perimétricas. En 2013, en un evento de campaña en Dresde, la canciller alemana Angela Merkel y el ministro de Defensa Thomas de Maizière fueron interrumpidos por un cuadricóptero volando hasta el escenario (fig. 1).<sup>25</sup> En enero de 2015, un UAV de cuatro rotores se estrelló en el césped de la Casa Blanca y tres meses después un girocóptero del tamaño de un UAV más grande se estrelló en el césped cerca del Capitolio de EE.UU., volando sin impedimentos por un espacio aéreo restringido.<sup>26</sup> En estos ejemplos, nadie resultó herido y no hubo ninguna intención maliciosa demostrable por parte de los operadores. Sin embargo, demuestran lo fácil que es para los UAV acceder a áreas seguras. Cualquiera de estos eventos podría haber sido trágico si la intención del operador hubiera sido perversa y la aeronave hubiera transportado material energético.



*Almacenamiento interno del ala volante X8*

Una segunda razón por la que los terroristas adoptarán los UAV es por su capacidad de reducir los riesgos de operación de los propios terroristas. Mientras que algunos terroristas han demostrado su voluntad de sacrificarse por su causa, otros pueden resultar atraídos por la capacidad de cometer un ataque terrorista con mucho menor riesgo de aprehensión, permitiendo la posibilidad de llevar a cabo una campaña de terror extendida. El proyecto Micro Vehículos de Aire, Visualización Inesperada del Ambiente (MAV VUE, por sus siglas en inglés) demuestra cómo un operador de UAV puede estar a 4.800 km de distancia, controlando un UAV por internet. Alguien ciertamente necesitaría estar sobre el terreno para desplegar el UAV, pero un UAV equipado con un teléfono celular 3G o 4G puede controlarse prácticamente desde cualquier sitio. Dichas operaciones complicarían en gran medida las investigaciones de la policía porque la huella limitada que dejarían los terroristas en el terreno cerca del ataque. Un UAV armado podría lanzarse a kilómetros de distancia del objetivo previsto, obligando a la policía a ampliar considerablemente el área de búsqueda de posibles testigos y evidencia física.

Una razón final por la que los UAV atraen a los terroristas es que sería difícil impedir un ataque en curso. Es difícil detectar un UAV con radar, el método tradicional de detectar amenazas de defensa aérea. El girocóptero que aterrizó en el césped del Capitolio es un ejemplo de esta dificultad. El portavoz de la Casa Blanca, Josh Earnest dijo que el vuelo a baja velocidad y baja altitud dificultó la detección del pequeño girocóptero en el radar.<sup>27</sup> Marcus Weisgerber, un escritor de *Defense One*, indicó, “Los radares solo pueden ver por encima de las copas de los árboles por lo que si está volando por debajo de ellas van a tener muchas dificultades de localizarlos”.<sup>28</sup> Además, el pequeño tamaño de los UAV hace difícil detectar en radar, ya que “(los sistemas de radar existentes) no están diseñados para buscar objetos como cuadricópteros”.<sup>29</sup> Por último, cuando se detectan los UAV, su alta velocidad (más de 110 km/h) puede hacer que sean difíciles de destruir o evadir.

Ya hay UAV armados de pequeña escala desarrollados para aplicaciones militares, diseñados para desplegarse rápidamente, fácilmente controlados y equipados para destruir objetivos blandos. “El Switchblade de AeroVironment está diseñado para proporcionar al combatiente una solución de ataque de precisión, que puede llevar en una mochila, fuera de la visual y con efectos colaterales mínimos”.<sup>30</sup> El Switchblade pesa 2,8 kg, transporta una carga útil de 0,45 kg, y puede alcanzar una velocidad máxima estimada de 130–160 mph.<sup>31</sup> AeroVironment asevera que “el pequeño tamaño del vehículo y su motor silencioso dificultan que se detecte, reconozca y siga incluso a una distancia muy corta”.<sup>32</sup> Aunque es posible que el Switchblade nunca caiga en manos de los terroristas debido a restricciones de ventas y exportación, el principio del Switchblade, un pequeño y rápido UAV con una cámara abordo para seleccionar objetivos, constituye un ejemplo importante del potencial de esta amenaza.

Un ejemplo de aeronave de control remoto para aficionados que puede convertirse en un UAV armado es el ala volante X8. El X8 tiene amplio espacio para componentes electrónicos y un pequeño explosivo (Figura 2). Pesa solamente 2,2 kg, tiene una capacidad de 2,3 kg de carga útil adicional, puede desplazarse a una velocidad de crucero de 65 km/h con una velocidad máxima de 110 km/h, y tiene una autonomía de hasta tres horas.<sup>33</sup> El kit básico puede comprarse por \$160. Un sistema completo con un motor, autopiloto, cámara HD de vista de primera persona y transmisor de vídeo pueden costar una cantidad comprendida entre \$2.000 y \$10.000. También hay opciones para comprar el X8 como un UAS llave en mano. Airelectronics basado en España vende el ala volante X8 completa con una estación terrestre, su autopiloto U-Pilot y un paquete de sensores. Airelectronics indica que tiene una autonomía de hasta tres horas, con navegación redundante por estima si se pierden las señales de GPS. Se calcula que este sistema cuesta aproximadamente \$20.000.<sup>34</sup> El X8 es justo uno de los varios UAV para aficionados que pueden utilizarse para ataques, resaltando una vez más la amenaza terrorista real que plantean los UAV hoy en día.

## Método defensivo

La doctrina conjunta militar de EE.UU. debate las metodologías defensiva y ofensiva para contrarrestar amenazas aéreas.<sup>35</sup> Basándose en este concepto operacional, examinamos tanto la defensa activa como pasiva, así como un método más proactivo utilizando operaciones de inteligencia y policía antes de un posible ataque de UAV. La defensa activa consta de “medidas defensivas directas tomadas para destruir, anular o reducir la efectividad de amenazas aéreas hostiles”, mientras que la defensa pasiva incluye medidas “tomadas para minimizar, mitigar o recuperarse de las consecuencias de aviones y misiles de ataque”.<sup>36</sup> Por último, las operaciones de inteligencia y policía pueden usarse para buscar y aprehender a terroristas antes de atacar.

## Defensa activa

Los UAV no son una amenaza de defensa aérea tradicional, ya que generalmente son menores que las aeronaves tripuladas y vuelan más bajo y más lento, haciendo que sean más difíciles de detectar, complicando así la función de la defensa activa. Los radares solamente pueden detectar objetos dentro de su visión directa, y cuanto más bajo vuele un objeto, más corto será el radio de detección posible al estar enmascarado detrás de árboles y edificios. Por último, el pequeño tamaño de los UAV complica aún más la detección con radares. Según el informe del Laboratorio de Investigación del Ejército, un UAV pequeño puede tener una sección equivalente de radar aproximada (RCS por sus siglas en inglés) de -15 dBsm, o decibeles referidos a un metro cuadrado, que es una medida logarítmica de cuánta energía electromagnética reflejará un objeto particular.<sup>37</sup> Esto es comparable a un pájaro grande (-20 dBsm), mientras que, por otra parte, un avión de pasajeros comercial grande tiene un RCS de aproximadamente 40 dBsm y un pequeño reactor podría estar en el intervalo de 1 a 2 dBsm.<sup>38</sup> Por lo tanto, incluso si se detecta un UAV en el radar, puede desestimarse al ser considerado un pájaro debido a su tamaño, altitud y velocidad similares.

Y lo que es peor aún, incluso si se identifica una amenaza de UAV, las opciones para enfrentarse a la amenaza son limitadas. Primero, en entornos urbanos, donde los ataques son más probables, la policía y los militares son reacios a derribar UAVs debido a que cualquier proyectil usado para un ataque cinético puede causar daños colaterales cuando regresa al terreno. Además, probablemente sería difícil derribar muchos UAV debido a su peso liviano, que requieren una sustentación mínima para seguir en el aire.<sup>39</sup> Los UAV hechos de Styrofoam, fibra de vidrio o materiales similares probablemente podrían recibir tres impactos y seguir en funcionamiento a menos que se dañe un componente crítico, como el motor, la navegación o el receptor. El uso de una munición explosiva podría facilitar este asunto, pero aumentaría la preocupación sobre daños colaterales y seguridad pública. Por último, un modelo cinético para defender un objetivo en un entorno urbano podría requerir varios sistemas con operadores adiestrados para estar en posición junto a probables avenidas de aproximación aéreas para defender el área de forma adecuada. Este modelo aumentará el costo de defensa contra las amenazas de UAV, quizás de forma prohibitiva, que es una de las razones por las que el estudio *Amenazas noveles* no recomienda el desarrollo de un sistema robusto de defensa activa para esta amenaza.

No obstante, una forma de defensa activa que promete, es el uso de interferencias para bloquear el canal de mando y telemetría de los UAV. Las interferencias pueden ser particularmente efectivas contra los UAV de aficionados porque sus frecuencias de mando están reguladas. Por lo tanto, cualquiera comprado directamente estará en un intervalo de frecuencias que puede anticiparse. Al interferir las frecuencias más comunes, se puede eliminar efectivamente la capacidad de un operador de UAV terrorista para llevar a cabo una selección de objetivos precisa dentro del área denegada. Además, a diferencia de fuegos cinéticos, las interferencias no requerirían necesariamente el mismo tipo de precisión de rastreo para enfrentarse a la amenaza. Las interferencias pueden ser omnidireccionales, requiriendo así solamente que la amenaza se detecte dentro de una cierta proximidad, permitiendo el uso de un método de detección acústica y radiofrecuencia.

Hay tres factores básicos cuyo debate hay que considerar al tratar de interferir un canal de mando de UAV o sus datos de telemetría:

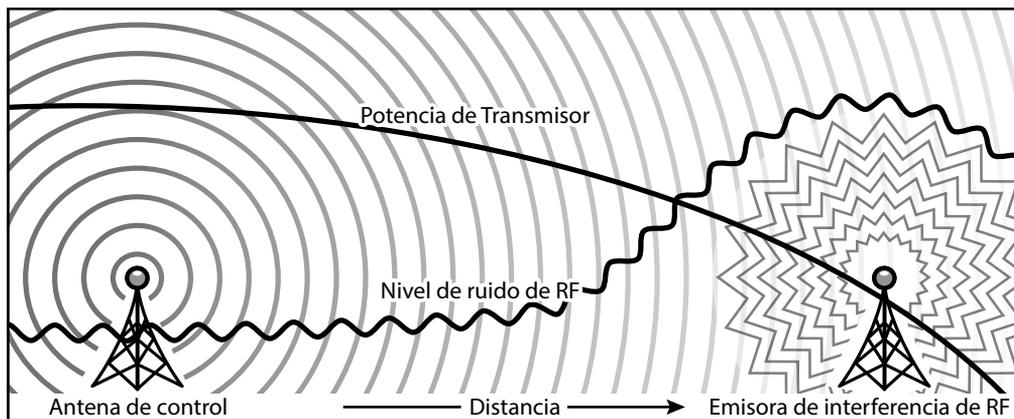
- Potencia de transmisión de la estación de control y del UAV.
- Ganancia de la antena de los transmisores.
- Nivel de ruido de radiofrecuencia (RF por sus siglas en inglés) en el entorno.

Para que un terrorista lleve a cabo una selección de objetivos dinámicos, la estación de control y el UAV necesitan comunicarse. Al impedir esta comunicación, se puede impedir un ataque o, como mínimo, causar una pérdida de precisión en la selección de objetivos, lo cual es crítico al considerar la pequeña carga útil de estos UAV.

En teoría, las ondas de radio, por medio de las cuales se comunican la estación terrestre y el UAV, se propagan de forma indefinida. No obstante, a medida que se propagan, se dispersan y su señal se debilita en función del cuadrado de la distancia que recorren.

$$\left( \text{Intensidad} \times \frac{1}{\text{Distancia}^2} \right)$$

Esta regla es conocida como la ley de propagación de la inversa del cuadrado y es el mayor determinante del radio de acción en el que la estación de control del UAV puede hacer contacto con un receptor. La ganancia de la antena también afecta esta distancia en que cuanto mejor pueda la antena convertir energía en ondas de radio más se propagará la señal útil. Tercero, la señal necesita superar el nivel de ruido de RF en el entorno. Una vez que la señal no pueda distinguirse del ruido, se hace inutilizable. Las interferencias funcionan elevando de forma efectiva el nivel de ruido de RF, impidiendo una transmisión útil para alcanzar el receptor en el UAV. A medida que el UAV se aproxima al objeto defendido y al equipo de interferencia de al lado, más difícil será que el transmisor supere el ruido de RF del equipo de interferencias de señales.



**Figura. Potencia del transmisor en función del nivel de ruido de RF**

La Figura 3 muestra cómo funcionaría dicho equipo de interferencias elevando el nivel de ruido de RF en la proximidad del área que se vaya a defender. Una vez que la señal de la antena de control sea menor que el nivel de ruido de RF, el operador no podrá controlar más el UAV. Para superar al equipo de interferencias de señales, el terrorista tendrá que cambiar las bandas de frecuencia, aumentar la potencia de transmisión o acercarse al área objetivo, y ninguna de las cuales son particularmente sencillas. Cambiar la banda de frecuencias o aumentar la potencia de salida del transmisor requeriría conocimientos significativos de ingeniería eléctrica y radiofrecuencia, que son improbables de tener excepto en el caso de los terroristas más determinados o técnicos. Además, obligar al terrorista a acercarse al objetivo aumenta el riesgo operacional del terrorista, ya que puede ser observado e interrumpido en medio de la operación, denegando así algunas de las ventajas operacionales de los UAV.

Sin embargo, una de las desventajas de usar interferencias contra UAV, es que hay muchos usuarios del espectro electromagnético y las interferencias pueden perturbar a usuarios legíti-

mos del espectro. Las aeronaves y UAV de control remoto están autorizados solamente para utilizar ciertas frecuencias: 27 MHz, 49 MHz, 50 MHz, 53 MHz, 72 MHz y 75 MHz para uso de un solo canal y 2,4 GHz para uso de un espectro amplio.<sup>40</sup> Además, los kits de telemetría que envían de vuelta información de vídeo y posición pueden encontrarse normalmente en los intervalos de 433 MHz, 900 MHz, 2,4 GHz y 5,8 GHz. Aunque no sería particularmente problemático interferir con las frecuencias de control de un solo canal, los intervalos de 433 MHz, 900 MHz, 2,4 GHz y 5,8 GHz forman parte de lo que se conoce como las bandas industriales, científicas y médicas, e interferir con ellas podría causar interferencias indeseables. Entre los dispositivos comunes que usan estas bandas incluyen dispositivos Bluetooth, teléfonos inalámbricos y redes de protocolo de internet inalámbricas. Además, un factor complicado en la utilización de equipos de interferencias es el uso de redes celulares para controlar UAV. Para ampliar el radio de acción de los UAV y la telemetría que envían de vuelta, los terroristas pueden tratar de utilizar redes celulares integrando un teléfono inteligente u otro dispositivo móvil inalámbrico en su diseño de UAV, como se ve en el experimento de MAV VUE. Las interferencias de dichas señales requerirían interrumpir servicios celulares dentro de un área dada. El público general probablemente no aprobaría las interrupciones continuas e innecesarias de servicios celulares y otras funciones inalámbricas en áreas protegidas. Afortunadamente, hay formas de contribuir a mitigar las interferencias no deseadas.

Los sistemas de detección activos y pasivos como radares, sensores acústicos y detectores de RF pueden mitigar las interferencias con el empleo del público general de servicios celulares y bandas industriales, científicas y médicas permitiendo interferencias solamente cuando se detecte un UAV dentro de un espacio aéreo restringido. Los radares optimizados contra UAV pequeños, de vuelos bajos y lentos, como los que usan nueva tecnología de radar holográfico y micro-Doppler, pueden ser efectivos para detectar e identificar UAV que operan en un espacio aéreo restringido.<sup>41</sup> Además, los métodos de detección no tradicionales como los sensores acústicos y de radiofrecuencia también pueden demostrar su utilidad tanto para detectar UAV como para distinguirlos de otros objetos como pájaros. Los sistemas acústicos detectan el rastro de audio relativamente único que producen los UAV en sus hélices, mientras que la detección de RF comprende la creación de una red de receptores “que pueden triangular transmisores móviles”.<sup>42</sup> Así pues, una vez que se detecta la entrada de un UAV en un espacio aéreo restringido o se aproxima un evento de alto riesgo, se pueden activar los equipos de interferencias para terminar con la amenaza, minimizando la interrupción de servicios celulares y las bandas industriales, científicas y médicas y aliviando las preocupaciones del público.

Evidentemente, la opción de interrumpir el servicio celular, las redes inalámbricas y los dispositivos Bluetooth no debe tomarse a la ligera. No obstante, cuando se enfrentan con la opción alternativa de gastar en munición activa sobre un centro de población para desactivar un UAV amenazador, la opción prudente de usar interferencias está clara. El uso de una red de advertencia como radar, sensores acústicos y detectores de RF para detectar amenazas de UAV combinadas con interferencias de RF de sistemas de mando y telemetría de UAV parece ser una forma muy prometedora de acabar con dichas amenazas.

## Defensa pasiva

Uno de los mejores métodos para mitigar un ataque terrorista de UAV es mediante una defensa pasiva fuerte. Entre las medidas de defensa aérea pasiva se pueden incluir sistemas de detección y advertencia, camuflaje y ocultación, decepción y protección. Un método pasivo particularmente efectivo para frustrar ataques de UAV es organizar eventos de alto riesgo en lugares interiores. Las estructuras más comerciales proporcionan una protección física adecuada, refuerzo de la protección, contras las ojivas de combate que los UAV pequeños podrían transpor-

tar, aproximadamente de 1 a 5 kg. Simplemente la organización de eventos en lugares interiores, puede reducir considerablemente la probabilidad de ser escogido como blanco de un ataque. Aunque puede ser posible pilotar un UAV dentro de una estructura, no es deseable debido a la falta de movilidad, la dificultad para planificar rutas y la gran posibilidad de perder señales de RF en lugares interiores. La organización de un evento en un lugar interior elimina la capacidad del UAV de pasar por alto las defensas perimétricas y probablemente haría que un terrorista escogiera un objetivo o método de lanzamiento diferentes.

En caso de un evento al aire libre, las defensas pasivas se siguen pudiendo implementar. Al utilizar sistemas de detección para hacer advertencias por adelantado, el personal de alto riesgo puede trasladarse a un área protegida si un UAV fuera a entrar a un área restringida. Como los UAV pequeños no pueden transportar una carga útil grande, esta protección puede variar de un vehículo blindado a un edificio cercano. Para eventos al aire libre en un escenario cubierto, las redes desplegables podrían demostrar su efectividad para prevenir que un UAV se acerque al objetivo previsto. La defensa pasiva incluso puede hacerse disuasoria contra ataques, ya que se puede hacer creer a los terroristas que sus armas no pueden alcanzar su objetivo deseado.

Por último, las formas tradicionales de seguridad de operación pueden contribuir a proteger al personal de alto riesgo de ser escogidos como blancos de ataques de UAV. Dichas medidas incluyen rutas de transporte no predecibles y variar las horas a las que las personas de alto riesgo llegan y salen del trabajo y de sus domicilios, así como no anunciar las horas de llegada y salida de personal de alto riesgo en eventos de alto riesgo. Estas medidas generalmente hacen que sea más difícil para los terroristas atacar a personal de alto riesgo usando cualquier método de ataque, no simplemente UAV.

## Inteligencia

Actualmente, casi toda la tecnología relacionada con aeronaves y UAV de control remoto de aficionados es de fácil acceso, y sería casi imposible detener la proliferación de esta tecnología.<sup>43</sup> No obstante, tal vez sea posible descubrir a aquellos que están fabricando UAV que puedan operarse más allá de un radio de acción visual. La distinción entre UAV y aeronaves de control remoto es el control de navegación. El control de navegación se puede separar en dos tecnologías: receptores de GPS y autopilotos. Aunque los receptores de GPS son comunes, el autopiloto satisface una función muy especializada, ya que solo es adquirida por individuos que operan aeronaves o fabrican UAV. Como el desarrollo y el uso de un UAV requieren esta tecnología muy especializada, las agencias de orden público e inteligencia tienen que buscar algo específico al cribar posibles amenazas terroristas.

Si el personal de orden público e inteligencia obtuviera la capacidad de monitorear las compras de autopilotos, entonces podrían comparar esas compras con otros indicadores de actividad terrorista, como enlaces con grupos extremistas y compra de sustancias químicas que puedan usarse para fabricar explosivos. De forma similar, se puede monitorear la compra directa de cualquier UAV comercial que incluye un autopiloto y es capaz de transportar una carga útil de 1–5 kg (o más). Por lo tanto, se recomienda establecer disposiciones que permitan a las agencias de orden público e inteligencia apropiadas monitorear compras de autopilotos y UAV comerciales.

## Conclusión

El empleo de UAV por parte de terroristas no es una amenaza alejada. La comercialización de los UAV se está produciendo ahora y con el último anuncio de la FAA crear un estado de operador para UAV pequeños y eliminar el costoso requerimiento de un piloto autorizado, veremos

mayor demanda comercial. Las compañías y los proveedores de tecnología de UAV se dedicarán a hacer que la tecnología de UAV sea más accesible a empresas e individuos aficionados para aumentar su capacidad de comercialización. Desgraciadamente, el desarrollo comercial también hará que esa tecnología sea más atractiva y accesible a los terroristas.

Los terroristas tratarán de adquirir pequeños UAV debido a sus posibles ventajas significativas. Los terroristas usan la violencia como comunicación, y entienden que no es necesario matar a numerosas personas para enviar un mensaje. Los UAV tiene la capacidad de omitir los perímetros defensivos, permitiendo a los terroristas atacar a personal o eventos de alto riesgo, lo que puede producir una cobertura mediática inmediata en directo y hacer ver la debilidad del gobierno por su incapacidad de proteger dichos objetivos. Además, el uso de UAV proporciona un cierto nivel de seguridad para el terrorista permitiéndole estar más alejado de la ubicación del blanco, haciendo posible que el terrorista lleve a cabo ataques subsiguientes antes de ser aprehendido. Los terroristas son ahora cada vez más capaces de aprovecharse de las ventajas de usar UAV mediante avances tecnológicos como los de control de supervisión humano y una disminución de los costos para su obtención. En resumen, la probabilidad de ver UAV usados en ataques terroristas está aumentando significativamente.

Aunque tal vez sea más difícil hacer fracasar a los UAV que anular las amenazas aéreas tradicionales, hay medidas que pueden tomarse para mitigar la amenaza de UAV pequeños. La organización de eventos de alto riesgo y las apariciones de personas de alto riesgo en interiores es probablemente la mejor manera de protegerse contra la amenaza de UAV pequeños. Esta medida de defensa pasiva también resulta ser la que tiene menos consecuencias negativas y es probablemente la opción de menor costo entre las alternativas. Por supuesto, no será siempre posible organizar un evento en un lugar interior. Eventos como el maratón de Boston siguen proporcionando blancos lucrativos para terroristas, pero el riesgo puede mitigarse mediante medidas de defensa activa. Se pueden utilizar radares para detectar estas amenazas, dando una advertencia pronta que mejora la defensa pasiva. Además, se pueden utilizar interferencias como parte de una defensa activa para desactivar UAV una vez que se ha detectado que están entrando en un área restringida. Por último, el monitoreo de aquellos que compran autopilotos y UAV comerciales que tienen autopilotos integrados y una cierta capacidad de carga útil puede contribuir a que las operaciones de orden público e inteligencia descubran, por adelantado, a los que podrían usar UAV (entre otras herramientas) para hacernos daño.

Desgraciadamente, la realidad actual es que los UAV complican las cosas para el personal de seguridad y los planificadores defensivos. Democratizan el poder aéreo, forzando la consideración de la tercera dimensión al pensar sobre amenazas potenciales a personal y eventos de alto riesgo. Las ventajas obtenidas al utilizar UAV sin duda atraerán a terroristas a blancos potenciales que ahora serán más accesibles. Aunque los recursos para proteger de forma adecuada el gran número de blancos potenciales pueden estar limitados, los UAV de pequeña escala son una amenaza creciente para la que el gobierno de EE.UU. debe estar preparándose. □

#### Notas

1. Administración Federal de Aviación (FAA), "Summary of Small Unmanned Aircraft Rule (Part 107)" (Resumen del reino de las aeronaves pequeñas no tripuladas (Parte 107)), *FAA News*, 21 de junio 2016, [https://www.faa.gov/uas/media/Part\\_107\\_Summary.pdf](https://www.faa.gov/uas/media/Part_107_Summary.pdf).

2. "United States Air Force Unmanned Aircraft Systems Flight Plan 2009–2047" (Plan de vuelo de sistemas de aeronaves no tripuladas de la Fuerza Aérea de Estados Unidos 2009-2047), (Washington, DC: Comandancia de la USAF, 2009), 25, [http://fas.org/irp/program/collect/uas\\_2009.pdf](http://fas.org/irp/program/collect/uas_2009.pdf).

3. FAA, "DOT and FAA Finalize Rules for Small Unmanned Aircraft Systems" (El DOT y la FAA finalizan las reglas para sistemas de aeronaves no tripuladas), 21 de junio de 2016, [https://www.faa.gov/news/press\\_releases/news\\_story.cfm?newsId=20515](https://www.faa.gov/news/press_releases/news_story.cfm?newsId=20515).

4. Instrucción de la Fuerza Aérea 11-202, vol. 3, *Flying Operations: General Flight Rules (Operaciones de vuelo: reglas de vuelo generales)*, 10 de agosto de 2016, 69, [http://static.e-publishing.af.mil/production/1/af\\_a3/publication/afi11-202v3/afi11-202v3.pdf](http://static.e-publishing.af.mil/production/1/af_a3/publication/afi11-202v3/afi11-202v3.pdf).

5. Este es un término similar al usado por el Departamento de Defensa (DOD), vea: “Publicación Conjunta (JP) 1-02, *Dept. of Defense Dictionary of Military and Associated Terms*” (Diccionario de términos militares y asociados del Departamento de Defensa) 15 de marzo de 2015, 108, [http://www.dtic.mil/doctrine/new\\_pubs/jp1\\_02.pdf](http://www.dtic.mil/doctrine/new_pubs/jp1_02.pdf).

6. JP 3-07.2, *Antiterrorism (Antiterrorismo)*, 24 de noviembre de 2010, GL-6, [http://www.dtic.mil/doctrine/docnet/courses/operations/icdjo/resources/JP3\\_07X2.pdf](http://www.dtic.mil/doctrine/docnet/courses/operations/icdjo/resources/JP3_07X2.pdf).

7. Michael D. Shear y Michael S. Schmidt, “White House Drone Crash Described as a U.S. Worker’s Drunken Lark” (El accidente del dron de la Casa Blanca se describe como una alondra ebria), *New York Times*, 27 de enero de 2015, [http://www.nytimes.com/2015/01/28/us/white-house-drone.html?\\_r=0](http://www.nytimes.com/2015/01/28/us/white-house-drone.html?_r=0); y Amar Toor, “Paris has a Drone Problem” (París tiene un problema de drones), *The Verge*, 26 de febrero de 2015, <http://www.theverge.com/2015/2/26/8113291/paris-drone-uav-eiffel-tower-charlie-hebdo>.

8. Brian A. Jackson, David R. Frelinger, Michael J. Lostumbo y Robert W. Button, *Evaluating Novel Threats to the Homeland: Unmanned Aerial Vehicles and Cruise Missiles (Evaluación de amenazas novedosas para el país: vehículos aéreos no tripulados y misiles de crucero)*, Rand Corporation: National Defense Research Institute, 2 de marzo de 2008, 8, <http://www.rand.org/pubs/monographs/MG626.html>.

9. *Ibid.*, 13.

10. *Ibid.*, 58–59.

11. *Ibid.*

12. *Ibid.*

13. Tuman, Joseph, *Communicating Terror (Comunicación del terror)*, 2a ed. (Los Angeles, Sage Publications: 2010), 34.

14. *Ibid.*, 32.

15. Patrick Hruby, “Out of ‘Hobby’ Class, Drones Lifting Off for Personal, Commercial Use” (Despegue del uso personal comercial para drones de la clase más allá de aficionados), *Washington Times*, 14 de marzo de 2012, <http://www.washingtontimes.com/news/2012/mar/14/out-of-hobby-class-drones-lifting-off-for-personal/?page=all>.

16. *Ibid.*

17. Aarian Marshall, “Above Devastated Houston, Armies of Drones Prove Their Worth” (Por encima de un Houston devastado, los ejércitos de drones demuestran su valor), *Wired.com*, 4 de septiembre de 2017, <https://www.wired.com/story/houston-recovery-drones/>.

18. Missy Cummings, “Can a ‘Computer Co-pilot’ Help Anyone Be a Surgeon?” (¿Puede un copiloto por computadora ayudar a cualquiera a ser un cirujano?) *TEDTALK 2012*, 10 de julio de 2012, <http://www.tedmed.com/talks/show?id=7355&vi=de0Id=6923&ref=about-this-talk>.

19. Tom Koehler, “Smart Phones Fly Mini Drones” (Teléfonos inteligentes pilotan minidrones), *Boeing*, 29 de agosto de 2011, [http://www.boeing.com/Features/2011/08/corp\\_drone\\_08\\_29\\_11.html](http://www.boeing.com/Features/2011/08/corp_drone_08_29_11.html).

20. Esta gama incluye el costo de aeronaves de aficionados, autopiloto, kit de telemetría y estación terrestre. Se puede encontrar información adicional sobre varias opciones de precios en el sitio web DIYDrones.com y el sitio web afiliado 3DRobotics: <http://www.diydrones.com> and <http://3drobotics.com>, respectivamente.

21. Hruby, “Out of ‘Hobby’ Class” (Clase más allá de aficionados).

22. Eben Kaplan, “Tracking Down Terrorist Financing” (Seguimiento de la financiación terrorista), *Council on Foreign Relations (Consejo sobre relaciones exteriores)*, 4 de abril de 2006, <http://www.cfr.org/terrorist-financing/tracking-down-terrorist-financing/p10356#p4>.

23. *Ibid.*

24. Jackson y otros, *Evaluating Novel Threats (Evaluación de amenazas novedosas)*, 29.

25. Sean Gallagher, “German Chancellor’s Drone ‘Attack’ Shows the Threat of Weaponized UAV” (El ataque del dron de la canciller alemana muestra la amenaza de un UAV armado), *Ars Technica*, 18 de septiembre de 2013, <http://arstechnica.com/information-technology/2013/09/german-chancellors-drone-attack-shows-the-threat-of-weaponized-uavs/>.

26. Shear y Schmidt, “White House Drone Crash Described” (Descripción del accidente del dron de la Casa Blanca) y Krishnadev Calamur, “Florida Mailman Who Flew Gyrocopter onto Capitol Lawn Charged” (Acusación al cartero de Florida que pilotó un girocoptero hasta el césped del Capitolio) *the two-way*, 16 de abril de 2015, <http://www.npr.org/sections/thetwo-way/2015/04/16/400195580/florida-mailman-who-flew-gyrocopter-onto-capitol-lawn-charged>.

27. Calamur, “Florida Mailman Who Flew Gyrocopter” (Cartero de Florida que pilotó el girocoptero).

28. Robin Young, “How Did This Pilot Make it All the Way to the Capitol Lawn?” (¿Cómo llegó este piloto al césped del Capitolio?) *Here and Now*, 16 de abril de 2015, <http://hereandnow.wbur.org/2015/04/16/gyrocopter-capitol-security>.

29. Tereza Pultarova, “Drone-detecting Air-traffic Radar Successful in Trials” (Radar de tráfico aéreo que detecta drones de forma satisfactoria en las pruebas) *Engineering and Technology Magazine*, 6 de mayo de 2015, <https://eandt.theiet.org/content/articles/2015/05/drone-detecting-air-traffic-radar-successful-in-trials/>.

30. “Switchblade”, *AeroVironment*, 13 de junio de 2015, <https://www.avinc.com/uas/adc/switchblade/>.

31. “2010–2011 UAS Yearbook”, *The Global Perspective—8th Edition*, Junio de 2010, [http://uas.usgs.gov/UAS-Yearbook2010/pdf/P161-195\\_World-UAS-Reference-Section.pdf](http://uas.usgs.gov/UAS-Yearbook2010/pdf/P161-195_World-UAS-Reference-Section.pdf); y Gary Mortimer, “Lethal Miniature Aerial Munition System (LMAMS) to be deployed soon?” (¿Se va a desplegar pronto el Sistema de Minimunición Aérea letal (LMAMS)), *UAS News*, 1 de enero de 2011, <http://www.usasnews.com/2011/01/3260/lethal-miniature-aerial-munition-system-lmams-to-be-deployed-soon/>.

32. AeroVironment, “Switchblade”.

33. "Airelectronics X8 Flying Wing Datasheet" (Hoja de datos del ala volante X8 de Airelectronics), sitio web de *Airelectronics*, 13 de junio de 2015, [http://www.airelectronics.es/products/x8\\_brochure.pdf?PHPSESSID=itg7avr0agek17jv0o6njqt7h3](http://www.airelectronics.es/products/x8_brochure.pdf?PHPSESSID=itg7avr0agek17jv0o6njqt7h3).

34. Airelectronics no declara públicamente el costo del sistema completo, pero la estación terrestre, el autopiloto y el software de control se vende al por menor por unos \$16.000, que que representa la gran parte del costo del sistema.

35. "JP 3-01, *Countering Air and Missile Threats*" (Cómo contrarrestar las amenazas aéreas y de misiles), 21 de abril de 2017, I-3, [http://www.dtic.mil/doctrine/new\\_pubs/jp3\\_01\\_20172104.pdf](http://www.dtic.mil/doctrine/new_pubs/jp3_01_20172104.pdf).

36. "JP 3-01, *Countering Air and Missile Threats (Cómo contrarrestar las amenazas aéreas y misiles)*, I-6 y V-15.

37. Thomas J. Pizzillo, "RCS Measurements of a PT40 Remote Control Plane at Ka-Band" (Medidas de RCS de un avión de control remoto PT40 en la banda Ka), *Army Research Laboratory*, marzo de 2005, <http://www.arl.army.mil/arlreports/2005/ARL-TN-238.pdf>.

38. J.A. Spruyt y Ph. van Dorp, "Detection of Birds by Radar" (Detección de pájaros por radar), *TNO Physics and Electronics Laboratory Laboratorio de Física y Electrónica TNO*, agosto de 1996, <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA321060>; y Merrill I. Skolnik, *Introduction to Radar Systems (Introducción a sistemas de radar)*, 2a ed. (Londres: McGraw-Hill Book Co., 1981), 44.

39. Los cuadricópteros pueden ser más susceptibles a fuegos cinéticos debido a que se basan en motores múltiples para mantener la sustentación.

40. Academia Aeronáutica de Modelos, "Frequency Chart for Model Operation" (Cuadro de frecuencias para la operación de modelos), 13 de junio de 2015, <http://www.modelaircraft.org/events/frequencies.aspx>.

41. Tereza Pultarova, "Drone-detecting Air-traffic Radar" (Radar de tráfico aéreo de detección de drones) y P. Molchanov, K. Egiazarian, J. Astola, R. I. A. Harmanny y J. J. M. de Wit, "Classification of Small UAVs and Birds by Micro-Doppler Signature" (Clasificación de pequeños UAV y pájaros por el rastro micro-Doppler), *Actas del 10º Congreso Europeo de Radar*, 9–11 de octubre de 2013, <http://www.cs.tut.fi/~molchano/papers/EuRad2013.pdf>.

42. Bryan Lifkin, "Detection Systems Listen for Drones Flying Under the Radar" (Los sistemas de detección escuchan a drones volar bajo el radar), *Gizmodo*, 18 de mayo de 2015, <http://gizmodo.com/detection-systems-listen-for-drones-flying-under-the-ra-1704764102>; y "Credible Personal Drone Detection Systems Now Available on Kickstarter from Domestic Drone Countermeasures LLC" (Se dispone ahora de sistemas de detección de drones personales creíbles en la campaña de inicio de Domestic Drone Countermeasures LLC), PR Newswire, 13 de junio de 2014, <https://www.prnewswire.com/news-releases/credible-personal-drone-detection-systems-now-available-on-kickstarter-from-domestic-drone-countermeasures-llc-263016721.html>.

43. Ajay Lele y Archana Mishra, "Aerial Terrorism and the Threat from Unmanned Aerial Vehicles" (El terrorismo aéreo y la amenaza de vehículos aéreos no tripulados), *Journal of Defense Studies* 3:3 (julio de 2009): 54–65, [http://skyjack.co.il/pdf/jds\\_3\\_3\\_alele\\_amishra.pdf](http://skyjack.co.il/pdf/jds_3_3_alele_amishra.pdf).



**Mayor Bryan A. Card**, Fuerza Aérea de EE. UU. (Reserva). Tiene un BA de la Universidad de Stanford y un MS de la Universidad de Texas. Es el jefe de armas y tácticas para el 710º Escuadrón de Operaciones de Combate, Base Conjunta Langley-Eustis, Virginia. Es responsable del desarrollo y de la evaluación de adiestramiento y tácticas para apoyar operaciones de componentes aéreos. Recientemente regresó del Centro de Operaciones Aéreas Combinadas del Comando Central de las Fuerzas Aéreas de EE.UU., donde trabajó como oficial de servicio no cinético, integrando capacidades aéreas, espaciales y cibernéticas en operaciones conjuntas. El Mayor Card también es un director de proyecto del Centro de Disparos del Ejército de EE.UU. de la Célula de Desarrollo e Integración de Capacidades de Excelencia, proporcionando comando y control enlace de datos tácticos que apoyan al Ejército y Estado Mayor Conjunto. Antes de unirse a la Reserva de la Fuerza Aérea, pasó cinco años en el Ejército de EE.UU., donde sirvió como oficial de control de fuego de artillería de defensa aérea, responsable del control y de la coordinación de disparos de misiles superficie a aire. También sirvió como soldado de infantería antes de su nombramiento a través de la Escuela de Aspirantes de Oficiales. El Mayor Card fue desplegado en Afganistán y Catar, y se graduó de la Escuela de Armas de la Fuerza Aérea de EE.UU. y el Curso de Oficiales de Control de Interfaz Conjunto.