

ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE UN SISTEMA DE FUMIGACIÓN PARA UN DRON MATRICE 600 PRO VS EL DRON FUMIGADOR DJI AGRAS T30 A

ANALYSIS AND COMPARISON OF A SPRAYING SYSTEM FOR A MATRICE 600 PRO DRONE VS THE DJI AGRAS T30 A SPRAYER DRONE

Angel Alejandro Bastidas Argudo^{1*}

¹ Investigador externo. Carrera de Ingeniería en Electrónica y Automatización. Riobamba, Chimborazo Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9544-9959>. Correo: angel-bass@outlook.es

Kevin David Macas Rivera²

² Investigador externo. Carrera de Ingeniería en Electrónica y Automatización. Riobamba, Chimborazo Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4159-3784>. Correo: macrivdav@hotmail.com

Diego Ramiro Ñacato Estrella³

³ Ingeniero en Electrónica control y redes industriales. Magister en sistemas de Control y Automatización Industrial. Docente de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7233-9076>. Correo: diego.nacato@esPOCH.edu.ec

Marlon David Tapia Farinango⁴

⁴ Investigador externo. Carrera de Ingeniería en Electrónica y Automatización. Riobamba, Chimborazo Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8900-5638>. Correo: marlonwcn@gmail.com

* Autor para correspondencia: angel-bass@outlook.es

Resumen

En el presente documento se muestra una información adecuada, la cual nos ayudara a realizar un prototipo de fumigación para el dron M600 Pro, este dron tendrá una adecuación para utilizarlo en un ambiente agrícola, en el área de fumigación lo cual para verificar su eficiencia se realizara una comparación con el dron AGRAS T30 A el cual está diseñado para el área de fumigación, al ser estos 2 drones de la misma empresa DJI cuentan con características similares tanto en su área de control como en su sistema de vuelo en donde algunas

especificación son similares, y en otras varían ya que los dos fueron creados para distintas áreas de trabajo, se tendrá en cuentas ciertas variables las cuales nos permitirá saber, su capacidad de carga, la cantidad de líquido, el peso, el tiempo de vuelo, etc.

Palabras clave: Dron; DJI; Diseño; Fumigación; Matrices 600 pro.

Abstract

This document shows adequate information, which will help us to make a fumigation prototype for the M600 Pro drone, this drone will be suitable for use in an agricultural environment, in the fumigation area, which to verify its efficiency is will make a comparison with the Agras T30 A drone which is designed for the fumigation area, as these 2 drones from the same DJI company have similar characteristics both in their control area and in their flight system where some specifications are similar, and in others they vary since the two were created for different work areas, certain variables will be taken into account, which will allow us to know, their load capacity, the amount of liquid, the weight, the flight time, etc.

Keywords: drone; DJI; Design; Fumigation; Matrix 600 pro.

Fecha de recibido: 29/11/2022

Fecha de aceptado: 13/01/2023

Fecha de publicado: 26/01/2023

Introducción

Desde que la tecnología ha ido evolucionando, se han facilitado un sin número de sucesos que sin duda han sido de mucha ayuda para las personas, está la mejora de procesos, agilización de procedimientos, reducción de tiempo, entre otras cosas. El dron es un claro ejemplo, esta aeronave no tripulada fue creada desde hace muchos años atrás y con el pasar del tiempo se han desarrollado nuevas y más avanzadas. Actualmente existen drones de uso civil, de uso militar, de uso comercial, drones para la agricultura y más (Esteve, 2018).

La agricultura es la columna vertebral de la economía mundial, a través de ella se alimenta a la población y se obtiene materia prima para las industrias, pero, esta actividad se ve amenazada por el ataque de plagas y enfermedades que tienen efectos negativos en los cultivos. Para mantener y preservar los cultivos, las fumigaciones agrícolas se hacen necesarias. En los países en vías de desarrollo actualmente se está utilizando vehículos aéreos no tripulados (drones) para realizar las fumigaciones y el monitoreo de los cultivos (Ambrojo, 2013).

En los últimos días los vehículos aéreos no tripulados (UAV), se han transformado en una de las tecnologías más atractivas, dando cabida al uso de estos en una amplia gama de profesiones, como el periodismo, las técnicas de ayuda en rescate de personas con difícil accesibilidad, la fotografía, la agronomía, entre otras. Si

se enfoca en el campo de la agricultura, los drones están cumpliendo un rol cada vez más fundamental para las tareas de procesos fitosanitarios, prometiendo cambiar para siempre el futuro de las explotaciones agrícolas (Vargas-Ramírez & Paneque-Gálvez, 2020).

La utilización de estos drones promete un trabajo de fumigación más rápido dado que en plantaciones que son muy extensas el tener que realizar esta actividad de forma artesanal como se lo ha venido haciendo durante todo este tiempo implica la necesidad de contar con muchas personas y el alcance que se tiene con bombas manuales es limitado, mientras que, si se utilizan drones, el tiempo empleado en la fumigación disminuye y la planta aprovecha de mejor manera los líquidos suministrados.

Cuando se trabaja con un dron de fumigación existe el inconveniente de la recarga del líquido que está siendo fumigado, por lo tanto, lo que generalmente se hace es que el dueño del equipo debe realizar el llenado del tanque manualmente. En este artículo se buscará dar solución a este inconveniente mediante una estación de llenado automático, para lo cual deberá contar con sensores para saber el nivel en el que se encuentra el depósito.

MARCO TEÓRICO

La agricultura es el conjunto de técnicas y conocimientos para cultivar la tierra, en la cual el hombre busca sacar el mayor provecho del suelo para la producción de alimentos, por lo tanto, la explotación del sector agrícola se ha convertido no solo en una fuente de alimentos sino también una herramienta para la generación de empleo y una fuente de ingresos muy importante para las personas que intervienen en estos procesos. El proceso de explotación agrícola de forma general consta básicamente de cuatro etapas, las cuales inician con la preparación del terreno, el proceso de siembra, el mantenimiento del cultivo y por último, la cosecha o recolección. Cada proceso presenta diferentes problemáticas que a diario los agricultores deben afrontar y superar para dar continuidad a cada proceso.

Un proceso que tiene muchas problemáticas es el proceso de mantenimiento, el cual consiste en el riego del cultivo y la fumigación para el control de plagas y enfermedades. Actualmente la fumigación es realizada de dos maneras; la primera y más comunes la fumigación terrestre, la cual un operario lleva una maquina a su espalda, donde es almacenado y transportado el elemento fumigador y el sistema de riego de este; el operario llena el tanque y se dirige a la zona que se pretende fumigar para realizar la tarea, este método es bastante desgastante debido a que es necesario llenar constantemente la maquinaria y transportarla por la zona a fumigar, la cual en muchas ocasiones es de difícil acceso.

La segunda forma de realizar la fumigación es vía aérea utilizando aeroplanos que distribuyen los agroquímicos, esto se realiza sobre zonas amplias de cultivos donde por la longitud de estos la fumigación terrestre no es viable, hay que agregar que a través de este método de fumigación se corre el riesgo de que los agroquímicos afecten zonas aledañas a los cultivos objetivo, esto puede generar daños severos a otros cultivos y en situaciones más graves, poner en riesgo la salud de personas que habitan cerca de los cultivos, agregando también los daños ambientales y efectos de contaminación que se pueden generar si esto sucede (Rangel, 2018).

La explosión del uso de vehículos no tripulados (drones) llegó ya hace un tiempo a la agricultura. Se trata, sin duda, de una herramienta con un potencial interesante, pero también con una serie de limitaciones a tener en cuenta, tanto desde el punto de vista legislativo como de dificultades en su manejo y requisitos de unos conocimientos que, hoy por hoy, no están al alcance de todos los usuarios (Rangel, 2018).

Debido a que la tecnología de un dron fumigador aún es costosa y poco conocida, los pequeños agricultores no han podido socializar con los beneficios que trae para la agricultura la fumigación mediante este método ya que confían en los métodos tradicionales en donde una persona se encarga de la fumigación que se le podría nombrar como artesanal con una bomba, en donde este trabajador ejerce fuerza que hasta podría llegar a lastimar su cuerpo.

Por lo tanto, el objetivo de este documento es desarrollar un prototipo de dron fumigador con estación de auto llenado que sea de un mayor acceso para los agricultores ya que son los que necesitan de este tipo de avances tecnológicos y demostrarles que no es algo tan complejo la utilización de estos equipos comparado con sus beneficios.

En la definición de (HRYHORIV et al., 2022) en su trabajo de titulación una definición sobre Agras T30 es un dron DJI de nueva generación que es revolucionario diseño y carga útil máxima hasta 40 kg. Soluciones digitales para la agricultura de DJI aumentar significativamente la productividad y eficiencia en el procesamiento de cultivos. El modo de determinación de ruta actualizado incluye 10 en sí mismo la ruta de la conexión, lo que permite que el dron vuele automáticamente a lo largo de la ruta y eludir los obstáculos señalados en la planificación de campo. Nueva función inteligente ahorro de recursos calcula la cantidad de líquido residual, lo que permite al usuario controlar el proceso de procesamiento (Tello, 2018).

Para aportar más información acerca de Agras T30, (Štroner et al., 2021) indica que posee una tecnología de detección de ramas para una penetración completa, esto lo hace por medio de la innovadora tecnología de detección de ramas y brazos ajustables, el Agras T30 penetra en espesuras densas con pulverización oblicua, lo que garantiza una adhesión uniforme de pesticidas líquidos y aumenta el número de gotas en un 100% con la ayuda de la plataforma en la nube de agricultura inteligente y el mapeo basado en la nube, por medio de esto nos permite acceder a la información y administrar un huerto digital por medio de un teléfono inteligente, lo que facilita familiarizarse con la agricultura digital, cuenta con un diseño de 16 boquillas que mejora aún más la penetración de las gotas, las 16 boquillas pulverizadoras nos brinda una amplia cobertura con distribución uniforme, fuerte penetración y excepcional prevención de desviaciones, cuenta con 8 juegos de electroválvulas que permiten el control de frecuencia variable independiente e incluso la pulverización a su vez, también tiene un diseño de la bomba de émbolo doble de seis cilindros opuesto horizontalmente que proporciona una gran potencia de pulverización y un alto caudal de hasta 8 litros por minuto, equipado con un gran tanque de 30 kg, este dron aumenta la anchura de pulverización a 9 metros y la eficiencia de este en el campo a 40 acres/hora, elimina sus puntos ciegos mediante un sistema de radar esférico donde percibe obstáculos y a su alrededor en todo el entorno, condiciones climáticas y ángulos de visión, independientes del polvo y la interferencia de luz, posee también unas funciones automáticas del sistema anticolidión y de

vuelo adaptativo que ayuda a garantizar la seguridad durante la operación, está equipada con cámaras FPV duales que proporciona una vista frontal y traseras claras, donde nos permite verificar el estado de vuelo sin necesidad de girar la aeronave en pleno vuelo posee una visión nocturna que crea más posibilidades de operación nocturna, tiene una protección tripe capa que previene la fuga de solución, esto quiere decir que tiene una estructura completamente cerrada para mayor durabilidad, que nos brinda una resistencia al agua nominal general de IP67 contra pesticidas, polvo, fertilizantes y corrosión, cuenta con un plegador flexible para un transporte fácil donde se puede plegar en un 80 % lo que facilita su transporte, Posee una operación autónoma con planificación de ruta óptima dicho de otra forma posee un modo de ruta inteligente en donde planifica de forma independiente la mejor ruta para cada operación como se puede observar en la figura 1 un entorno visual de la ruta que va a recorrer el dron en un área determinada (Štroner et al., 2021), (Díaz, 2018).



Figura 1: Operación autónoma con planificación de ruta óptima del Dron Agras T30 A

Teniendo en cuenta este concepto se procede a examinar los componentes que este posee Agras T30 como se aprecia en la figura 2 se tiene un esquema grafico sencillo de interpretar y comprender. Donde se puede identificar las partes que conforman este dron.

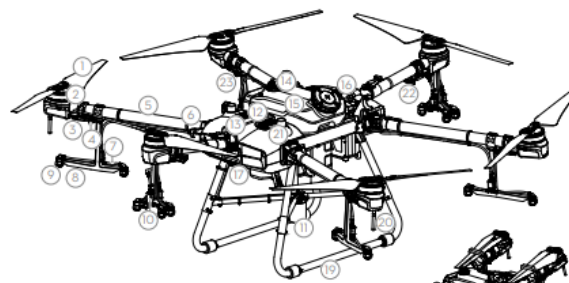


Figura 2: Diagrama del Dron Agras T30 A

Partes del dron Agras T30 A

1. Hélices
2. Motores
3. ESC
4. Indicadores delanteros de la aeronave (en los brazos M2 y M6)
5. Brazos del bastidor
6. Sensores de detección de plegado (integrados)
7. Mangueras
8. Aspersores
9. Boquilla
10. Válvulas de escape electromagnéticas
11. Radar digital omnidireccional
12. Radar superior (integrado)
13. Disipadores de calor
14. Indicador de nivel de líquido
15. Tanque de rociado
16. Compartimento de la batería
17. Cámara FPV delantera
18. Cámara FPV trasera
19. Tren de aterrizaje
20. Antenas OcuSync
21. Antenas del D-RTK integrado
22. Indicadores de estado de la aeronave (en los brazos M1 y M4)
23. Indicadores traseros de la aeronave (en los brazos M3 y M5)

Su control remoto inteligente con pantalla de alto brillo, donde admite una transmisión de imagen estable desde una distancia de hasta 5 km, un solo control remoto puede operar varios drones a la vez con una pantalla de 5.5 pulgadas con una visión nítida, su módulo de posicionamiento de alta precisión RTK estándar implementa la planificación de operación de nivel de centímetros como se puede observar en la figura 3 (Milanés et al., 2008).



Figura 3: Diagrama del control remoto del Dron Agras T30 A

Su sistema de control viene dado por un control remoto en donde consta de las siguientes partes según nos indica el manual de usuario de DJI, se presenta en la Figura 4 un esquema del control remoto.

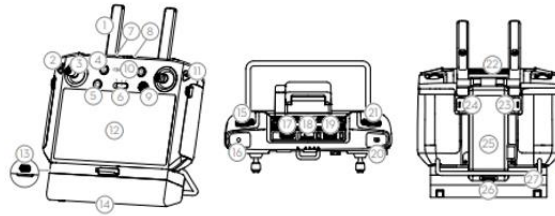


Figura 4: Diagrama del control remoto del Dron Agras T30 A

Para poder entender mejor los componentes de este grafico se presente hacer una descripción de cada uno de ellos según la información que nos brinda DJI.

1. Antenas
2. Botón de retroceso/botón de función
3. Palancas de control
4. Botón RPO
5. Botón C3
6. Selector de modo de vuelo
7. Led de estado
8. Ledes de nivel de batería
9. Botón 5D
10. Botón de encendido
11. Botón de confirmación Presiónelo
12. Pantalla táctil
13. Puerto de carga USB-C
14. Tapa del compartimiento del adaptador
15. Dial de velocidad de rociado
16. Botón de rociado
17. Puerto HDMI
18. Ranura para tarjeta microSD
19. Puerto USB-A
20. Botón de cambio entre FPV y mapa
21. Dial reservado
22. Rejilla de ventilación
23. Botón C1 (personalizable)
24. Botón C2 (personalizable)
25. Tapa del compartimiento de la batería
26. Seguro de la tapa del compartimiento de la batería
27. Asa

Que Agras T30 A, cuente con dos baterías y un cargador para una fácil reutilización, posee protección de encapsulado a nivel de placa de circuito y resistencia al agua y corrosión cuenta con un 29.000mAh de

potencia, su estación de batería T30 proporciona 7200 vatios de potencia de carga y admite carga rápida en 10 minutos cuenta con un sistema de respaldo y admite carga alterna de dos canales con adaptación de potencia y operación más segura (Salas Araya et al., 2017).

Teniendo en cuenta la información adquirida hasta el momento podemos ver que el dron Agras T30 A se desenvuelve muy bien en el aspecto técnico debido a su gran composición tanto en estructura como en eficiencia en su aplicación en el control de fumigación según datos e información que nos brinda DJI, en consecuencia, a esta procederemos a analizar información relevante de su aplicación.

Como nos menciona (Chira Rodríguez et al., 2021) indica en su trabajo de titulación una, Propuesta de utilización de drones para mejorar la productividad en procesos de fumigación de cultivos de arroz IR-43 en la empresa Semillas Peruranas S.A.C, cuyo objetivo principal es proponer el uso adecuado de utilizar los drones para mejorar la productividad en la fumigación de la semilla de arroz IR-43, en la empresa Semillas Piuranas S.A.C, obteniendo las siguientes conclusiones:

Se ha analizó todos los aspectos del proceso de fumigación en los cultivos de arroz IR43, los cuales se vienen desarrollando mediante la aplicación del método convencional o tradicional, en donde, la exposición en la que se encuentran los trabajadores al uso de los agroquímicos (Chira Pozo & Gómez Florián, 2021).

Se determinó el dron fumigador Agras T30 como propuesta a utilizar, a través de un análisis y puntuación de 8 drones fumigadores, en donde se concluye según sus especificaciones técnicas una reducción considerable concierne al tiempo de un 99.05%, a su vez, también se aprecia una reducción en las cantidades de litros a utilizar del 88%, con respecto a los datos del método tradicional, evidenciando una mejora en el proceso de fumigación (Chira Pozo & Gómez Florián, 2021).

Se determinó mediante el análisis de los flujos de caja de los escenarios conservador, en donde nos muestra un resultado positivo en relación a mayor e igual del 90%, lo cual nos permite concluir que la utilización del dron fumigador Agras T30 tiene viabilidad económica para la empresa (Chira Pozo & Gómez Florián, 2021).

Matices 600 Pro

Es una Plataforma de vuelo estable y confiable, que continua con la alta carga y el excelente rendimiento de vuelo, tiene un diseño modular mejorada, incluye un control de vuelo, GPS, también un sistema de batería recargable y un control remoto, posee la capacidad de gestionar las tareas más complejas. Se centra en el avanzado controlador de control de vuelo A3 Pro de DJI con triple redundancia, con monitoreo de baja latencia a través de salidas SDI, HDMI y USB en el controlador, para soporte de cámara, E funciona con un gimbal de la serie Zenmuse Z15, el gimbal Romin.MX y los híbridos de gimbal/cámara de la serie Zenmuse X. Para su actuación el M600 Pro utiliza un ESC inteligente que es impulsado por ondas sinusoidales para garantizar un rendimiento preciso, seguro y eficiente, mientras que los sistemas de control de vuelo A3 Pro ajustan los parámetros de vuelo en función de diferentes cargas útiles, el sistema A3 GNSS se puede actualizar con tecnología cinemática en tiempo real (RTK), al usar antenas duales, este brinda mayor precisión que una brújula y no es susceptible a la interferencia magnética de las estructuras

metálicas, cuenta con un puente de luz 2 de transmisión HD profesional, El DJI Lightbride 2 ha sido diseñado desde cero para cumplir con los requisitos de la transmisión profesional ofreciendo altas velocidades de cuadro y transmisión en vivo HD (Rodríguez Valentín, 2017).

El M660 Pro es totalmente compatible con DJI Onboard SDK y Mobile SDK para cumplir con los requisitos de aquellos que crean software para aplicaciones industriales, posee dos puertos CAN y API para la conexión de dispositivos DJI (Ayamga et al., 2021)

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, debemos tener en cuentas las partes que conforman este dron debido a que se debe comparar la similitud que este dron tiene, con el dron Agras T30 A, entonces en la Figura 5 se puede observar el esquema que este tiene posterior a eso se indicara las partes que lo conforman según el número que nos indica en cada parte del esquema

Partes del dron Matrices 600 Pro:

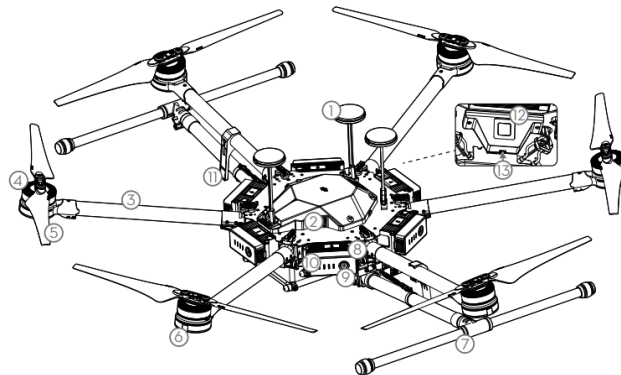


Figura 5: Partes de dron Matrices 600 Pro
Fuente : (Zabala et al., 2016)

1. GPS-Compass Pro
2. Bastidor central
3. Brazos del bastidor
4. Motores
5. Hélices
6. Indicadores LED del ESC
7. Tren de aterrizaje
8. Baterías de Vuelo Inteligente
9. Botón de encendido
10. Indicadores LED de nivel de batería
11. Antenas
12. Indicador de estado de la aeronave
13. Puerto Micro USB

Una vez identificado las partes del Dron, ahora se debe indicar las partes que conforma el control que ayuda a tomar decisiones adecuadas al proceso de vuelo del dron como se nos indica en la Figura 6 el esquema y numeración que este control remoto posee.

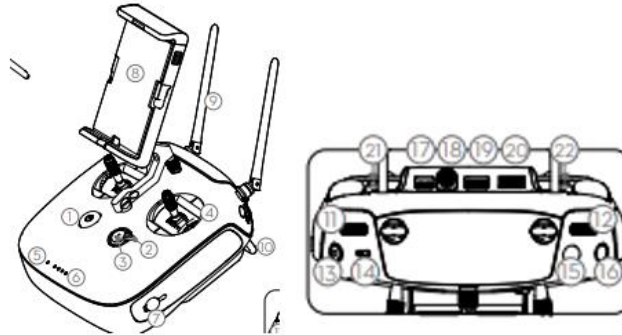


Figura 6: Partes del control remoto de dron Matrices 600 Pro.
Fuente : (Zabala et al., 2016)

1. Power Button
2. Landing Gear Control Switch
3. Return-to-Home (RTH) Button
4. Control Sticks
5. Status LED
6. Battery Level LEDs
7. Power Port
8. Mobile Device Holder
9. Antennas Folded
10. Handle Bar
11. Gimbal Dial
12. Camera Settings Dial
13. Record Button
14. Flight Mode Switch
15. Shutter Button
16. Playback Button
17. Micro USB Port
18. SDI Port
19. HDMITM Port
20. USB Port
21. C1 Button
22. C2 Button

Una vez conocido las partes que conforman el dron M600 Pro es necesario conocer el tiempo de vuelo Extendido y el tango de transmisión que es de hasta 5km, un sistema de administración de la batería integral

no ayudara con información adecuada si alguna de las seis baterías inteligentes se apaga o enciende las demás, este sistema administración ayuda a supervisar la batería durante el vuelo asegurando un aterrizaje seguro en el caso de que una batería falle, como se puede ver en la Figura 7 una Grafica que describe los tiempos de vuelo y el Payload y el rango de trasmisión que posee en una área sin obstáculos libre de interferencias y este va a varias dependiendo de las regulaciones locales (Gregory, 2011)

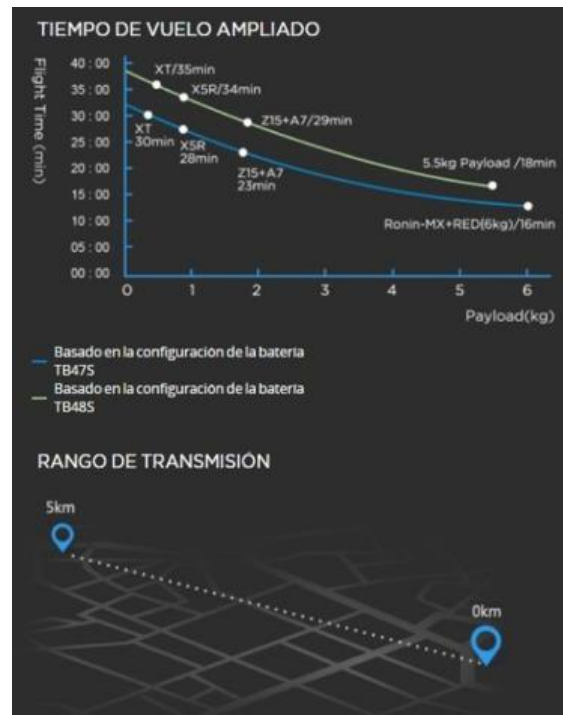


Figura 7: Partes del control remoto de dron Matrices 600 Pro
 Fuente : (Gregory, 2011)

Materiales y métodos

Para la realización del tema propuesto, se utilizará el método sistemático ya que permitirá relacionar los elementos que se van a utilizar durante el desarrollo de este y una vez especificado esto se procede a modelar el cuerpo completo para el sistema de fumigación. Como primera parte se definirán los equipos que estarán involucrados en este proceso para luego unificarlos y crear un diseño en un software apropiado.

Se emplearon bomba para poder dimensionar el trabajo que hará el sistema de fumigación, es necesario buscar una bomba apropiada, es decir que sea comercial y que si existiera algún fallo se la pueda remplazar sin mayor problema, además debe abastecer con los requerimientos necesarios. Es por esto que se ha optado por la bomba que se encuentra en la Figura 8 y cuenta con las siguientes especificaciones.

- Bomba de 3 Bar de presión

- Capacidad 120 Lts incluye un filtro
- Alimentación: 12 V
- Corriente: 2-4.8 Amperios para trabajo de forma normal.



Figura 8: Bomba eléctrica

Fuente: <http://www.rec4x4.com/spa/item/INY-05-02-240.html>

Una vez que se ha dimensionado la bomba adecuada se ha procedido a elegir los aspersores que presenten las condiciones necesarias para su uso. Por lo tanto, se ha decidido implementar los aspersores que se muestran en la siguiente Figura 9 que cuentan con las especificaciones descritas.

- Material: plástico y caucho
- Partículas finas de 70 micras
- Flujo: Boquillas de 6,7/7 L/h
- Diámetro del chorro de agua: 31.5 in aproximadamente.
- Presión de agua: 3.3-6.6 lbs.



Figura 9: Boquillas de especie de fumigación.

Fuente: <https://www.ocompra.com/ecuador/item/arco-nebulizador-desinfeccion-fumigacion-boquilla-aspersor-518409361/>

Batería.

Tomando en cuenta la alimentación necesaria para la bomba se ha procedido a seleccionar una batería que trabaje sin problemas. A continuación, se muestra en la Figura 10 lo cual sería la ideal.

- Voltaje nominal: 3.2 voltios
- Capacidad Nominal: 5.5 Amperios
- Peso: 636 gramos
- Ciclos de Vida o uso: 2000 Ciclos.



Figura 10. Batería de Litio Recargable

Fuente: https://www.batelsa.es/p13809475_bateria-de-litio-ferroso-12-8-voltios-5-5-amperios-con-cargador.html

Para el correcto funcionamiento del sistema de fumigación se dimensiono el tanque que debería tener el dron para su correcto trabajo. Se ha decidido trabajar con el tanque que se muestra en la Figura 11.



Figura 11. Tanque para almacenamiento de líquido fumigante.

Fuente: <https://www.amazon.com/-/es/GO-PARTS-2015-2019-dep%C3%B3sito-98610-C2000-HY1288142/dp/B07QS4RK6B>

Diseño

Una vez que se ha planteado todos los elementos que formaran parte del sistema de fumigación como son la bomba, los aspersores, la batería y el tanque se ha procedido a realizar la primera propuesta de diseño de cómo quedaría implementado sobre el dron con un software apropiado como se mira en la Figura 12.



Figura 12. Diseño propuesto del dron DJI M600 Pro con el sistema de fumigación

Fuente: Propia

Se empleó el método Cuantitativo que una vez que el sistema de fumigación esté implementado en el Dron DJI Matrice 600 Pro se procederá a tomar mediciones sobre variables presentes en los dos Drones de trabajo. Estas variables para manipular son: tiempo de vuelo, presión de aspersion, capacidad de carga de fumigante y peso del dron.

La extensión de fumigación: esta variable va a analizar cuentas hectáreas puede fumigar en una hora con la cantidad de 30 litro lo cual es la especificación del dron Agras T30 y comparándolo con el prototipo desarrollado trabajar en la misma área y cantidad de líquido.

El caudal de Aspersion: en esta variable se analizará el caudal que genera el Dron T-Agras 30 al liberar el fumigante por sus 4 aspersores generando una buena pulverización comparándola con el DJI Matrice 600 Pro con sus dos aspersores (López-Torres et al., 2021).

La cantidad de recargas de fumigante: se va a comparar la cantidad de recargas que debe ejecutar cada uno de los drones para poder trabajar en un área determinada en este caso como el dron Agras T30 puede fumigar 16 hectáreas en una hora se realizara la comparación con el prototipo desarrollado.

La cantidad de recargas de las baterías: en esta variable se tomará en cuenta la cantidad de recargas que se debe hacer para cargar las baterías para consumir 30 litros de fumigante ya que es la capacidad máxima que puede cargar el Agras T30.

El método Experimental se utilizará para el experimental debido a que se debe observar, manipular y registrar las distintas variables que se ven involucradas en el proceso desarrollo e implementación de dron fumigador, para este método se utilizará la app DJI-GO, la cual nos proporciona la empresa DJI que nos permitirá utilizar y manipular el dron, en la Figura 13 se puede observar la interface que tiene la app para interactuar con el usuario.



Figura 13. App DJI-GO

Fuente: Propia

Esta app nos permitirá trazar una trayectoria adecuada para un área de trabajo específico tomar la mejor trayectoria de vuelo, esta app cuenta con un sistema el cual nos permite configurar el botón C2 que no especificado para un control en el dron, el cual se utilizará para el sistema de encendido de aspersion.

Para sistema de fumigación de pretender realizar un control en el cual nos permita encender la bomba después de que el dron trace su trayectoria y comience a recorrerla nuevamente, pero esta vez con el sistema se encuentre encendido, en el sistema de fumigación se debería tener un control el cual nos permita abrir y cerrar la válvula en determinadas áreas específicas para que no tenga perdidas de líquido de fumigante, para que se tenga un eficiencia de fumigación se deberá tener en cuenta los sensores de nivel del tanque, un sensor que nos permita saber el estado de la batería y el estado en que se encuentren las boquillas, esta información se deberá subir a la nube, para esto se pretende utilizar un router de red de área local para poder acceder a esta información por medio del desarrollo de una app desde cualquier dispositivo Android, que notificara si el sistema cuenta con algún tipo de error y se deberá realizar las correcciones adecuadas ante tales errores.

Resultados y discusión

Para poder validar que dron es más eficiente para la fumigación se desarrolla una tabla de comparación en donde se compara las especificaciones de cada dron y las variables asociadas para su funcionamiento en donde nos permitirá conocer que dron es el más factible de usar al momento de realizar un proceso de fumigación como se muestra en la Tabla 1 se toma en cuenta las especificaciones esenciales para el funcionamiento de fumigación, como el dron Agras T30 y el dron M600 pro pertenecen a la empresa DJI, pero son enfocados en distintas áreas ya que el Agras T30 es un dron de fumigación y el dron M600 Pro está enfocado en las fotografías, la comparación se enfoca en 7 aspectos importantes los cuales son : el peso total, el peso máximo de despegue cercano al nivel de mar, su precisión de vuelo en modo estacionario, su consumo de energía que posee al flotar en el aire, la velocidad máxima tolerable al viento, el ángulo de inclinación máxima ,el tiempo de vuelo y el depósito de litro que puede cargar.

Tabla 1: Cuadro de comparación de las especificaciones del dron Agras T30 y El don M500 pro.

Especificaciones	Modelos de drones	
	Agras T30	M600 Pro
Peso total	26.4 kg	10Kg
Peso Máximo de despegue	78kg	15.5kg
Precisión de vuelo estacionario	V: $\pm 0,5$ m, H : $\pm 1,5$ m	V: ± 10 cm, H : ± 10 cm
Consumo de energía Flotante	10.000W	180 W
Velocidad máxima tolerable del viento	8 m/s	8 m/s
Ángulo de inclinación máximo	15 °	25°
Tiempo de vuelo	30min	32min
Deposito	30 L	6L

Teniendo en cuenta estas especificaciones procedemos a comparar los resultados en campo, para esto se realiza una comparación de resultados con 4 variables que tiene mayor relevancia en el trabajo de

investigación estos son: el tiempo de aspersión, el caudal de aspersión, la cantidad de recargas de fumigante, el peso del dron, estos datos se podrán visualizar en la Tabla 2 que se indica a continuación.

Tabla 2: Cuadro de comparación de las variables a estudiar del dron Agras T30 y El don M500 pro.

Variables	Modelos de drones	
	Agras T30	M600 Pro
Extensión de fumigación (hectareas)	16 Ha x h	3.2Ha x h
Caudal de aspersión	8 L por min	1.5 L por min
Cantidad de recargas de fumigante(16Ha x hora)	1 vez	5 veces
Cantidad de recargas de la batería	2 veces	2 veces

En donde la primera variable nos indica la extensión o distancia que puede fumigar con 30 litros de fumigante, en el cual el Agras tiene una extensión de 16 Hectáreas mientras que el M600 pro con el prototipo cuenta con la extensión de 3,2 hectáreas, en la variable 2 nos indica el caudal con el cual se realizara la aspersión tanto del dron diseñado para la fumigación y el prototipado en donde el Agras t30 cuenta como un caudal de 8Litro por minuto y el M600 Pro con el prototipo cuenta con un caudal de 1.5 litros por minuto, la variable 3 nos indica el número de recargas de líquido fumigante que tienen, el Agras T30 realiza una recarga de 1 vez ya que cuenta con una capacidad de 30 litros mientras que el M600 Pro con el prototipo cuenta con una capacidad de 6 litros lo cual debe recargar 5 veces para cumplir con los 30 litro de fumigante y por último se tiene la variable de recarga de baterías las cuales presentan la misma cantidad de vece que debe recargarse ya que cuentan con el mismo tiempo de vuelo y son de la misma marca lo cual sus especificaciones y funcionamiento en sus baterías son casi similares, estos datos se obtuvieron de manera experimental para así verificar la eficiencia y uso del prototipo.

Conclusiones

Se ha logrado mostrar información verídica sobre la composición y especificaciones de los drones Agras T30 y el dron M600 Pro, lo cual permitió realizar la investigación propuesta

Al obtener la información adecuada se ha logrado diseñar un prototipo de fumigación el cual fue implementado en el dron M600 Pro

Por medio de métodos específicos se ha identificado las distintas variables que se ven envueltas para el desarrollo del prototipo de fumigación y adaptación para el dron M600 Pro.

Para comparar el funcionamiento adecuado del prototipo de fumigación en el dron M600 Pro se ha utilizado el método experimental el cual se realizó distintas pruebas en un área determinada referente a las especificaciones de Dron Agras T30 A

Referencias

Ambrojo, J. C. (2013). Los drones ‘se alistan’al servicio civil. *Técnica Industrial*, 303, 18-19. <https://www.tecnicaindustrial.es/wp-content/uploads/Numeros/88/2673/a2673.pdf>

- Ayamga, M., Akaba, S., & Nyaaba, A. A. (2021). Multifaceted applicability of drones: A review. *Technological Forecasting and Social Change*, 167, 120677. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162521001098>
- Chira Pozo, A. D., & Gómez Florián, O. D. (2021). Propuesta de utilización de drones para mejorar la productividad en procesos de fumigación de cultivos de arroz IR-43 en la empresa Semillas Piuranas SAC La Arena-2021. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/87216/Chira_PAD-G%C3%B3mez_FOD-SD.pdf?sequence=1
- Chira Rodríguez, A. N., Cárdenas Correa, C. A., Ma San Gómez, F. J., Seminario Gastelo, J. M., & Luna Seminario, V. A. (2021). Comparativa entre sistemas de captación solar para el diseño y análisis de un sistema de acondicionamiento para un piso de oficinas. https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4862/T_IME_2101.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Díaz, J. E. M. (2018). Seguridad metropolitana mediante el uso coordinado de Drones. *Revista Ingenierías USBMed*, 9(1), 39-48. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6283788.pdf>
- Esteve, J. S. (2018). Introducción a la regulación del uso civil de los drones. *CEFLegal: revista práctica de derecho. Comentarios y casos prácticos*(207), 91-106. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6426733>
- Gregory, D. (2011). From a view to a kill: Drones and late modern war. *Theory, culture & society*, 28(7-8), 188-215. <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0263276411423027>
- HRYHORIV, Y., BUTENKO, A., KOZAK, M., TATARYNOVA, V., BONDARENKO, O., NOZDRINA, N., STAVYTSKYI, A., & BORDUN, R. (2022). STRUCTURE COMPONENTS AND YIELDING CAPACITY OF CAMELINA SATIVA IN UKRAINE. *Agriculture & Forestry/Poljoprivreda i Sumarstvo*, 68(3). <http://www.agricultforest.ac.me/data/20220929-07%20Hryhoriv%20et%20al.pdf>
- López-Torres, M. U., Paniagua-Cienfuegos, M. R., Rivas-Flores, A. W., & Hernández-Martínez, M. Á. (2021). Monitoreo de mosca pinta (Hemiptera: Cercopidae: Aeneolamia sp.) en cultivo de la caña de azúcar mediante sensores remotos y su posible aplicabilidad para el manejo fitosanitario. *Revista Minerva*, 4(3), 53-69. <https://camjol.info/index.php/revminerva/article/view/12949/15018>
- Milanés, V., Naranjo, J. E., González, C., Alonso, J., García, R., & de Pedro, T. (2008). Sistema de posicionamiento para vehículos autónomos. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI*, 5(4), 36-41. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1697791208701754/pdf?md5=c6cc20ba6f3e60e6f48ef1f70191f464&pid=1-s2.0-S1697791208701754-main.pdf&_valck=1
- Rangel, S. C. (2018). Análise e classificação de fatores humanos, operacionais e materiais aplicado na investigação de acidente em operações com drones no uso civil e comercial. *Brazilian Journal of Technology*, 1(1), 2-14. <https://www.brazilianjournals.com/ojs/index.php/BJT/article/download/331/653>
- Rodríguez Valentín, A. S. (2017). Sistema de transmisión de datos entre dispositivos en movimiento para el seguimiento de un vehículo

https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/77437/2/TFM_AythamiSalvadorRodriguezValentin_Memoria.pdf

- Salas Araya, M. G., Ureña Naranjo, B. M., & Villalta Chacón, M. A. (2017). Diseño y construcción de una pico turbina hidroeléctrica tipo Pelton, para potencias de hasta 1000 watts. <http://repo.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/5566/1/42347.pdf>
- Štroner, M., Urban, R., & Linková, L. (2021). A New Method for UAV Lidar Precision Testing Used for the Evaluation of an Affordable DJI ZENMUSE L1 Scanner. *Remote Sensing*, 13(23), 4811. <https://www.mdpi.com/2072-4292/13/23/4811/pdf>
- Tello, A. P. (2018). Drones. *Relaciones internacionales*, 27(55), 245-268. <http://www.scielo.org.ar/pdf/relin/v27n55/v27n55a15.pdf>
- Vargas-Ramírez, N., & Paneque-Gálvez, J. (2020). Desafíos normativos para el uso comunitario de drones en México. *Investigaciones geográficas*(102). http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-46112020000200103&script=sci_arttext
- Zabala, G., Teragni, M., Blanco, S., & Morán, R. (2016). Control programático de Drone DJI Phantom 3. XVIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2016, Entre Ríos, Argentina),