

Drones y tecnología como elementos claves en la gestión de procesos constructivos: una revisión de literatura.

Drones and technology as key elements in the management of construction processes: A literature review.

Ing. María Catalina Solórzano Bákit
Posgrados Fidélitas
San José, Costa Rica
catisolba@gmail.com

Ing. Edgardo Porras Bolaños
Posgrados Fidélitas
San José, Costa Rica
ing.eporras@hotmail.com

Ing. Jerson Jiménez Jiménez
Posgrados Fidélitas
San José, Costa Rica
jersonum@hotmail.com

Ing. Manuel Méndez Flores, MSc.
Posgrados Fidélitas
San José, Costa Rica
mmendez30022@ufide.ac.cr

Fecha de recibido: 09 de octubre 2020

Fecha de aceptado: 27 de noviembre 2020

Resumen. Este artículo es una revisión de literatura que tiene como objetivo describir la importancia de los drones para gestionar las operaciones de procesos de construcción en la actualidad. Se realiza una búsqueda exhaustiva de fuentes con carácter científico y se descartan artículos con más de 6 años de publicación.

Posteriormente, se muestran puntos de convergencia del uso de drones

en operaciones relacionadas a otras disciplinas de la ingeniería de construcción, se mencionan programas informáticos especializados en fotogrametría y mapeo en 3D, los cuales facilitan diferentes trabajos de campo, reduciendo los tiempos y costos operativos. También se indican los costos aproximados tanto de los drones como de los *softwares* más utilizados en la actualidad. Por último, se menciona el

papel de esta tecnología en los modelos 3D y cómo pueden estimar fácilmente los volúmenes de agregados y compuestos desde un punto de vista aéreo.

Palabras clave: dron; ingeniería civil; ingeniería de la construcción; software; modelado 3D.

Abstract- This article is a literature review to determine the importance of drones in construction engineering today, where information is collected from the first artifacts that were used with the same utility as drones today, making a small Historical review of the advances over time with respect to the technology of these aircraft to later explain their origin and different daily applications in today's life.

Likewise, the importance of drones is developed and some of their applications in the construction sector are mentioned, such as specialized software in photogrammetry and 3D mapping which facilitate the different jobs, reducing operating times and costs. The approximate costs of both the drones and the most widely used software worldwide are also indicated.

Keywords- Drone; Civil Engineering; Construction engineering; Software; 3d modeling.

I. INTRODUCCIÓN

Esta investigación recopila diversos datos sobre los drones y su importancia para el sector de la construcción en la actualidad. Inicia desde los orígenes a mediados del siglo XIX, cuando se enviaron globos de aire caliente como arma de guerra y continúa con diferentes invenciones que llevaron a las aeronaves no tripuladas; seguido de la creación de los drones como se conocen hoy en día, los cuales son complementados mediante programas o aplicaciones tecnológicas que facilitan recopilar información para los diferentes usos en el sector de la construcción, como los levantamientos topográficos y de puntos en estructuras existentes. También se facilitará información técnica, así como características de los drones y programas informáticos, además de los costos estimados de los mismos.

A. Antecedentes históricos

A través de la historia, la guerra ha intervenido en la creación de avances tecnológicos, formas de pensar y usar la tecnología[1]. Algunos métodos y aplicaciones en ingeniería, por ejemplo, se crearon buscando mejores maneras de

proteger las ciudades, haciendo muros más altos o más anchos, en fin, buscando la mejor manera de defenderse. Las armas, los materiales como el hierro y luego el acero, contribuyen al progreso de la civilización y a los avances tecnológicos que conllevan a la invención de los primeros drones[2].

En el año 1782, los hermanos Montgolfier fueron los primeros en experimentar lo que en las siguientes décadas se denominaría vuelo estático no tripulado [3].

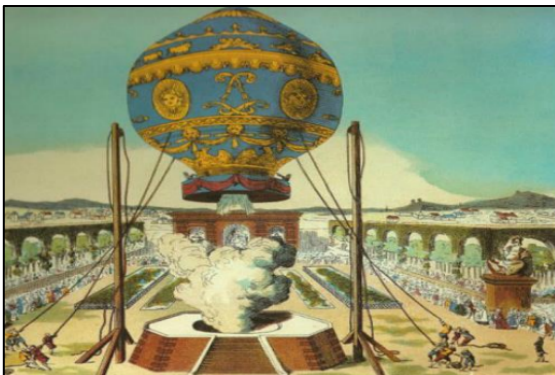


Fig. 1 Representación del primer globo de aire caliente [3].

Luego, a mediados del siglo XIX, se utilizaron en Venecia globos con explosivos, que causaban mucho daño aleatoriamente al enemigo y al mismo ejército que los envió [3]. Esta idea fue evolucionando, con experimentación de diferentes propuestas aportadas por científicos reconocidos como Nikolai

Tesla y Charles Kettering, los cuales contribuyeron con diferentes prototipos y la radio frecuencia, que es la clave del funcionamiento de los drones que existen hoy en día [4].

“Luego de la aparición de la radio, el radar, y de los primeros drones aplicados en el ámbito bélico profesional, en 1950, se comenzaron a construir prototipos de aviones con motores de reacción.[3] Estos motores transformaron la aviación comercial ya que permitieron cubrir grandes distancias volando a una velocidad superior a los ochocientos kilómetros por hora (800 Km/h)”.

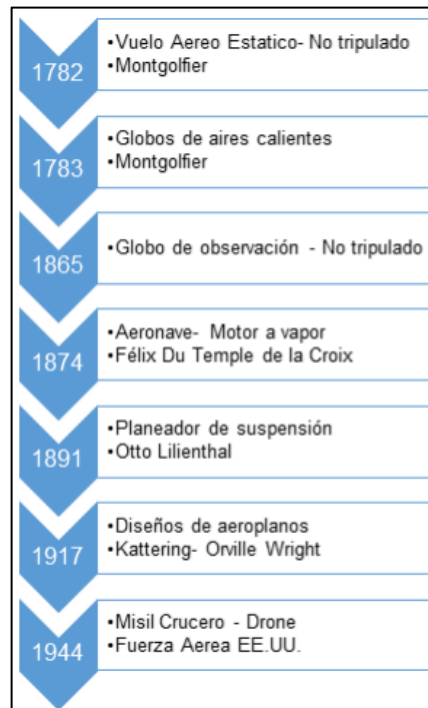


Fig. 2. Línea de tiempo de los principios de los drones[1].

En la década de los 70, se empezó a invertir más en el desarrollo de los drones y luego, en la década de los 80, se logró crear un dron que permaneció en vuelo durante más de 50 horas, cuando lo común eran 2 horas en vuelo, hasta el momento. Además, el desarrollo de la inteligencia adicionó el GPS a los dispositivos y así se podían guiar de una manera más precisa[5].

En la década de los 90, la inteligencia militar de los Estados Unidos voló drones sobre Bosnia, debido a que las imágenes satelitales eran de baja calidad. Al mejorar las desventajas que presentaba el modelo anterior, se creó el *Predator* y este se utilizó en varias misiones militares estadounidenses muy importantes[6].

En el 2006, se da una apertura de legislaciones para poder hacer y volar drones comerciales, abriendo así el mercado a una variedad de opciones y ámbitos para la venta y uso de drones. Fue en el año 2010 cuando se vendieron exitosamente los primeros drones con acceso a wifi que se piloteaban desde teléfonos inteligentes[7].

Lo anterior dio paso a la innovación de Amazon, quien difundió su idea de entregar sus productos con drones, para

lo cual se debían liberar más leyes de tránsito aéreo para estos dispositivos[8].

B. EL ORIGEN

La palabra dron se deriva de la palabra en inglés *drone* (literalmente “zángano” o “abeja”), para referirse a una “aeronave no tripulada”[2].

Aunque dron es la palabra más común para estos dispositivos, en el ámbito de las aplicaciones civiles se les conoce de diferentes maneras, primero fueron conocidos como ROA por sus siglas en inglés “Aeronave pilotada remotamente” y luego evolucionó a UA por sus siglas en inglés “Aeronave inhabitada”[8].



Fig. 3. Dron de la actualidad.[2]

Se debe entender que los drones son tecnología que cada vez encuentra más utilidades y, por lo tanto, no dejará de existir y pasar como una moda pasajera en un tiempo.

La interacción de esta nueva tecnología aérea con otras, como la fabricación digital, el entorno BIM (Building Information modeling) y los nuevos materiales de construcción, definirá, según los analistas, buena parte del desarrollo de la industria de la construcción a medio plazo[1]. El uso de drones maximiza el tiempo en 10 veces, reduce los riesgos del trabajo y mejora la recolección de datos, dando datos más precisos y certeros. Por lo cual, la industria de la construcción aprovecha los beneficios de los drones gracias a los siguientes aportes[6]:

- Tareas de logística.
- Inspección, monitoreo y control en tiempo real.
- Generador de *big data* sobre el avance.



Fig. 4. Dron utilizado para logística[9].

Se han utilizado programas de la compañía Autodesk® para generar *big data* con un dron en un edificio, creando con este reportes de avance de obra,

fotografías precisas y mediciones, que ayudan a llevar el control de los proyectos más ágilmente.

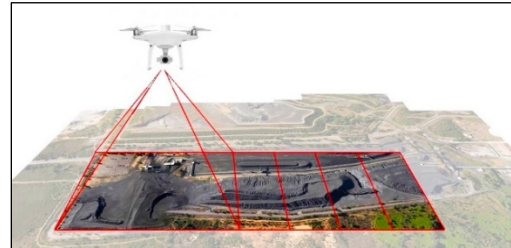


Fig. 5 Dron utilizado en medición de terrenos[6].

II. LA IMPORTANCIA, APLICACIÓN Y COSTOS DE LOS DRONES EN LA CONSTRUCCIÓN

A. Importancia en procesos constructivos.

Hoy en día, es más frecuente el uso y las aplicaciones de estas nuevas tecnologías en el sector de la construcción[7]; por lo que, al utilizar este tipo de aeronaves no tripuladas, se obtienen varias ventajas directas en cuanto al ahorro de tiempo y precisión de los datos que agilizan los procesos constructivos, proporcionando información tanto en imágenes como en medidas directas con precisiones altamente favorables. Además, presentan una reducción de los peligros laborales, ya que se pueden realizar inspecciones de mantenimiento de infraestructura, sin poner en riesgo la vida humana, o incluso,

disminuir los riesgos en una obra debido a su campo de cobertura, facilitando una mejor planificación del proyecto[4].

B. Aplicaciones.

El sector de la ingeniería civil amplía su potencial con el uso de drones, estos robots no tripulados poseen procesadores, GPS (Global Positioning System) y programas computacionales que aportan a los usuarios información espacial importante a través de sensores incorporados[5].

Sus aplicaciones en el área constructiva cada vez presentan mayor impulso en las empresas que los utilizan, mencionando algunos de sus usos en el campo de inspecciones de construcción, levantamientos topográficos, mantenimiento de infraestructuras, impacto ambiental, imágenes con fines de exploración geológica, gestión de riesgos, etc.[10]

A continuación, se mencionan algunas de las aplicaciones más relevantes utilizadas en el sector de la construcción:

1) *Gestión y ejecución de trabajos de riesgo*: la gestión del riesgo está basada en identificar y analizar factores de riesgo a lo largo de la vida de un proyecto, implicando el control de posibles eventos catastróficos, de

tal manera que se pueda cuantificar y predecir su impacto de manera anticipada, por ejemplo, el uso de los drones en zonas con alto impacto de deslizamientos, inundaciones, terremotos, incendios o zonas con radioactividad, permitirán gestionar soluciones o posibles eventos ante un proyecto futuro por desarrollar[8].

En Europa, existe un proyecto llamado ARCAS (Aerial Robotics Cooperative Assembly System), dirigido por Aníbal Ollero, catedrático de la Universidad de Sevilla, el cual ha diseñado drones capaces de transportar y realizar ciertas tareas de manipulación de manera segura y eficaz. Estas labores se realizan mediante mecanismos o brazos articulados que facilitan la ejecución de trabajos con el objetivo que puedan construir o desmontar estructuras con muy diversos fines, como lo son labores de inspección o mantenimiento en los sectores energético y espacial.

Este tipo de tecnología presenta la capacidad de elaborar y gestionar trabajos de alto riesgo con la finalidad de proteger la vida de la población, el patrimonio de las personas y del Estado[8].

2) *Levantamiento del terreno*: los levantamientos topográficos se utilizan para identificar los límites y características de una propiedad, este incluye mediciones horizontales y de elevación vertical del área que se examina, así como la ubicación de estructuras existentes. En el desarrollo de obras de construcción, estos estudios son indispensables, ya que proporcionan información básica para determinar si un proyecto es viable o no, por ejemplo, las obras lineales como carreteras o vías de tren necesitan un amplio trabajo previo en análisis del terreno; adicionalmente, se puede realizar un levantamiento topográfico de un sitio montañoso para evaluar las pendientes de las pistas de una estación de esquí; de la misma manera para valorar la idoneidad de la tierra para un campo de golf, o bien para realizar la planificación y desarrollos urbanísticos en una zona determinada[11].

El uso de fotografías aéreas geo referenciadas por medio de coordenadas GPS permite recopilar la información necesaria para realizar mediciones de distancias, cálculo de áreas y volúmenes con mayor precisión, también permite elaborar levantamientos topográficos y planos

de curvas de nivel. Esta información en la fase constructiva de un proyecto permite presupuestar de manera detallada y con mayor precisión los costos de una excavación, ahorrando en tiempo y evitando el envío de personal y equipo topográfico para la evaluación del terreno.

Estas imágenes también son útiles una vez se cuente con el terreno limpio y nivelado, ya que permite tener un plano fotográfico para planificar la obra tomando en cuenta los factores de logística y seguridad necesaria para que el proyecto se desarrolle de manera eficiente.

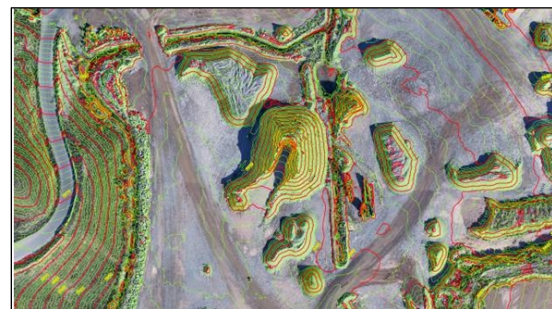


Fig. 6. Levantamiento topográfico[6].

3) *Proyección de renders o modelado 3D*: en la fase de proyecto de una edificación y mediante el uso de *software* de modelado tridimensional, con la ayuda de drones y cámaras de 360°, se pueden capturar imágenes y videos de alta calidad que se pueden fusionar para diseñar elaborados modelos de edificios con gran nivel de

detalle utilizando programas de renderizado de última tecnología, de los cuales se obtienen imágenes del proyecto difíciles de distinguir de la realidad[4].

Estas imágenes son muy valiosas para la promoción inmobiliaria y corporativa de una compañía, ya que incrementan las posibilidades de venta del inmueble, ahorrando incertidumbre y costos de financiación al organizador.

4) *Seguimiento, control e inspección de infraestructura:* hoy en día las inspecciones son indispensables tanto en edificaciones en proceso de construcción como en cualquier otro edificio para así prolongar su vida útil. Según el tipo de proyecto o las características geométricas que presente, puede resultar muy difícil acceder a algunas zonas para inspeccionarlas, siendo esta una de las principales ventajas del uso de las aeronaves no tripuladas, ya que es posible inspeccionar cualquier sitio de forma rápida, segura y económica.

En el mercado, ya se encuentran disponibles drones equipados con cámaras de alta definición, algunas presentan visiones térmicas y multiespectrales que permiten detectar averías, mantenimientos, realizar

inspecciones de día o de noche con rutas programadas para que el dron por sí solo ejecute los recorridos de forma autónoma y precisa[12].


Algunos de los tipos de infraestructura más utilizados a nivel mundial para los controles e inspecciones de obras son en la construcción de puentes, líneas eléctricas, carreteras, líneas de ferrocarril, parques eólicos, túneles, represas hidroeléctricas, edificios, tejados, muelles, pozos petrolíferos, entre otras.

De esta manera, los drones simplifican estos inconvenientes presentes en obras de gran magnitud, haciendo fácil y económica una tarea que, de otra forma, podría resultar con costos significativos y, a la vez, comprometiendo la seguridad de las personas. Ya no es necesario montar andamios o alquilar grúas, un vuelo de dron puede proporcionar rápidamente el punto de vista necesario a pocos centímetros aportando la calidad necesaria para la toma de decisiones[4].

C. Costo de los drones.

En las siguientes tablas, se presentan algunos tipos de drones disponibles actualmente en el mercado con sus respectivos costos aproximados, los cuales reúnen las mejores prestaciones al lograr grabaciones y fotografías que consiguen una producción completamente profesional, al incorporar elementos como el gimbal, estabilizadores ópticos y sensores térmicos[1].

Tabla 1. Comparación de drones.




Especificaciones			
Costo aproximado	\$399,00	\$799,00	\$1 599,00
Marca	DJI	DJI	DJI
Modelo	Mavic Mini	Mavic Air 2	Mavic 2 Pro
Dimensiones	160x202x55 mm	183x253x77 mm	322x242x84 mm
Transporte	Facil	Facil	Facil
Peso	249 g	570 g	907 g
Cámara	3-Axis Gimbal 2.7K/30fps Camera	4K/60fps Video/48 MP Photos	20 MP 1" CMOS Sensor 4K/30fps
Velocidad máx	46.8 km/h	68.4 km/h	72 km/h
Rango	4 km	10 km	10 km
Máx. duración de vuelo	30 min	34 min	31 min

Fuente: [7]

En el mundo de la construcción existen muchos tipos de proyectos, como los de vivienda, comerciales, viales, urbanísticos, entre muchos más, sin importar ante cuál de estos proyectos se esté, ya sea privado o público, el uso del drone será una excelente herramienta que brinda muchos datos técnicos importantes y ahorra tiempo en los trabajos de campo.

Los drones profesionales son, en definitiva, los mejores equipos que se pueden comprar hoy. Además, la automatización es el siguiente paso en la evolución de la tecnología de drones[4].

Tabla 2. Comparación de drones.

Especificaciones			
Costo aproximado	\$1 599,00	\$3 299,00	\$30 000,00
Marca	DJI	DJI	DJI
Modelo	Phantom 4 Pro	Inspire 2	Matrice 300 RTK
Dimensiones	289x289x196 mm	427x425x317 mm	810x670x430 mm
Transporte	Moderado	Complejo	Complejo
Peso	1388 g	3440 g	6300 g
Cámara	20MP CMOS Cinema 4K at 60 fps 100 Mbps	6K/5.2K/4.2Gbps RAW - 4K/100Mbps	FPV Camera Resolution 960p FOV 145° Frame rate 30fps
Velocidad máx	72 km/h	94 km/h	82 km/h
Rango	8 km	7 km	15 km
Máx. duración de vuelo	30 min	23-27 min	55 min

Fuente: [7]

III. TIPOS DE SOFTWARE O APLICACIONES

En la actualidad existen variedades de aplicaciones que simplifican procesos de edición fotográfica, estas se pueden encontrar en internet, algunas de forma gratuita con funciones limitadas o versiones profesionales, las cuales requieren de licencias mensuales o anuales y sus fabricantes brindan las actualizaciones y soporte técnico para la mejora continua. Independientemente de cuál se adquiera, se debe conocer previo a la compra, las necesidades que requiere cada usuario para adquirir el *software* óptimo[13].

La consultoría y planificación de un proyecto son dos áreas de la ingeniería y arquitectura que se han beneficiado en gran manera con la tecnología de los drones, ya que los estudios técnicos y preliminares son insumos técnicos fundamentales para realizar los diseños (arquitectónicos, estructurales y electromecánicos) para, posteriormente, iniciar la construcción[4].

El tipo de dron y *softwares* que se debe utilizar dependerá de qué tipo de información se desea obtener por medio de la fotogrametría aérea y es ahí donde empieza la pericia del profesional o empresa al momento de escoger el mejor equipo tecnológico para trabajar[14].

A. Fotogrametría aérea

Por medio de la fotogrametría aérea se puede obtener mapas y modelos en 3D, para esto se necesitan tres elementos[2]:

- 1) *El dron.*
- 2) *Cámara.*
- 3) *Software.*

Las calidades y alcances de un proyecto dependerán de estos tres elementos, pero también está la parte humana y profesional, donde se debe conocer la ruta, el área y la zona o estructura de donde se requiere obtener la información, tal como:

- Nubes de puntos.
- Modelos de edificios en 3D.
- DEM / DTM / DSM (modelos de superficie).
- Ortofotografías (imágenes aéreas corregidas geoespacialmente).
- Mapas topográficos/terrenos/Mapas de contorno.
- Características planimétricas (bordes de carreteras, alturas, señalización, huellas de edificios, etc.).
- Levantamientos volumétricos.

Algunos de los sectores de la construcción que utilizan los mapas y modelos 3D son:

- Construcción y restauración de edificios.
- Gestión y planificación urbana.
- Planificación del transporte.
- Prevención del riesgo de inundaciones o deslizamientos.

B. Softwares de fotogrametría aérea.

A continuación, se presentan algunos de los *softwares* más importantes del mercado, los cuales pueden ayudar en cualquier proyecto de ingeniería y arquitectura relacionado con la consultoría y construcción:

- 1) *DroneDeploy*: es la marca líder a nivel mundial, se caracteriza por su fácil uso tanto para principiantes como

profesionales. Funciona con la mayoría de los drones de la marca DJI. Esta marca tiene tres versiones de *software*, (Avanzado, Negocios y Corporativa), siendo esta última la más completa y recomendada para proyectos profesionales, algunas de sus principales características son:

- Gestionar vuelos.
- Análisis y mapas de procesos.
- Gestionar equipos (seguimiento de cientos de pilotos y colaboradores a través del Panel de Administración).
- Fácil de administrar.
- Datos en varios formatos (Analice sus mapas de drones y nubes y entregue los datos en el formato de su elección, como JPG, TIFF, OBJ, LAS, SHP y DXF)[14].

El costo de este *software* anualmente va desde los \$1 188 USD a los \$4 788 USD, dependiendo de su versión.

2) *Pix4D*: este es otro de los más conocidos y populares, ya que cuenta con 11 tipos de *software* para diferentes usos, los más conocidos son el *Pix4DMatric* y el *Pix4DMappe*, el cual presenta las siguientes características:

- Nube de puntos de color.
- Nube de puntos clasificada.

- Modelo de superficie digital del suelo.
- Modelo digital del terreno (DTM)/Modelo de elevación digital (DEM).
- Ortomosaico terrestre.
- Líneas de contorno.
- Modelo digital de fachada.
- Fachada ortomosaica.
- Malla texturizada 3D.
- Vectores digitalizados.
- Mapas térmicos.

El costo de este *software* anual es de \$3 500 USD el *Mappe* y \$3 990 USD el *Matric*[6].

3) *AutoDesk ReCap Pro & Photogrammetry*: una de sus mayores ventajas es la fácil integración de la información a los programas de *AutoDesk*, parte de sus características son[12]:

- Un nuevo motor de fotogrametría que puede procesar hasta 1000 fotos.
- La capacidad de establecer GPC (puntos de control terrestre, puntos de levantamiento) en cualquier sistema de coordenadas.
- Nueva funcionalidad para admitir fotos verticales y nadir (fotos tomadas por drones y UAV a 90 grados sobre el sitio).

- Ver su malla con textura fotográfica 3D.
- Vista ortográfica geolocalizada, acerque y aleje, además, agregue medidas, etiquetas y anotaciones.
- Comparta el proyecto, incluidos sus metadatos adicionales (medidas, etiquetas, anotaciones), con cualquier persona.
- Fusionar nubes de puntos de escaneo láser con nubes de puntos basadas en UAV.

El costo anual es otra de las particularidades, ya que, en comparación con los anteriores, es mucho más bajo, siendo solo de \$350 USD[9].

- 4) *SimActive Correlator3D™*: fue de los primeros *softwares* de fotogrametría (2003) y desde entonces se ha mantenido a la vanguardia en la innovación. Esto los ha llevado a que muchos de sus clientes sean de la industria cartográfica y gobiernos alrededor del mundo; tiene la característica especial de que su uso no solo se limita a drones, sino también a aviones y satélites, lo que lo convierte en una herramienta muy poderosa para proyectos que involucren mucha área o ciudades muy

desarrolladas, a nivel general las características principales son[3]:

- Modelos digitales de superficie densos (DSM).
- Modelos digitales de terreno (MDT).
- Nubes de puntos.
- Ortomosaicos.
- Modelos 3D.
- Funciones 3D vectorizadas.

Con respecto al costo de este *software*, se puede adquirir de manera permanente desde los \$5 900 USD hasta los \$6 400 USD o anualmente por \$2 950 USD.

IV. AVANCES Y FUTUROS USOS

Hoy en día, los drones son bien conocidos como dispositivos de captura de datos, pero en el futuro, se les verá realizar el ciclo de vida completo: capturando datos, analizando esta información y luego actuando sobre ellos. En adelante, se verán cultivos de drones agrícolas que exploran campos enormes, detectan malezas y otros problemas, además, realizan un seguimiento enviando comandos a drones que pueden rociar un herbicida. Las mejoras en la tecnología de drones, la evolución de la inteligencia artificial y los algoritmos mejorados harán que los drones no solo sean más útiles, sino también críticos para las cadenas de suministro en casi

todas las industrias, en las economías primarias y secundarias[15].

Pronto, los drones autónomos estarán programados para volar en una ruta constante por sí mismos, incluso despegando, aterrizando y cargándose de forma autónoma. En 2020, los drones en muelles autónomos se verán en sitios de construcción, de petróleo y gas. Habilitado por la regulación avanzada, con un clic de un botón, los pilotos podrán lanzar un dron desde un muelle para trazar un mapa del mundo[10].

De acuerdo con la Universidad Estatal de San Diego y Action Drone Inc., se están desarrollando nuevas técnicas de drones para hacer que la topografía, la inspección de la calidad de la estructura y la volumetría se conviertan en parte del mundo de la construcción, creando un entorno 3D de la zona de construcción o la estructura.

Los drones y el modelado 3D serán muy importantes en la industria de la construcción, ya que ahorran costos generales y prometen mayores retornos de la inversión (ROI) para los accionistas. Con los ahorros financieros que proporciona esta técnica, muchas empresas de construcción utilizarán

drones como procedimientos operativos estándar en su entorno de trabajo[16].

Los modelos 3D ahora pueden estimar fácilmente los volúmenes de agregados y compuestos desde un punto de vista aéreo. Estos datos pueden ayudar en el inventario semanal o diario, proporcionando en tiempo real la cantidad de asfalto o cemento necesaria para terminar una carretera o, por ejemplo, la cantidad de estuco necesaria para cubrir todo un edificio[11].

Los modelos 3D también pueden ayudar a determinar muchas decisiones y soluciones. Además, el director del proyecto podrá conocer la progresión real de este. Esto le permitirá calcular el tiempo estimado de finalización, así como implementar el apoyo y el compromiso de la alta dirección con el proyecto[4].

V. CONCLUSIONES

Se han mostrado solo algunos ejemplos de cómo los expertos en la industria de la construcción utilizan los drones actualmente. Las empresas de drones están poniendo esta tecnología volumétrica a disposición de los expertos en drones emergentes.

Las esperanzas para la industria son que las empresas de drones puedan

crear un nuevo ciclo de trabajo que incluya volar los drones diaria o semanalmente sobre los sitios de construcción para recopilar datos específicos con facilidad.

Este es solo el comienzo de la tecnología de drones, existen nuevas técnicas de inspección y levantamiento que facilitarán todos los aspectos del proceso de construcción. Es solo cuestión de tiempo antes de que los drones se incluyan en los procedimientos de operación estándar en la mayoría de las grandes obras de construcción.

REFERENCIAS

- [1] J. Cruz Ruiz, “Los drones y la construcción en el siglo XXI. La revolución que llegará del cielo,” *Bía*, no. 289, pp. 54–57, 2016, [Online]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12251/751>.
- [2] J. C. Ambrojo, “Los drones ‘se alistan’ al servicio civil,” *Técnica Ind.*, vol. 303, no. Septiembre, pp. 18–19, 2013, [Online]. Disponible en: <http://www.tecnicaindustrial.es/tiad/min/numeros/88/2673/a2673.pdf>.
- [3] M. Cantero and J. Pucci, “Proyecto de investigación sobre drones,” p. 130, 2016, [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/2HVfmUN>.
- [4] J. S. Arévalo Flores, C. F. Delgado Manzanares, and N. F. Vitor Zárata, *Propuesta de negocio enfocado en la mejora de la productividad en la construcción de edificaciones haciendo uso de drones*. 2019.
- [5] D. S. Paredes and A. M. B. Noguera, “Los Drones y sus aplicaciones a la ingeniería civil,” *Los Drones y sus Apl. a la Ing. Civ.*, pp. 77–94, 2015.
- [6] C. A. C. Puerta, “Tecnología Drone En Levantamientos Topográfico,” *Ekp*, vol. 13, no. 3, pp. 1576–1580, 2015, [Online]. Disponible en: http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/377/4/Muñoz_Zapata_Adriana_Patricia_Artículo_2011.pdf.
- [7] A. G. Iriarte, “Programación, robótica y drones: una introducción al Proyecto Escuelas del Futuro.,” p. 14, 2018, [Online]. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/82579>.
- [8] Ó. Díaz, “Drones y su aplicación en materia de seguridad y salud en el trabajo,” pp. 1–50, 2015, [Online]. Disponible en:

- [http://dspace.umh.es/bitstream/11000/2211/1/TFM Díaz Cantos, Óscar.pdf](http://dspace.umh.es/bitstream/11000/2211/1/TFM_Díaz_Cantos,_Óscar.pdf).
- [9] M. Hinojosa, “Diseño y construcción de dron e autónomo para medición de radiación solar,” *Esc. técnica Super. Ing.*, pp. 1–118, 2018.
- [10] J. J. López and M. Mulero-Pázmány, “Drones for conservation in protected areas: Present and future,” *Drones*, vol. 3, no. 1, pp. 1–23, 2019, doi: 10.3390/drones3010010.
- [11] P. N. Calleja, “Comparativa De Software Para La Realización De Ortofotos a Partir De Imágenes Obtenidas Por Drones,” p. 59, 2016.
- [12] R. Kellermann, T. Biehle, and L. Fischer, “Drones for parcel and passenger transportation: A literature review,” *Transp. Res. Interdiscip. Perspect.*, vol. 4, p. 100088, 2020, doi: 10.1016/j.trip.2019.100088.
- [13] O. Del Río-Santana, T. Espinoza-Fraire, A. Sáenz-Esqueda, and F. Cortes-Martínez, “Levantamientos Topográficos con Drones,” *Rev. Ciencia, Ing. y Desarro. Tec Lerdo*, vol. 1, pp. 15–19, 2019.
- [14] B. Rao, A. G. Gopi, and R. Maione, “The societal impact of commercial drones,” *Technol. Soc.*, vol. 45, pp. 83–90, 2016, doi: 10.1016/j.techsoc.2016.02.009.
- [15] S. Beninger and K. Robson, “The disruptive potential of drones,” *Mark. Lett.*, 2020, doi: 10.1007/s11002-020-09542-8.
- [16] R. G. Herrera *et al.*, “Civil Y Geociencias,” vol. 44, no. June, pp. 326–332, 2019.