

ORIGINAL

Utilidad de los vehículos aéreos no tripulados en la búsqueda y *triaje* de personas en situaciones de catástrofe

Manuel Pardo Ríos^{1,2}, Nuria Pérez Alonso^{1,2}, Joaquín Lasheras Velasco^{3,4}, Laura Juguera Rodríguez^{1,2}, Belén López Ayuso⁴, Rubén Muñoz Solera⁵, Carolina Martínez Riquelme⁶, Antonio Nieto Fernández-Pacheco^{1,2}

Objetivo. Analizar la influencia del uso de un dron con cámara térmica en la localización y *triaje* de las víctimas en una situación de catástrofe.

Método. Se ha llevado a cabo un estudio analítico, experimental, prospectivo y transversal, donde se realizaron 6 simulacros de búsqueda de víctimas y *triaje* (cada uno de ellos con 25 víctimas). De manera aleatoria se hicieron dos grupos: Grupo Control (GC) y Grupo Dron (GD). Los profesionales del GD pudieron disponer de las imágenes de la cámara térmica instalada en un dron 10 minutos antes de comenzar el ejercicio.

Resultados. La distancia media recorrida por el GC fue de 1091,11 (DE: 146,41) metros, significativamente mayor ($p = 0,0031$) que la del GD 920 (DE: 71,93) metros. El porcentaje medio de víctimas encontradas por cada uno de los profesionales del GC fue del 66,7%, significativamente menor ($p = 0,0001$) que las encontradas por cada uno de los profesionales del GD, que ascendió al 92%. En la calidad del *triaje* (infra y *supratriage*), apertura de la vía aérea y control de hemorragias no se encontraron diferencias entre los dos grupos analizados.

Conclusión. El uso de drones con cámaras térmicas, en condiciones experimentales, es útil en la búsqueda y localización de víctimas en catástrofes, aunque no tiene impacto sobre la calidad del *triaje* realizado por los profesionales participantes en el estudio.

Palabras clave: Vehículos aéreos no tripulados (VANT). Dron. Catástrofe. *Triage*. Prehospitalario.

Unmanned aerial vehicles: usefulness for victim searches and triage in disasters

Objective. To analyze the influence of drones equipped with thermal cameras for finding victims and aiding triage during disasters.

Methods. We carried out a prospective, cross-sectional analysis and 6 experimental simulations, each with 25 victims to locate and triage. Nurses were randomized to a control group or a drone group. Drone-group nurses were given access to images from the thermal cameras 10 minutes before the exercise started.

Results. The mean (SD) distance the nurses searched in the control group (1091.11 [146.41] m) was significantly greater than the distance searched by nurses in the drone group (920 [71.93] m ($P = .0031$)). The control group found a mean of 66.7% of the victims, a significantly smaller percentage than the drone group's mean of 92% ($P = .0001$). Triage quality (undertriage and overtriage) was similar in the 2 groups as shown by maneuvers undertaken to open airways and control bleeding.

Conclusion. Drones with thermal cameras were useful in searching for victims of simulated disasters in this study, although they had no impact on the quality of the nurses' triage.

Keywords: Unmanned aerial vehicles (UAVs). Drones. Disasters. Triage. Prehospital emergency care.

Introducción

El objetivo inmediato en la atención sanitaria prehospitalaria en los accidentes con múltiples víctimas (AMV) o catástrofes es localizar a los pacientes, priorizarlos, estabilizarlos y trasladarlos¹. Habitualmente se utiliza en los entornos operativos (centros coordinadores o reguladores) el término "evaluación de la situación". Este proceso consiste en construir una imagen de lo sucedido para poder dar una adecuada respuesta de organización y recursos^{2,3}. La comunicación en este tipo de situaciones puede ser muy complicada (debido a los múltiples entornos donde pueden darse los incidentes) y, en ocasiones,

pueden haber errores o ambigüedades en la transmisión de la información o en la interpretación de información esencial para la toma de decisiones^{4,5}.

Los vehículos aéreos no tripulados (VANT) pueden ser de gran utilidad para los centros de coordinación médica y para los equipos de rescate aportando información visual complementaria⁶. El término VANT proviene del término anglosajón *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV)⁷. La Real Academia Española recoge en la 23ª edición del Diccionario de Lengua Española⁸ el término dron para denominar a los VANT.

Los drones están abriendo nuevas posibilidades al tener menor tipo de restricciones, ya que históricamen-

Filiación de los autores:

¹Gerencia de Urgencias y Emergencias 061 de la Región de Murcia, España.

²Facultad de Enfermería y/o del Máster Oficial de Enfermería de Urgencias, Emergencias y Cuidados Especiales de la Universidad Católica de Murcia (UCAM), España.

³Centro de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (CENTIC) de la Región de Murcia, Facultad de Informática de la Universidad San Antonio de Murcia (UCAM), España.

⁴Ingeniería Informática de la Universidad Católica de Murcia (UCAM), España.

⁵Ingeniería Informática, Experto en Tecnología Wearable y aplicaciones informáticas para la salud.

⁶Doctora en Matemáticas, Experta en Estadística.

Autor para correspondencia:

Manuel Pardo Ríos
Facultad de Enfermería
Universidad Católica de Murcia
Campus de los Jerónimos, nº 135
30107 Guadalupe, Murcia, España

Correo electrónico:
mpardo@ucam.edu

Información del artículo:

Recibido: 28-9-2015

Aceptado: 7-11-2015

Online: 25-2-2016

te las aeronaves tenían que ser de mayor tamaño, peso y potencia⁹. Las líneas de trabajo actuales están dirigidas a hacer más seguro el uso de drones, visión continua del dron y/o transmisión de información (posición GPS, transmisión de video, etc.) para que el operador de drones (OD) tenga información similar a la que un piloto dispone en la cabina de una aeronave.

La mayor parte de la literatura científica en el ámbito de las catástrofes se centra en los sistemas de *triaje* (calidad, seguridad, sencillez y aplicabilidad). En este estudio se abordan también aspectos novedosos como la localización de las víctimas, transmisión de video a través del dron y cámaras térmicas para localizar a las víctimas.

El objetivo de este estudio es analizar la influencia del uso de drones con cámaras térmicas en la localización y *triaje* de las víctimas en un accidente con múltiples víctimas (AMV) o catástrofe, considerando como hipótesis de trabajo el hecho de que tener la vista aérea del dron puede ayudar a localizar antes a las víctimas, recorriendo menos distancia y evitando un aumento de la fatiga de los profesionales que pudiera influir en la calidad del *triaje*.

Método

Se ha llevado a cabo un estudio analítico, experimental, prospectivo y transversal, donde se realizaron seis simulacros de búsqueda de víctimas y *triaje* con el sistema *Simple Triage and Rapid Treatment (START)*. Todos los simulacros tuvieron el mismo número de víctimas (25), cada uno con la tarjeta con la información necesaria para realizar el *triaje*. Las categorías de *triaje* de las víctimas eran: 5 verdes, 4 amarillos, 15 rojas y 1 negra. Se estableció que la maniobra de apertura de la vía aérea debía de realizarse en el 32% (8/25) de los casos y la maniobra de compresión de hemorragias en el 16% (4/25) de los casos.

A cada profesional se le colocó un reloj que incorpora un módulo GPS (Sistema de Posicionamiento Global), modelo Garmin Forerunner 225[®]. Cada equipo disponía de 15 minutos para la realización de la búsqueda y del *triaje* de los pacientes. Cada uno de los profesionales fue evaluado por un experto que anotaba el número de la tarjeta del paciente, el *triaje* señalado y las maniobras realizadas (apertura de la vía aérea y compresión de hemorragias).

Los profesionales escogidos fueron enfermeros del Máster de Enfermería de Urgencias, Emergencias y Cuidados Especiales del curso académico 2014-2015. Los alumnos se agruparon en seis equipos. A cada uno de los alumnos se le realizó una evaluación teórica previa a la realización del simulacro.

De manera aleatoria se seleccionaron a los equipos en dos grupos distintos: Grupo Control (GC) y Grupo Dron (GD). Los tres equipos del GC disponían de 10 minutos previos al simulacro para organizarse con la información y normas que recibieron. Los tres equipos del GD dispusieron igualmente de 10 minutos para organi-

zarse con la información y normas que recibieron y, además, pudieron recibir las imágenes y posición del dron. Ninguno de los equipos tuvo acceso a ver la zona donde se realizaron los simulacros. Como el piloto del dron era todas las veces el mismo, se crearon tres patrones distintos de posicionamiento de víctimas que fueron repetidos exactamente para los tres equipos del GC.

Todos los participantes del estudio firmaron un consentimiento informado. El estudio fue aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica (CEIC) de la Universidad Católica de Murcia (UCAM), y se siguieron todas las consideraciones éticas y derechos de los voluntarios.

El tipo de dron utilizado fue el modelo Phantom 2[®] (DJI Inc., Shenzhen, China) con control remoto desde el mando y mediante Data Link (estación en tierra donde podemos controlar la posición por GPS y coordenadas). La cámara instalada es el modelo Lepton[®] (FLIR Systems Inc., Oregón, EE.UU.) con capacidad de visión térmica. Esta cámara infrarroja de onda larga (LWIR) captura la entrada de radiación infrarroja en su banda de longitud de onda de respuesta nominal (de 8 a 14 micras) y emite una imagen térmica uniforme. La temperatura ambiental fue de 17,0°C, 16°C y 15,5°C para los simulacros 1, 3 y 5, respectivamente (que fueron en los que se utilizó el dron).

La transmisión de video desde el dron se hizo a través de un transmisor de radio acoplado modelo Inmersión Rc[®] de 5,8 Ghz y una intensidad de 600 mw. Tanto el receptor como el emisor utilizaron antenas omnidireccionales Sircana[®]. Para el equipo de tierra, se utilizó un monitor de 9" acoplado a un microordenador Raspberry Pi con sistema operativo Linux, el cual incorpora un receptor de la marca InmersionRc[®]. Para la estación de tierra, se dispuso un ordenador portátil con sistema operativo Windows con procesador Intel Core i5 ejecutando el software genérico de la marca DJI Datalink[®] para controlar el dron en coordenadas GPS.

Los simulacros se hicieron en un recinto privado de acceso restringido. La altura media del vuelo osciló entre los 15 y 20 metros sobre el suelo, no superando los límites legales (120 metros) impuestos por la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA). El tiempo del vuelo de inspección fue de 10 minutos para cada uno de los 3 simulacros en el que se disponía de él. El piloto del dron dispone de la certificación de AESA para este tipo de vuelos y además había otro profesional en el manejo de las comunicaciones como apoyo.

Las variables analizadas fueron: evaluación teórica previa, experiencia en el sector de urgencias y emergencias, índice de masa corporal (IMC), actividad física semanal, distancia recorrida, víctimas encontradas, víctimas bien priorizadas, víctimas a las que se les practica la maniobra de apertura de la vía aérea y víctimas a las que se les practica la maniobra de compresión de hemorragias.

Los datos son expuestos, a continuación, mediante frecuencias, medias y las desviaciones estándar (DE). Para la comparación de los resultados entre los dos grupos del estudio se utilizó el test de rangos de Willcoxon (W)

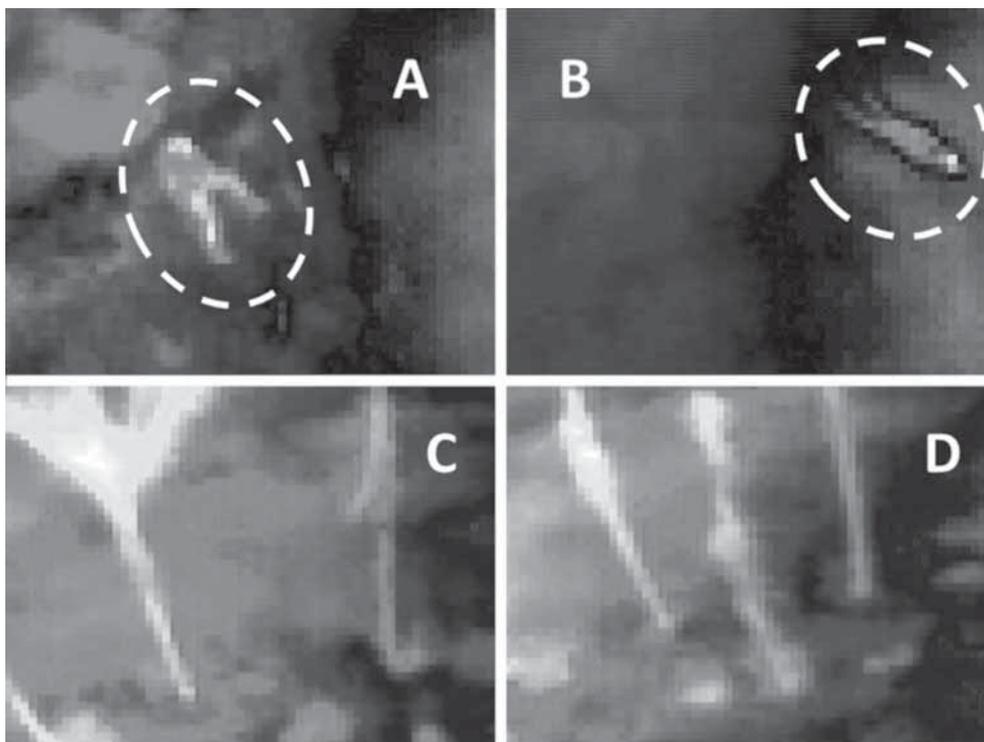


Figura 1. Fotogramas de la cámara térmica transmitidos desde el dron: A y B imágenes de víctimas localizadas, y C y D imágenes de la vegetación (palmeras).

para aquellos casos en los que no existía normalidad en los datos, y el test de la t de Student (t) para aquellos en los que sí existía. En el caso del número de víctimas encontradas, víctimas bien priorizadas, víctimas a las que se les practicó la maniobra de apertura de la vía aérea y víctimas a las que se les realizó la maniobra de compresión de hemorragias, puesto que son variables nominales, se aplicó el test ji al cuadrado con la corrección de Yates. Todos los resultados estadísticos han sido obtenidos mediante el paquete estadístico R[®].

Resultados

La nota media obtenida en la evaluación de conocimientos teóricos sobre *triaje* y catástrofes fue de 8,11 (DE: 0,86): 8,22 (DE: 0,93) para el GC y de 8,00 (DE: 0,82) para el GD ($p = 0,581$). La experiencia media en urgencias y emergencias es de 17,72 (DE: 7,70) meses: 16,55 (DE: 13,01) meses para el GC y 18,88 (DE: 7,44) meses para el GD ($p = 1$). La media de horas de actividad física a la semana fue de 4 (DE: 2) horas: 4 (DE: 2) para el GC y 4 (DE: 3) para el GD ($p = 0,719$). El IMC medio determinado fue de 21,46 (DE: 2,37): 21,05 (DE: 2,49) para el GC y 21,88 (DE: 2,30) para el GD ($p = 0,471$).

Las imágenes de la cámara instalada en el dron (Figura 1) permitieron que los profesionales del GD pudieran identificar posibles víctimas y su localización. La vegetación presente en el lugar del simulacro, palmeras principalmente, también emitió un cierto nivel de calor

que fue recogida por la cámara térmica, lo cual entorpecía la búsqueda de pacientes.

En relación con la búsqueda de las víctimas, la distancia media recorrida fue de 1.005,56 (DE: 142,38) metros para cada uno de los profesionales del simulacro: 1.091,11 (DE: 146,41) para el GC y 920 (DE: 71,93) para el GD ($p = 0,0031$) (Figura 2). El porcentaje medio de víctimas encontradas fue del 79,3% (119/150) por cada uno de los profesionales: 66,7% (50/75) para el GC y 92% (69/75) para el GD ($p = 0,0001$) (Figura 3). En relación a la valoración de la calidad en el *triaje* se encontró que el porcentaje medio de víctimas bien triadas fue del 90,75% (108/119) por cada uno de los profesionales: 94% (47/50) para el GC y 88,4% (61/69) para el GD ($p = 0,4719$). La maniobra de apertura de la vía aérea se hizo en el 70,8% (34/48) de las víctimas para las que era necesaria: 62,5% (15/24) para el GC y 79,2% (19/24) para el GD ($p = 0,3408$). No hubo ninguna maniobra de apertura de la vía aérea en pacientes que no la necesitaran. La maniobra de compresión de hemorragias se hizo en el 25% (6/24) de las víctimas, para las que era necesaria: 41,66% (5/12) para el GC y 8,3% (1/12) para el GD ($p = 0,1573$). No hubo ninguna maniobra de compresión de hemorragias en pacientes que no la necesitaran.

Discusión

La aviación militar lleva utilizando muchos años las imágenes aéreas y la teledetección para tareas de reco-

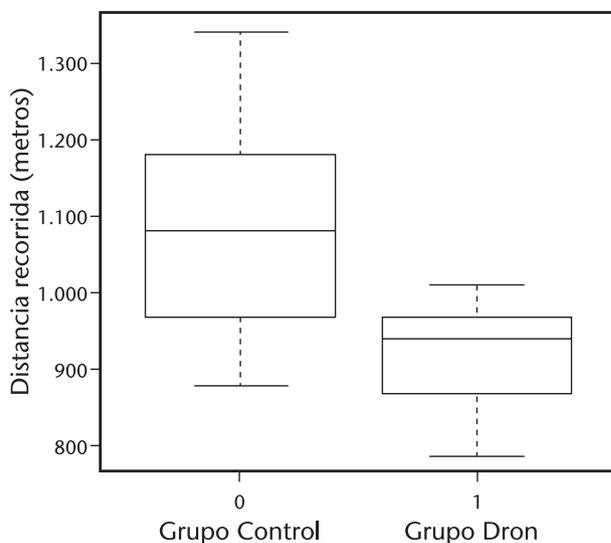


Figura 2. Diagrama de caja de la distancia recorrida por los profesionales del Grupo Control y el Grupo Dron.

nocimiento, evaluación y vigilancia de áreas remotas^{10,11}. La popularidad y crecimiento del número de drones en España ha obligado a que AESA tuviera que legislar y emitir una serie de recomendaciones de uso y ciertas normas de seguridad¹². Hasta el momento, los drones se habían utilizado únicamente en la aviación militar. La reducción de su coste ha propiciado una revolución en la aviación civil con la aparición de los microdrones con capacidad de obtener fotografías, videos y hasta de instalar pequeños sensores y dispositivos⁹.

Las imágenes obtenidas por el dron muestran siluetas de los objetos con distinta temperatura. Sin embargo, tras el estudio, hemos determinado que se debe tener en cuenta que la vegetación emite calor que en muchas ocasiones puede entorpecer la búsqueda de siluetas que puedan ser compatibles con una víctima. Es por ello que el empleo de cámaras térmicas de mayor sensibilidad o la búsqueda de víctimas en entornos sin vegetación pueden mejorar la calidad de las imágenes obtenidas y, por lo tanto, aumentar la certeza en la determinación de qué siluetas se corresponden realmente con víctimas. El uso de cámaras térmicas podría resultar muy útil también en búsquedas nocturnas o de baja visibilidad (p.ej. en situaciones con niebla).

A la vista de nuestros resultados, el dron resultó útil en la búsqueda y localización de las víctimas. Los profesionales del GC recorrieron más distancia que los profesionales del GD. Asimismo, los profesionales del GC encontraron a menos víctimas que los profesionales del GD (66,7% frente a un 92,0%). Parte de la hipótesis de trabajo inicial era que mayores distancias recorridas podrían generar mayor fatiga y, por lo tanto, un número mayor de errores en el *triaje* (tanto de *infratriaje* como de *supratríaje*). A la vista de nuestros resultados, la mayor distancia recorrida no ha tenido un impacto en la calidad del *triaje*. Aun así, creemos que la rapidez en la atención a las víctimas puede mejorar su pronóstico.

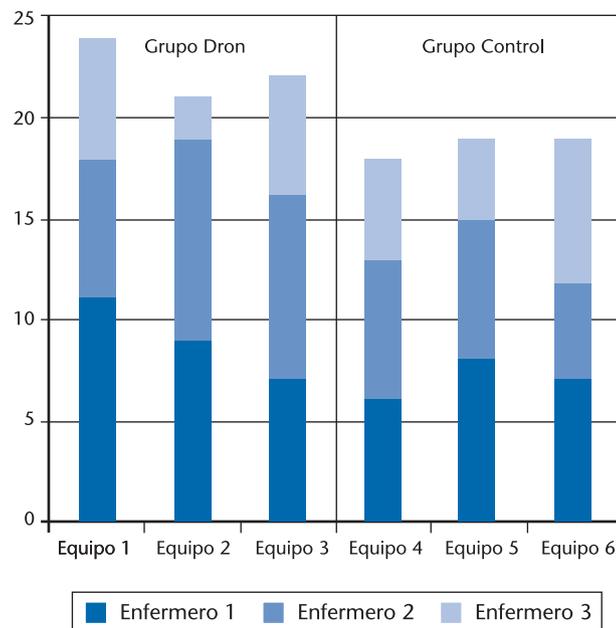


Figura 3. Resultados de las víctimas encontradas para cada uno de los grupos.

Para la realización de este estudio se decidió tomar el sistema de *triaje* START, al ser uno de los sistemas más habitualmente utilizados por la mayor parte de la literatura según una revisión de Cuartas *et al.*¹³ de 2014 sobre la aplicabilidad de los distintos sistemas existentes. En nuestro estudio concluimos que la calidad del *triaje* no tuvo relación con la presencia o ausencia del dron, ya que los resultados muestran un correcto *triaje* en el 90,7% de las víctimas. Sobre los errores cometidos en el *triaje*, el número de pacientes sobre el que se ha hecho *supratríaje* es mayor que el número de pacientes con *infratriaje* (12 casos frente a 3 casos). Lo dicho anteriormente sigue la línea de lo recogido por la mayor parte de publicaciones al respecto, indican una cierta tendencia a sobrevalorar la situación del paciente¹⁴.

Los resultados obtenidos en nuestro trabajo sobre la maniobra de compresión de hemorragias son significativamente bajos (25%), aun habiendo recibido los participantes las indicaciones para realizarla, así como el material necesario. De hecho, para recrear el sangrado activo arterial se usó un sistema de bomba manual que activaba la víctima. Por otro lado, la maniobra de apertura de la vía aérea sí que fue realizada en un número importante de casos (70,8%). Una posible explicación a esta diferencia entre técnicas es la mayor dificultad y, por lo tanto, un mayor tiempo necesario para la realización de una compresión de hemorragias. Esto, unido a que los profesionales se centraban principalmente en la búsqueda y clasificación de víctimas, quizás provocara que no se hicieran las maniobras necesarias sobre cada víctima.

Por la mayor capacidad de vuelo autónomo y las mejoras en las características tanto técnicas como operativas, se podrán proporcionar nuevos tipos de misiones para los drones, pudiendo ser una importante ayu-

da en la realización de misiones de corto alcance donde el uso de helicópteros pudiera ser muy peligroso⁶. Nuestros resultados han puesto de manifiesto que el uso de drones y cámaras térmicas ha sido útil en la búsqueda y localización de víctimas en una situación de catástrofe, aunque no ha tenido impacto sobre la calidad del *triaje* realizado por los profesionales participantes en este estudio.

La principal limitación del estudio es el escaso número de participantes que se han podido obtener debido a las dificultades logísticas del experimento, ya que se tuvo que contar con 25 víctimas que había que preparar cada una de las 6 veces que se repitió el experimento. La calidad de la cámara térmica se podría haber mejorado significativamente con la utilización de equipos con más sensibilidad, aunque en la actualidad tienen un coste muy elevado.

Pensamos, que en el futuro, una de las líneas de investigación a desarrollar se refiere a la localización de las coordenadas del dron una vez este ha identificado a las víctimas. Con esas coordenadas se podrían establecer trayectorias de búsqueda sobre las víctimas o puntos señalados y con ello disponer de referencias de búsqueda más precisas y seguras.

Agradecimientos

A la empresa Zerintia Technologies por la colaboración prestada aportando sus drones, *hardware*, *software* y su equipo de profesionales para la realización de este estudio.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de interés en relación al presente artículo.

Bibliografía

- 1 Timbie JW, Ringel JS, Fox DS, Pillemer F, Waxman DA, Moore M, et al. Systematic review of strategies to manage and allocate scarce resources during mass casualty events. *Ann Emerg Med*. 2013;61:677-89.
- 2 Artman H. Team situation assessment and information distribution. *Ergonomics*. 2000;43:1111-28.
- 3 Fioratou E, Flin R, Glavin R, Patey R. Beyond monitoring: distributed situation awareness in anaesthesia. *Brit J Anaesth*. 2010;105:83-90.
- 4 Dalto JD, Weir C, Thomas F. Analyzing communication errors in an air medical transport service. *Air Med J*. 2013;32:129-37.
- 5 Georgiou A, Lockey DJ. The performance and assessment of hospital trauma teams. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2010;18:66.
- 6 Abrahamsen HB. A remotely piloted aircraft system in major incident management: concept and pilot, feasibility study. *BMC Emergency Medicine*. 2015;15:12.
- 7 García J. Terminología Aeronáutica. *Aviation Terminology. Diccionario aeronáutico Inglés-Español*. Madrid: Díez de Santos; 2003.
- 8 Diccionario de la lengua española. *Real Academia Española*. 23.ª edición. Madrid: Espasa Libros, S.L. U; 2014.
- 9 Perritt HH, Eliot O. Sprague, Drones. *Vand. J. Ent. & Tech. L*. 2015;17:673.
- 10 Grossman L. Drone home: What happens when drones return to America. *TIME magazine*. 2013;181:18-25.
- 11 Villasenor J. "Drones" and the future of domestic aviation. *Proc IEEE*. 2014;102:235-8.
- 12 Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA). (Consultado 15 Septiembre 2015). Disponible en: http://www.seguridadaerea.gob.es/lang_castellano/home.aspx
- 13 Cuartas Álvarez T, Castro Delgado R, Arcos González P. Aplicabilidad de los sistemas de *triaje* prehospitalarios en los incidentes de múltiples víctimas: de la teoría a la práctica. *Emergencias*. 2014;26:147-54.
- 14 Peláez Corres MN, Alonso Giménez-Bretón J, Gil Martín FJ, Larrea Redín A, Buzón Gutiérrez C, Castelo Tarrío I. Método SHORT. Primer *triaje* extrahospitalario ante múltiples víctimas. *Emergencias*. 2005;17:169-75.