



DRONES

CIENCIA AL VUELO

Por Guillermo Cárdenas Guzmán

Imágenes: Shutterstock



Los vehículos aéreos no tripulados proliferan fuera de las bases militares: hoy se usan para fotografía aérea, mapeo o vigilancia. También están ganando popularidad como herramienta de investigación científica.



Foto: Mara Salazar

En la víspera del Súper Tazón número 49, que se jugó el pasado 1 de febrero en el estadio de la Universidad de Phoenix en Glendale, Arizona —donde los Patriots de Nueva Inglaterra le ganaron a los Halcones Marinos de Seattle— se repetía en las estaciones de radio estadounidenses un curioso anuncio: “¿Vas a asistir al gran juego? Diviértete, echa porras a tu equipo, pero no arruines el espectáculo, deja tu dron en casa”. Esto lo decía una cálida voz femenina que se distinguía del ruido de fondo de una multitud de aficionados que presenciaban un juego en el estadio debía ser una zona libre de drones. El exhorto, patrocinado por la Federación Estadunidense de Aviación (FAA), parece broma, pero es un asunto muy serio. La madrugada del 26 de febrero pasado un mini dron DJI Phantom —un helicóptero de cuatro hélices y un kilogramo de peso— traspasó las rejas de la Casa Blanca y tras estrellarse con un árbol, cayó finalmente en el jardín sur del inmueble. El mini dron entró debido al error de un aficionado que lo operaba en las cercanías sin ser detectado por los radares sensibles

a objetos más grandes, como misiles o aviones.

El accidente no tuvo mayores consecuencias, pero llevó a algunos críticos a preguntarse ¿qué habría pasado si el aparato que entró a la residencia del pre-

sidente Barack Obama hubiera llevado explosivos o armas químicas?

La guerra y la paz

Los vehículos o sistemas aéreos no tripulados (UAV o UAS, por sus siglas en inglés) comenzaron a fabricarse y a usarse durante la Segunda Guerra Mundial para cumplir misiones peligrosas o tener acceso a lugares de difícil incursión para aviones pilotados. Con estas armas bélicas los ejércitos podían tener un ojo en el cielo y vigilar a sus enemigos sin ser descubiertos. Por sus evidentes ventajas como poco peso y maniobrabilidad, el uso de drones (en inglés la palabra alude al zumbido de un motor) pronto se extendió a labores civiles como vigilancia del tráfico, monitoreo en zonas de desastre, mapeo y fotografía aérea. Sin embargo, su auge masivo comenzó hace apenas una década, tras la reducción de costos de sistemas de geolocalización como el GPS.

Hoy existen modelos de bajo costo como el AR.Drone 2.0 de la compañía francesa Parrot, que puede controlarse desde el teléfono celular con ayuda de una aplicación, así como servicios de filmación que ofrecen espectaculares tomas aéreas con estos dispositivos. Incluso la popular compañía Amazon anunció en 2013 su propósito de establecer un programa de entrega de paquetes Prime Air mediante drones (en YouTube puede verse un video titulado *Amazon Prime Air* que muestra cómo sería ese servicio). Si bien todavía está pendiente la reglamentación del uso



LEGISLACIÓN PARA USO DE DRONES EN MÉXICO

Los drones son muy útiles en tareas de vigilancia, mapeo e investigación, pero no hay duda que también pueden ser mal usados, ya sea en forma deliberada (como el espionaje o el transporte de drogas o explosivos) o accidental (que uno de estos vehículos dañe redes eléctricas o interfiera operaciones en zonas de aeropuertos).

Por ello han comenzado a establecerse reglamentaciones que toman en cuenta tanto sus ventajas como su impacto económico y en la seguridad y privacidad. En México la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes emitió una nueva circular sobre el tema el pasado 8 de abril, que deben observar tanto personas físicas como morales.

Esta circular (CO AV-23/10 R2) establece diferentes restricciones a las aeronaves pilotadas a distancia (RPAS), a las que agrupa en tres categorías, según su peso: menores de 2 kg (micro); entre 2 y 25 kg (ligero); y las que exceden esta

cifra (pesado). Sólo los primeros pueden ser operados sin necesidad de permiso de la DGAC. Pero si son usados con fines comerciales deben contratar un seguro de daños a terceros.

Los drones o RPAS micros no pueden volar a una altitud mayor a 122 metros sobre el nivel del suelo, ni exceder una velocidad máxima de entre 20.89 km/h y 55 km/h dependiendo de su peso máximo de despegue.

El documento señala también restricciones aplicables a todos los RPAS. Por ejemplo: sólo pueden operarse durante el día y en áreas clasificadas como no prohibidas. Asimismo, deben volarse al menos a 9.2 y 3.7 km de los aeropuertos y aeródromos controlados, respectivamente, y tienen prohibido transportar o dejar caer objetos que puedan dañar a personas o sus bienes.

El documento completo puede descargarse en: www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGAC/00%20Aeronautica/CO_AV_23_10_R2.pdf

de drones con fines comerciales en Estados Unidos, en marzo pasado la FAA otorgó a Amazon la autorización para hacer vuelos experimentales a no más de 122 metros de altura y únicamente durante el día.

El auge de los drones, que muchos califican como revolución, promete cambiarlo todo: desde el comercio y los servicios, hasta el entretenimiento. También los científicos han estado aprovechando estos vehículos para fines civiles desde los años 70, cuando la NASA envió algunos drones a sondear la atmósfera terrestre a grandes altitudes, según refiere Emma Marris en un artículo publicado en 2013 en la revista *Nature* cuyo título fue “Los drones en la ciencia: vuela y tráeme datos”.

Robots voladores

Hoy algunas disciplinas científicas como la geología, la climatología y la hidrología no podrían prescindir de los vuelos rasantes de estos aparatos para efectuar reconocimientos y estudios en la corteza terrestre, los mares o el aire. Pero ¿cómo funcionan?

El autopiloto de un dron es la llamada central inercial, un instrumento de navegación que a partir de los movimientos del aparato calcula su posición, orientación y velocidad lineal. Esta central integra un conjunto de sensores que recogen infor-

mación vital para dar al dron autonomía y estabilidad de vuelo. El investigador Gerardo Flores, del Laboratorio Franco-Mexicano de Informática y Control Automático (LAFMIA), localizado en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, señala que estos sensores son giroscopios, acelerómetros, magnetómetros y altímetros. A esta configuración básica se añaden otros componentes secundarios según el uso específico que se le dará al vehículo, como equipo de geolocalización, cámara de imágenes ópticas o infrarrojas, sonar, sensor láser, etcétera. Con sensores apropiados, algoritmos para detección de imágenes, filtros de cámara y dispositivos de control, un dron puede estimar parámetros como la dirección del viento, la altitud, la velocidad de rotación o la distancia a la que se halla un edificio, y en caso necesario corregir su trayectoria para evitar colisiones.

Una vez que el UAV o dron ha cap-

tado la información deseada, se utilizan algoritmos matemáticos para procesar los datos provenientes de los diferentes sensores. Microcomputadoras a bordo o ubicadas en tierra a las que se envían las señales, ayudan a completar la labor del dron en tiempo real, clasificar los objetos que “ve” y controlar su trayectoria. Gracias a todo eso se logra su autonomía de vuelo y que ya sea un avión de ala fija o ala móvil o helicóptero, pueda seguir o modificar su ruta automáticamente en función del espacio y de las condiciones a su alrededor, tal cual lo haría un robot en tierra. Esta capacidad lo diferencia de los aparatos controlados a distancia, según la clasificación de la Organización Internacional de Aviación Civil.

A ojo de pájaro

En México los drones ya se utilizan para monitoreo de especies silvestres, estudios del clima, mapeo y exploración de terrenos o vestigios arqueológicos, entre otras aplicaciones. En la UNAM, por ejemplo, un grupo de expertos desarrolla un sistema inteligente basado en ellos para el reconocimiento y clasificación de imágenes de la superficie terrestre en zonas de riesgo. Este proyecto realizado por académicos del Centro de Ciencias Aplicadas y Desa-



Los estudiantes del LAFMIA-Cinvestav también construyen vehículos submarinos autónomos capaces de localizar objetos bajo el agua.

Foto: Guillermo Cárdenas



rollo Tecnológico y el Instituto de Geofísica, pretende procesar las imágenes junto con información de variables climáticas, como vientos, temperatura, humedad, etc., para definir patrones que permitan pronosticar eventos como incendios forestales. Los investigadores desean también establecer los niveles de riesgo en las zonas observadas para diseñar programas de conservación, minimizar riesgos humanos o daños materiales, y en el largo plazo constituir un sistema de alerta temprana.

Otro proyecto es el de la Dra. Geneviève Lucet, del Instituto de Investigaciones Estéticas de la UNAM; ella utiliza un dron pequeño de seis aspas (hexacóptero), denominado Huitzilin (palabra que significa “colibrí” en náhuatl), al que ha adaptado un sistema GPS y una cámara para hacer fotografías aéreas de sitios arqueológicos. Luego integra estas fotos con un *software* que le permite obtener imágenes tridimensionales. Así ha logrado hacer planos de sitios arqueológicos mucho más detallados y precisos que los que ya existían.

Por su parte, la Secretaría Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, sitio a cargo de la UNAM, adquirió a finales de 2013 un hexacóptero DJIS-800EVO de manufactura china al que bautizó como Huitzilin-2.

Este aparato de siete kilos de peso porta una videocámara Sony NEX-7, dos radiocontroladores, una antena, un radiotransmisor para señales de video, además de sensores de altitud, posición y velocidad. Puede programarse para recorridos georreferenciados en vuelos de hasta 1 500 metros de elevación. Con él se han sobrevolado las 237 hectáreas de la reserva ecológica para observar sus límites, flora y fauna.

Armando Peralta, del Instituto de Geografía de la UNAM, es uno de los usuarios de Huitzilin-2: los mosaicos del espacio aéreo universitario ensamblados con las fotografías tomadas por el aparato le han servido para armar cartografías y modelar edificios en 3D. Los expertos en ciencias de la tierra tienen otras opciones como los servicios de imágenes satelitales gratuitos, por ejemplo Google Earth, o de paga, pero a veces no brindan una resolución suficientemente alta o no alcanzan a cubrir el área deseada. Con un dron, en cambio, es posible realizar percepción remota a un menor costo. Debido a su tamaño y aerodinámica, un vehículo de este tipo puede volar a bajas altitudes y capturar imágenes más nítidas que las satelitales (la cifra típica es de unos seis centímetros de resolución espacial a 200 metros de altitud, mientras un satélite Landsat puede tomar fotos de 30 centímetros de resolución).

Industria con futuro

Todas estas ventajas han dado lugar a una floreciente industria que abarca no sólo el comercio de drones dominado mundialmente por China, sino a una gran cantidad de servicios asociados. Han surgido también empresas que ofrecen equipos o asesoría para integrar sistemas de información geográfica a profesionistas como arquitectos, geógrafos y topógrafos, o a ejidatarios, empresarios mineros o empleados del catastro municipal.

“Para diagnosticar, el médico a ve-

APLICACIONES BENÉFICAS

Acceder a una zona de desastre como los reactores colapsados en Fukushima, Japón, por el accidente nuclear en 2012, o remover escombros tras un sismo es una labor ardua para un robot e imposible para un dron convencional. Pero no para un dron geodésico a prueba de choques como el que diseñó Patrick Thevoz, ganador de la edición 2014 del concurso internacional Drones para el Bien.

El prototipo, denominado GimBall, es un pequeño dron con sistemas de estabilización electrónica rodeado por una jaula de fibra de carbono que le permite entrar en espacios pequeños, rebotar contra obstáculos e incluso rodar por el suelo o las paredes. La cubierta también protege a las víctimas para que los dos rotores del aparato no puedan causarles daño. Cuenta con sistemas de visualización ópticos y térmicos. Gimball está diseñado para el uso de rescatistas o inspectores industriales y en el futuro, gracias al premio de un millón de dólares que obtuvo el diseñador y su compañía llamada Flyability, tendrá sensores infrarrojos y mejores sistemas de localización. El video demostrativo puede verse en: www.dronesforgood.ae/en/award/finalists/worlds-first-collision-resistant-drone-search-and-rescue

El certamen Drones para el Bien es patrocinado por los Emiratos Árabes Unidos y está abierto a individuos, equipos de trabajo o compañías, quienes para competir deben presentar un prototipo funcional que pueda desarrollarse en un periodo máximo de tres años. Más información en: www.dronesforgood.ae/e

ces te pide una radiografía. En las ciencias de la tierra, lo primero que necesitas es este tipo de imágenes, la fotografía aérea y la fotogrametría, que son como radiografías del territorio”, afirma el geógrafo Arturo Cruz García, gerente comercial de la compañía Terrasat Cartografía. Esta empresa mexicana que posee el único “hospital” de drones en el país, utiliza aviones de ala fija, por ejemplo el Trimble UX5, para fotografía aérea y minihelicópteros como el MD41000. Un sobrevuelo con estas naves permite obtener información útil para realizar levantamientos arquitectónicos o batimétricos (es decir, determinar profundidades y puntos anexos a cuerpos de agua), elaborar mapas, supervisar avances en movimientos de tierra o estudiar mecánica de suelos, entre muchos otros usos.



Dron de ala fija tipo avión desarrollado por alumnos de doctorado en el LAFMIA-Cinvestav.

Foto: Guillermo Cárdenas

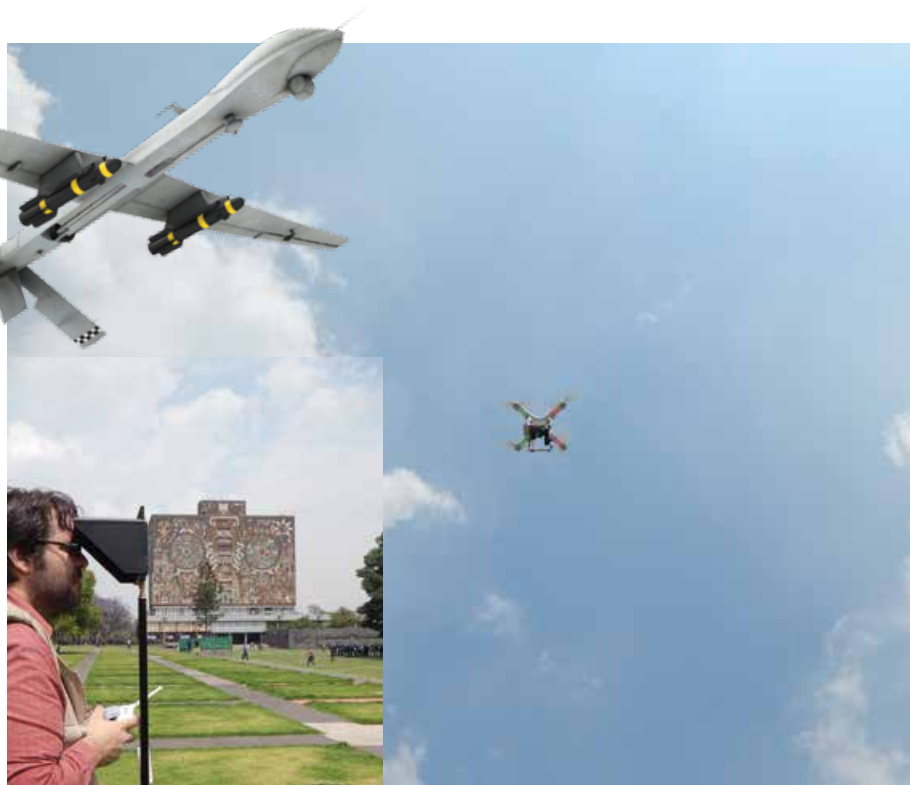
“Cuando hablamos de las aplicaciones de los drones, tenemos que integrar aspectos de seguridad, legislación y de mercado”, señala por su parte Adrián Peña, director de la empresa también mexicana Tecnavix, que ofrece productos y servicios de telemetría, automatización, videovigilancia, sistemas de visión artificial y fotogrametría. Peña sostiene que la industria de los drones tiene un gran futuro en México y menciona como un área de oportunidad el desarrollo de *software* especializado para las tecnologías de visión artificial donde han incursionado con el diseño de una herramienta llamada Ortosky. Esta herramienta sirve para un procesamiento final de las imágenes captadas con un dron, en el que se integran en un mosaico, y reúne funciones que normalmente se hacen con diferentes programas de análisis o de producción, como la digitalización de imágenes o la clasificación de puntos obtenidos con sensores ópticos de rayos láser. “Estamos buscando profesionistas para desarrollar este programa. Nuestra visión de mercado es integrarlo a proyectos para que los usuarios no tengan que gastar mucho dinero al comprar su propio *software*”, afirma el directivo.

Tecnología propia

Imaginemos un científico nuclear o una autoridad civil que desea explorar un reactor donde se ha detectado una falla, o un arqueólogo que pretenda mapear el área donde halló vestigios. Podrían adquirir un dron comercial de 300 dólares y adaptarle sensores adicionales si fuera necesario. Pero no es tan simple, “uno de estos juguetes chinos no podría usarse. Se necesita un instrumento diferente, con otras capacidades de vuelo y que soporte el peso del equipo requerido”, explica Ser-

MÁS INFORMACIÓN

- Conferencia anual de drones: www.drones.org.mx
- Garduño, Karla, “Drones al servicio de la sociedad, una apuesta del CINVESTAV Guadalajara”, *Avance y perspectiva*, CINVESTAV, México, 2015. <http://avanceyperspectiva.cinvestav.mx>



Grabación de tomas aéreas en Ciudad Universitaria.

gio Salazar Cruz, quien labora también en el LAFMIA coordinando un grupo de 15 científicos mexicanos y seis franceses de la Unidad Mixta de Investigación.

Salazar ha apostado junto con sus alumnos que diseñan drones aéreos y submarinos basados en plataformas abiertas como Linux, a desarrollar tecnologías propias con menores costos que las importadas, y concebidas desde su origen para cubrir las necesidades de la ciencia y la industria nacionales. Entre las líneas de investigación que ahora indagan está la creación de sensores diminutos para aligerar el peso de los componentes electrónicos o nuevos algoritmos que detecten corrientes de aire favorables al vuelo. Otra de sus metas es construir drones con mayor autonomía de vuelo, dotados con sonares que les faciliten trazar mapas y autolocalizarse, con brazos robóticos para portar objetos o con sistemas de retroalimentación óptica como los usados en los videojuegos; estos últimos conectan el sentido del tacto del usuario con los escenarios virtuales generados por computadora para “sentir” cómo se navega un aparato.

Por lo pronto, los expertos del LAFMIA ya han diseñado una línea de drones con forma de pájaro —ornicópteros—, capaces de aletear como las aves para

hacer más segura la navegación y evitar accidentes asociados con los rotores y aspas: golpes, daños en cableado, etc. También han incorporado a algunos vehículos sistemas de visión artificial con cámaras estereoscópicas que imitan la función del ojo humano. Con ellos buscan superar las limitaciones de los drones basados en sistemas GPS, que no operan dentro de los edificios y ofrecen una resolución máxima de tres metros, lo cual restringe su uso en áreas muy pobladas. Estos drones de nueva generación servirían para inspeccionar instalaciones eléctricas, petroleras o centrales nucleares. Salazar reconoce que hay empresas, sobre todo extranjeras, que proveen estos servicios, pero sus equipos son caros, y su grupo puede aportar soluciones eficaces más baratas. “Es muy difícil interactuar en el mercado de venta de drones. Entonces queremos impactar en sus aplicaciones. Es ahí donde nuestras tesis de maestría y doctorado están incidiendo”. 🐼

Guillermo Cárdenas Guzmán, colaborador frecuente de *¿Cómo ves?*, es periodista de ciencia y salud, becario de la Fundación Jack F. Ealy y de la Asociación Estadounidense para el Avance de la Ciencia. Ha laborado en diarios nacionales como *Reforma* y *El Universal*, así como en la revista *Muy interesante*. Actualmente trabaja en el área de comunicación del Cinvestav.

Foto: Mara Salazar