

Construcción e integración de un prototipo de dron de bajo costo para entrenamiento básico en la Escuela Técnica de la Fuerza Aérea — ETFA

Chuqui Villacis, Angelo Israel y Demera Lucas, Jesus Javier

Departamento de Seguridad y Defensa

Carrera de Tecnología Superior Universitaria en Ciencias Militares Aeronáuticas

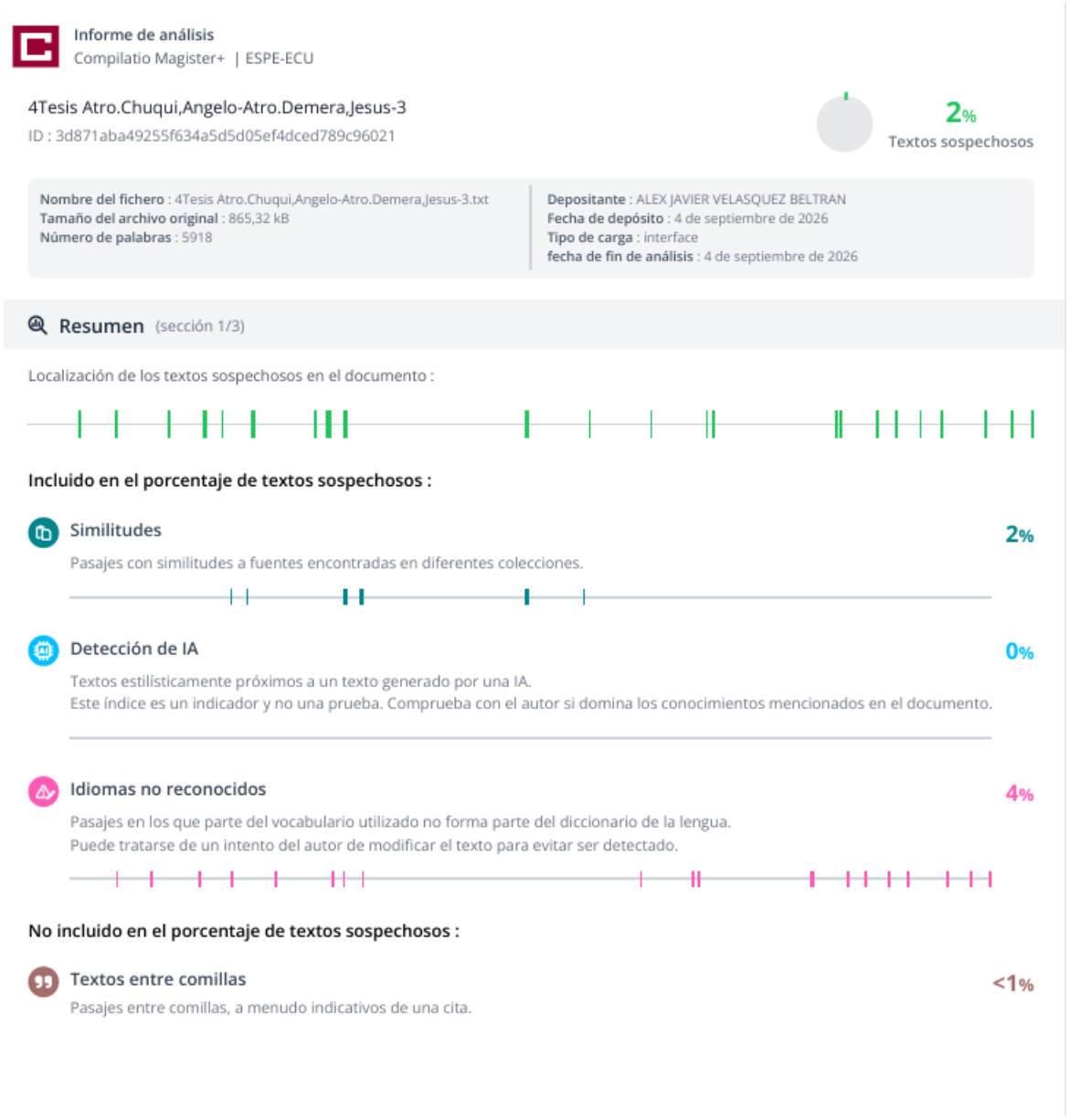
Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior Universitario en Ciencias Militares Aeronáuticas

Capt. Téc. Avc. Valdez Taco, Daniel Amador

04 de septiembre de 2026

Latacunga

Reporte de verificación de contenidos



Informe de análisis
Compilatio Magister+ | ESPE-ECU

4Tesis Atro.Chuqui,Angelo-Atro.Demera,Jesus-3
ID : 3d871aba49255f634a5d5d05ef4dced789c96021

2%
Textos sospechosos

Nombre del fichero : 4Tesis Atro.Chuqui,Angelo-Atro.Demera,Jesus-3.txt
Tamaño del archivo original : 865,32 kB
Número de palabras : 5918

Depositante : ALEX JAVIER VELASQUEZ BELTRAN
Fecha de depósito : 4 de septiembre de 2026
Tipo de carga : interface
fecha de fin de análisis : 4 de septiembre de 2026

Resumen (sección 1/3)

Localización de los textos sospechosos en el documento :

Incluido en el porcentaje de textos sospechosos :

Similitudes 2%
Pasajes con similitudes a fuentes encontradas en diferentes colecciones.

Detección de IA 0%
Textos estilísticamente próximos a un texto generado por una IA.
Este índice es un indicador y no una prueba. Comprueba con el autor si domina los conocimientos mencionados en el documento.

Idiomas no reconocidos 4%
Pasajes en los que parte del vocabulario utilizado no forma parte del diccionario de la lengua.
Puede tratarse de un intento del autor de modificar el texto para evitar ser detectado.

No incluido en el porcentaje de textos sospechosos :

Textos entre comillas <1%
Pasajes entre comillas, a menudo indicativos de una cita.

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
DANIEL AMADOR VALDEZ TACO

Capt. Téc. Avc. Valdez Taco, Daniel Amador

Director

C.C.: 1718476151

Departamento de Seguridad y Defensa

Carrera de Tecnología Superior Universitaria en Ciencias Militares Aeronáuticas

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **"Construir e integrar un prototipo de dron de bajo costo para entrenamiento básico en la Escuela Técnica de la Fuerza Aérea — ETFA."** fue realizado por los señores **Chuqui Villacis, Angelo Israel y Demera Lucas, Jesus Javier,** el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Además, fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 04 de septiembre del 2026.

.

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
DANIEL AMADOR VALDEZ TACO

Capt. Téc. Avc. Valdez Taco, Daniel Amador

Director

C.C.: 1718476151

Departamento de Seguridad y Defensa

Carrera de Tecnología Superior Universitaria en Ciencias Militares Aeronáuticas

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Chuqui Villacis, Angelo Israel,** con cédula de ciudadanía **N° 0504179417,** y **Demera Lucas, Jesus Javier,** con cédula de ciudadanía **N° 1752256527**, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular**: Construir e integrar un prototipo de dron de bajo costo para entrenamiento básico en la Escuela Técnica de la Fuerza Aérea — ETFA,** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 04 de septiembre del 2026

ANGELO ISRAEL CHUQUI VILLACIS

Chuqui Villacis Angelo Israel

C.C.: 0504179417

JESUS JAVIER DEMERA LUCAS

Demera Lucas Jesus Javier

C.C.: 1752256527

Departamento de Seguridad y Defensa

Carrera de Tecnología Superior Universitaria en Ciencias Militares Aeronáuticas

Autorización de Publicación

Nosotros **Chuqui Villacis, Angelo Israel**, con cédula de ciudadanía **N° 0504179417**, y **Demera Lucas Jesus Javier**, con cédula de ciudadanía **N° 1752256527** autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: "**Construir e integrar un prototipo de dron de bajo costo para entrenamiento básico en la Escuela Técnica de la Fuerza Aérea — ETFA"**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 04 de septiembre del 2026

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
ANGELO ISRAEL
CHUQUI VILLACIS

Chuqui Villacis Angelo Israel

C.C.: 0504179417

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
JESUS JAVIER DEMERA
LUCAS

Demera Lucas Jesus Javier

C.C.: 1752256527

Dedicatoria

Dedico este trabajo de tesis en primer lugar, a Dios, por concederme la fortaleza, sabiduría y perseverancia para afrontar cada desafío y permitirme culminar una etapa que representa mucho más que un logro académico: representa el resultado de años de esfuerzo, disciplina y sacrificio.

A mis padres, por ser el pilar fundamental de mi vida, por sus sacrificios silenciosos, sus consejos y su apoyo incondicional. Cada palabra de aliento y cada esfuerzo realizado por ustedes fueron parte esencial de este camino. Este logro también les pertenece, porque detrás de cada meta alcanzada existe una familia que creyó, acompañó y nunca dejó de confiar.

A mis instructores y superiores de la Escuela Técnica de la Fuerza Aérea, quienes con su guía, exigencia y compromiso han contribuido a mi formación integral como estudiante y futuro profesional al servicio de la nación.

A mis compañeros, por el compañerismo, la lealtad y el apoyo brindado durante este proceso académico y militar.

Finalmente, dedico este trabajo a mi vocación de servicio y amor por la patria, con el firme compromiso de aplicar los conocimientos adquiridos en beneficio de la Fuerza Aérea y del Ecuador.

Chuqui Villacis, Angelo Israel

Dedicatoria

Dedico este logro a mi gran ejemplo a seguir, mi madre Demera Lucas Susanita Auxiliadora que, sin su cuidado, sacrificio, ayuda incondicional, valores enseñados y por brindarme siempre la confianza necesario, por cada consejo y palabra de aliento que me ayudaron para llegar aquí donde han resultado en la realización de este trabajo de titulación representa la dedicación académica, el esfuerzo y tiempo invertido, el mismo que representa la culminación de un sueño.

A mis compañeros que, con un sueño en mente, han vivido adversidades, jóvenes que aspira a no quedarse atrás, a ser los mejores, a nunca rendirse y sobre todo jóvenes que se han vuelto parte esencial en mi carrera, mis compañeros y amigos que me han enseñado la colaboración, el trabajo en equipo y que la solidaridad si existe.

A esas personas esenciales en mi trayecto de vida un gran agradecimiento sin su ayuda este reto alcanzado no será posible, este momento que representa la culminación de mi este esfuerzo académico de noches largas y de desvelo, a todos quienes me motivaron a nunca rendirme y creer en lo que puedo hacer.

Demera Lucas, Jesus Javier

Agradecimiento

Agradecemos a Dios por guiarnos en cada etapa de este proceso, brindándonos la fortaleza, la sabiduría y la determinación necesarias para culminar con éxito este proyecto de investigación.

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a nuestros padres, quienes han sido nuestra principal fuente de apoyo, motivación y ejemplo de perseverancia a lo largo de nuestra formación académica y militar.

Nuestra gratitud a la Escuela Técnica de la Fuerza Aérea, por proporcionarnos la formación, los conocimientos y los valores que han sido fundamentales en el desarrollo de este trabajo de tesis y en nuestro crecimiento como futuros profesionales.

A nuestros instructores y tutores, por su orientación, paciencia y exigencia académica, que contribuyeron significativamente al desarrollo y culminación de este proyecto.

A nuestros compañeros, por el apoyo mutuo, el espíritu de equipo y la camaradería demostrada durante este proceso.

Finalmente, agradecemos a todas aquellas personas que, de una u otra manera, contribuyeron en la realización de este trabajo, permitiéndonos alcanzar este importante logro en nuestra vida profesional.

Chuqui Villacis, Angelo Israel

Demera Lucas, Jesus Javier

Índice de contenido

Carátula 1

Reporte de verificación de contenidos 2

Certificación 3

Responsabilidad de Autoría 4

Autorización de Publicación 5

Dedicatoria.....6

Dedicatoria 7

Agradecimiento.....8

Índice de contenido.....9

Índice de tablas.....11

Índice de figuras.....12

Resumen 13

Abstract.....14

Capítulo I 15

Introducción 15

Planteamiento del problema.....15

Formulación del problema o pregunta de investigación.....16

Objetivo general.....17

Objetivos específicos 17

Justificación 17

Capítulo II 20

Estado del arte.....20

Marco teórico 21

Marco conceptual.....34

Capítulo III 35

Metodología 35
Enfoque de Investigación 35
Tipo y Diseño de Investigación 36
Población y Muestra 37
Técnica e Instrumento de Recolección de Datos 37
Validación y confiabilidad del instrumento 38
Consideraciones Éticas 39
Capítulo IV 40
Análisis y discusión de los resultados 40
Discusión de resultados 42
Capítulo V 56
Conclusiones y recomendaciones 56
Conclusiones 56
Recomendaciones 58
Referencias 59

Índice de tablas

Tabla 1 Componentes electrónicos de un dron.....29

Tabla 2 Resultados esperados en banco de pruebas y chequeo.....41

Tabla 3 Lista de componentes para la construcción del dron.....45

Índice de figuras

Figura 1 Ventajas del dron 24

Figura 2 Partes del dron 26

Figura 3 Componentes del dron 27

Figura 4 Motores brushless DJI 28

Figura 5 Motor brushless DJI 6010 28

Figura 6 Movimientos de la hélices 33

Figura 7 Motor utilizado en el dron 48

Figura 8 Preensamble del dron 49

Figura 9 Verificación de la placa 50

Figura 10 Proceso de soldadura 51

Figura 11 Proceso de soldadura de piezas 52

Figura 12 Componentes del dron 53

Figura 13 Comprobación de circuitos eléctricos 54

Figura 14 Realización de pruebas de vuelo 55

Resumen

El presente estudio aborda como objetivo general construir e integrar el prototipo del dron utilizando materiales disponibles de bajo costo, procesos de fabricación accesibles y componentes comerciales, para disponer de una plataforma básica de entrenamiento. Metodológicamente el estudio se enmarca dentro del enfoque cuantitativo de tipo de investigación se orienta hacia un estudio explicativo y aplicado de innovación técnica. En cuanto al diseño de investigación, se enmarca dentro del estudio experimental, de tipo cuasiexperimental o de desarrollo tecnológico. Para la selección de la muestra se aplicó un muestreo intencional, no probabilística causal, representado por un (01) prototipo de dron FPV de bajo costo construido sobre el chasis Realaac Beta 210, en el que se integran con 4 motores RacerStar 2306 2300 KV, 4 hélices Gemfan 5049, 1 ESC 4 en 1 SpeedyBee mini 35A, 1 FC SpeedyBee mini F405 V2 y 1 Batería LiPo 1550 mAh 4S. Los resultados demotraron que la selección e integración de los materiales y los componentes para la construcción del prototipo permitieron demostrar una correspondencia directa entre los criterios de diseño teóricos y el rendimiento práctico que se obtuvo en las pruebas de banco Se concluye que se logró seleccionar rigurosamente y de manera fundamentada una matriz de componentes comerciales que son de bajo costo y alta disponibilidad, destacando entre ellos el chasis Realaac Beta 210 de fibra de carbono 3K, motores brushless Racerstar RS2205 de 2300 KV, hélices Gemfan 5049, la batería LiPo Tattu FunFly 4S de 1550 mAh y el controlador de vuelo SpeedyBee Mini F405 V2 con ESC 4 en 1 de 35A

Palabras clave: Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT), Entrenamiento militar, Dron FPV, Estructura liviana.

Abstract

This study addresses as its general objective to build and integrate a drone prototype using available low-cost materials, accessible manufacturing processes, and commercial components, in order to have a basic training platform. Methodologically, the study is framed within the quantitative approach; the type of research is oriented toward an explanatory and applied technical innovation study. Regarding the research design, it is framed within an experimental, quasi-experimental, or technological development study. For the sample selection, an intentional, non-probabilistic, causal sampling was applied, represented by one (01) low-cost FPV drone prototype built on the Realaac Beta 210 frame, integrating 4 RacerStar 2306 2300 KV motors, 4 Gemfan 5049 propellers, 1 SpeedyBee mini 35A 4-in-1 ESC, 1 SpeedyBee mini F405 V2 FC, and 1 1550 mAh 4S LiPo battery. The results showed that the selection and integration of materials and components for the construction of the prototype allowed demonstrating a direct correspondence between the theoretical design criteria and the practical performance obtained in the bench tests. It is concluded that a matrix of commercial components of low cost and high availability was rigorously and soundly selected, highlighting the 3K carbon fiber Realaac Beta 210 frame, Racerstar RS2205 2300 KV brushless motors, Gemfan 5049 propellers, Tattu FunFly 4S 1550 mAh LiPo battery, and SpeedyBee Mini F405 V2 flight controller with a 35A 4-in-1 ESC.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Military training, FPV drone, Lightweight structure.

Capitulo I

Introducción

Planteamiento del problema

En el ámbito internacional, la incorporación de tecnologías disruptivas y de tecnologías digitales emergentes, como los denominados vehículos aéreos no tripulados o drones, ha modificado radicalmente las doctrinas operativas, la vigilancia estratégica y los esquemas para la defensa militar en la actualidad. Según lo señalado por Nasciento (2019), el empleo táctico de las aeronaves no tripuladas en ambientes de operaciones modernas ha logrado redefinir los requerimientos para la capacitación de las Fuerzas Armadas, demandando que el personal se encuentre altamente capacitado desde las primeras etapas de instrucción técnica.

Sin embargo, los costos elevados de los equipos comerciales o a nivel militar, así como las limitaciones de la importación y el riesgo latente de daños en unidades de altos costos en las prácticas iniciales, pueden convertirse en un cuello de botella pedagógico para muchas instituciones de formación militar (Rodríguez Y Tavares, 2021).

Frente a esta situación, se han impulsado internacionalmente acciones para emplear tecnologías de bajo costo y de código abierto con el respaldo de técnicas de prototipado rápido, como las impresiones en 3D, permitiendo el desarrollo de plataformas educativas que sean accesibles sin tener que comprometer la efectividad del entrenamiento técnico.

En el ámbito nacional, en cuanto a la formación aeronáutica, existe la necesidad de dejar a un lado la enseñanza exclusivamente teórica hacia un modelo práctico e integrador. Las escuelas y academias técnicas están enfrentando el desafío que busca optimizar sus presupuestos operativos y que al mismo tiempo puedan satisfacer la demanda de las destrezas en mecánica de precisión, control de vuelo y electrónica aplicada.

Al respecto, Aleo (2021) señala que la incorporación de prototipos didácticos fabricados de manera local, a través de componentes comerciales estandarizados, no solo disminuye de forma sustancial los costos de adquisición y mantenimiento, sino que también puede fomentar la soberanía tecnológica, permitiendo que los estudiantes interactúen de forma directa con el diseño estructural, la distribución de los pesos del sistema y la electrónica.

Particularmente, en la Escuela Técnica de la Fuerza Aérea, la instrucción práctica en el área de la tecnología VANT presenta serias limitaciones relacionadas, principalmente, con la disponibilidad de equipos adecuados para el desarrollo en las fases de iniciación y entrenamiento básico.

Es así como el empleo de aeronaves comerciales estandarizadas para un aprendizaje inicial conlleva un alto riesgo de obsolescencia o de pérdida total frente a colisiones o fallas operativas dentro del proceso de enseñanza de los alumnos, lo que genera una división notable entre la teoría que se imparte en las aulas de clase y la experiencia real del ensamblaje, la integración técnica y la verificación operativa del dron.

Por ello, se requiere contar con una plataforma que permita a los estudiantes aplicar conceptos de diseño de materiales, resistencia, compatibilidad a nivel electrónico, distribución de centros de gravedad y seguridad durante el montaje de las piezas. Por ello, se plantea la necesidad de construir e integrar el prototipo del dron utilizando materiales disponibles de bajo costo, procesos de fabricación accesibles y componentes comerciales, para disponer de una plataforma básica de entrenamiento.

Formulación del problema o pregunta de investigación

¿Cómo construir e integrar el prototipo del dron utilizando materiales disponibles de bajo costo, procesos de fabricación accesibles y componentes comerciales?

Objetivos

Objetivo general

Construir e integrar el prototipo del dron utilizando materiales disponibles de bajo costo, procesos de fabricación accesibles y componentes comerciales, para disponer de una plataforma básica de entrenamiento.

Objetivos específicos

- Seleccionar materiales, elementos estructurales y componentes principales del dron, considerando bajo costo, disponibilidad, peso, resistencia y compatibilidad técnica.
- Fabricar y ensamblar la estructura del dron, integrando motores, hélices, batería, controlador de vuelo y elementos de fijación, verificando alineación, distribución de peso y seguridad del montaje.

Justificación

A nivel teórico, el estudio permitirá aportar conocimientos sobre la integración de tecnologías digitales emergentes, así como sistemas embebidos que pueden ser aplicados a la educación militar. De esta forma, el proyecto podrá contrastarse y verificar en la práctica los principios teóricos establecidos en la mecánica aeronáutica.

Con la conceptualización de un prototipo funcional realizado con materiales de bajo costo y con componentes comerciales que se encuentren estandarizados, se podrá generar un antecedente documental que permita analizar el comportamiento estructural, térmico y de distribución de pesos en las plataformas no tripuladas, generando una fundamentación conceptual para otras instituciones académicas en el ámbito de la Fuerza Aérea y fortaleciendo la transición del aprendizaje conceptual hacia la transformación pedagógica basada en el aprender haciendo.

Metodológicamente, el estudio genera una ruta estructurada, sistemática, procedimental y replicable para el diseño, selección, integración y verificación operativa de este tipo de aeronaves no tripuladas de bajo costo. El estudio aporta criterios técnicos que pueden cuantificarse para poder seleccionar los elementos estructurales y mecánicos, tomando en cuenta las variables relacionadas con el peso, empuje, resistencia y compatibilidad técnica. Esta secuencia de pasos representa una guía metodológica práctica para que docentes, investigadores e instructores de la institución puedan replicar el desarrollo de los drones sin tener que recurrir a procesos de improvisación o empíricos.

A nivel práctico y operacional, el estudio responde directamente a satisfacer los requerimientos técnicos e institucionales de la institución, disponiendo de una plataforma básica para el entrenamiento de bajo costo que permite optimizar el manejo de los recursos económicos del Estado y que logra disminuir los riesgos relacionados con la instrucción inicial.

El uso de forma directa de aeronaves comerciales o militares de alto costo en las etapas iniciales puede convertirse en un riesgo financiero elevado, debido a que existen posibilidades de colisiones o fallos operativos relacionados con el proceso de aprendizaje de los alumnos. Por ello, el desarrollo de un prototipo podrá permitir a los estudiantes que realicen sus prácticas de manera real en cuanto a alineación, ensamblaje, balanceo de centro de gravedad y mantenimiento correctivo a un costo menor, garantizando de esta forma que se disponga continuamente de material didáctico y fortaleciendo de esta manera la innovación y la autonomía tecnológica en la institución.

De esta forma, el desarrollo de este proyecto de investigación no solo permite validar de forma rigurosa y empírica la viabilidad técnica de una plataforma que promueva el entrenamiento de bajo costo a través del ensamblaje y balanceo de sus componentes críticos, sino que puede representar un pilar estratégico para el fortalecimiento de la autonomía tecnológica de la institución. Con la consolidación de una guía metodológica que pueda ser

replicable y segura, el prototipo desarrollado logrará reducir el impacto económico proveniente del desgaste o siniestro de aeronaves de este tipo durante la instrucción inicial, logrando que pueda dotarse al personal aerotécnico en formación de herramientas didácticas efectivas, accesibles y sostenibles que facilite la promoción de un aprendizaje práctico y significativo, así como gestionar eficientemente los recursos del estado de manera continuo de acuerdo con las competencias técnico-aeronáuticas en el contexto de la Fuerza Aérea.

Capítulo II

Estado del arte

A nivel internacional, se destaca el estudio de Frasquet, (2020) titulado “Diseño y restyling de un prototipo ultraligero de dron de chasis plano para ser fabricado con material compuesto”, el objetivo de este proyecto consistió en diseñar y remodelar el chasis de un dron de material compuesto, con fibra de carbono. Para ello se tomó el formato original del chasis del dron, mejorando su nivel de geometría. Como resultados más relevantes, se generaron cambios en las propiedades físicas, las cuales fueron estudiadas a través de la herramienta “SolidWorks”, logrando determinar la presencia de ventajas o desventajas en relación al funcionamiento del dron. Asimismo, se desarrolló una selección de componentes logrando comprobar que estos dispositivos cumplen con la función de que el dron alce el vuelo.

Por su parte, Mustafovski et al. (Mustafovski et al., 2026) la investigación presenta un análisis de los sistemas modernos de drones en el ámbito militar, enfocándose en su arquitectura, operatividad, marco de aplicación y comunicación estratégica en el entorno actual de seguridad y defensa. Se examina cómo han evolucionado los sistemas aéreos no tripulados, partiendo de las plataformas operativas a distancia hasta los sistemas de inteligencia semiautomáticos que permiten realizar misiones de reconocimiento, logística, vigilancia, comunicación, detección de objetivos y operaciones coordinadas. Se resalta la atención hacia la inteligencia artificial, los protocolos de comunicación, la coordinación, la resiliencia ante la guerra electrónica, las redes de comunicación 5G y las futuras redes de 6G. De esta forma, se combinan fundamentos teóricos con perspectivas operativas prácticas, ofreciendo una nueva visión sobre la perspectiva a futuro de los sistemas de drones en las próximas generaciones y su rol dentro de las Fuerzas Armadas.

A nivel nacional, se destaca el estudio de Balladares et al, (2024) en su estudio “Avances en tecnologías de drones militares”, resalta que en los últimos años la tecnología de

los drones militares ha presenciado un avance acelerado debido a la necesidad de mejorar la eficiencia y la precisión dentro de las operaciones de defensa y seguridad en este sentido el presente estudio se detalla los avances más recientes en el ámbito tecnológico que permiten mejorar el desempeño de los drones dentro de la ejecución de las tareas militares en el que se aborde la intervención de sistemas de Inteligencia artificial capacidad Autónoma mejora en los sensores para los drones dentro de misiones tácticas y estratégicas. Los avances en la tecnología han logrado impulsar el incremento en la capacidad operativa y en la disminución de riesgos para el personal militar debido a la implementación de tecnologías de drones con precisión y autonomía. Los avances de esta área no solo redefinen el panorama en la actividad militar sino que plantea nuevos restos relacionados con La regulación ética y las normas para el control de armas autónomas lo que se considera la necesidad de implementar un marco normativo internacional Sólido y actualizado.

Marco teórico

Definición del dron

Un dron, traducido del inglés “drone”, o también denominado como UAV (por sus siglas en inglés: Unmanned Aerial Vehicle, que en español se refiere a Vehículo Aéreo no Tripulado) es un vehículo aeronáutico, el cual tiene como principal característica que no posee tripulación, se maneja con un piloto, pero a control remoto, y es impulsado a propulsión debido a sus motores(Frasquet, 2020).

El dron también se considera una adaptación al español del sustantivo dron en inglés que literalmente corresponde a abeja macho o sangre en el que se le designa en la aeronáutica para poder denominar a los vehículos aéreos no tripulados que comúnmente se utilizan en el ámbito militar sin embargo este término aún no se encuentra en la Real Academia de la lengua por ello no existe como tal, sin embargo, se han dado nombres a algunos modelos de drones, para poder diferenciarlos:

UAV (Unmanned Aireal Vehicle) o vehículo aéreo no tripulado.

USA (Unmanned Aireal System) o sistema aéreo no tripulado es decir un avión dentro del sistema de control.

UCAV (Unmaned Combat Aireal Vehicle) vehículo aéreo no tripulado de combate, que se refiere a los aparatos que tienen la capacidad de cortar armamentos para atacar a los objetivos.

RPA (RemotelyPiloted Aircraff) aviones controlados de manera remota. Este concepto nace en la fuerza de Estados Unidos evitando que las personas teman por el uso de estos ingenios en entornos urbanos considerando que no hay ninguna persona que evite un desastre en el caso de alguna avería en el vuelo.

RPAS (Remotely Piloted Aircraft System): Sistema aéreo tripulado de manera remota, cuando se incluye un aparato y el sistema de control. Este término generalmente se refiere a los aparatos de uso civil. Los términos UAS y RPAS no varían al mencionarse en singular y en plural, no se colocan eses minúsculas al final ni los apóstrofes.

Drone y UAV / UAS generalmente, se usa este tipo de denominaciones para los aparatos militares y los RPA/RPAS para los civiles. Todos los RPA son UAV, debido a que son vehículos aéreos no tripulados, pero no todos los UAV son RPA, debido a que deben estar controlados por una persona. En cualquier caso, la propia Organización de Aviación Civil Internacional (ICAO, por sus siglas en inglés) los denomina como: UA (Unmanned Aircraft): Avión no tripulado, y de manera popular se denomina UAV (Aerocámaras., 2025)

El dron y el proceso de vuelo

El principio físico que permite que los drones funcionen es precisamente el mismo que emplea un helicóptero, con la diferencia de que el dron no posee una hélice vertical, sino varias de forma horizontal. De esta forma, así como un helicóptero mantiene el control de vuelo a través de la compensación de las fuerzas rotativas mediante una hélice transversal vertical, el dron tiene

un número par de motores que giran los rotores y coinciden en el mismo sentido en pares; y cuando son números impares en los rotores, requieren incorporar basculantes para poder proporcionar la estabilidad. Asimismo, el dron no posee tripulación, sino que se maneja a control remoto y, en algunos casos, se fija un rumbo de forma automática debido a la incorporación del GPS(Frasquet, 2020).

El vuelo de un dron se fundamenta en los principios de aerodinámico simple cuando las hélices giran crean una diferencia en la presión que permite generar sustentación muy similar a lo que producen las alas de un avión, pero en sentido vertical es así como el controlador ajusta su velocidad en cada uno de los motores para poder realizar movimientos(Santiago, 2023).

En cuanto al movimiento de ascenso y descenso aumenta y reduce la velocidad de todos los motores a la misma vez.

Para la inclinación o Pitch roll varía la velocidad de los motores Opuestos para poder inclinarse hacia atrás hacia adelante o hacia los lados generando movimiento horizontal.

Giro o yaw se produce al aumentar la velocidad de los motores que giran en un sentido y disminuyendo la de los Sentidos Opuestos logrando que el dron pueda rotar sobre su propio eje.

La estabilidad del dron se logra debido a los sensores ya que el giroscopio detecta los cambios de orientación y el controlador va corrigiendo automáticamente los motores para poder mantener la posición salvo en los casos que el piloto intervenga(Planeta Drones, 2026)

Proceso de funcionamiento paso a paso

Calibración: En algunos modelos requiere calibrar los sensores, como la brújula o el giroscopio, para garantizar un vuelo adecuado siguiendo las instrucciones establecidas en un manual.

Encendido: Se conecta la batería y se encienden el dron y el mando de control, que generalmente se emparejan de forma automática a través de un proceso simple.

Despegue: El piloto emplea el mando para incrementar el empuje, logrando que el dron se eleve, y el controlador mantiene la misma estabilidad inicial.

Vuelo: A través de los sticks del mando se logra controlar la dirección, altitud y rotación. El GPS permite funciones como mantener la posición fija o seguir las rutas que han sido programadas.

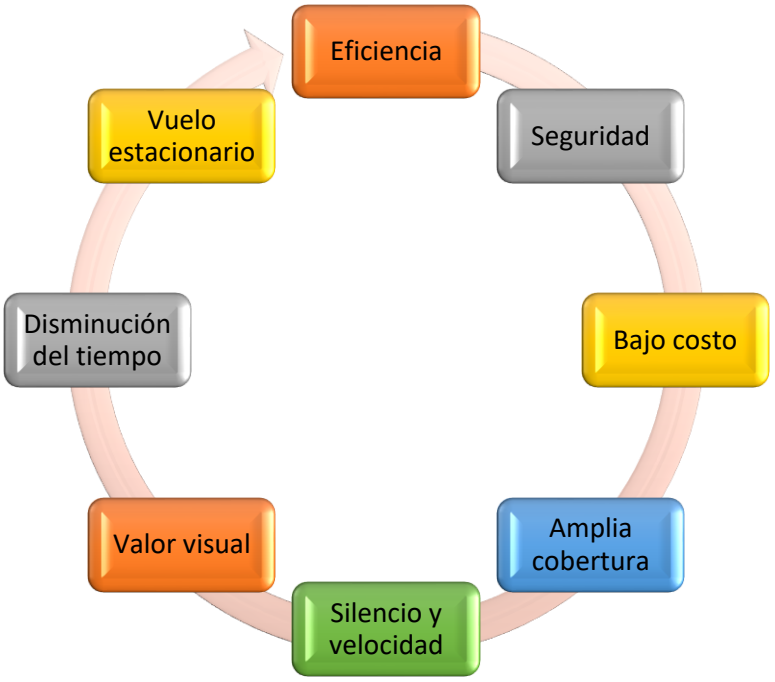
Aterrizaje: Se va disminuyendo de manera gradual el empuje hasta que el dron pueda tocar el suelo, o se utilizan funciones automáticas de aterrizaje si lo permite el modelo.

Apagado: Se desconectan las baterías luego de asegurarse de que los motores se hayan detenido (Planeta Drones, 2026).

Ventajas del dron

Figura 1

Ventajas del dron



- Eficiencia: Durante el levamiento topográfico, a través del dron, se logra determinar toda la información de los puntos que permiten que se realice plano detallado del levantamiento topográfico que puede realizar un dron, logrando capturar miles de puntos, así como captar cualquier información de color mediante fotografías.
- Seguridad: Permite la disminución de cualquier tipo de riesgo hacia el personal, especialmente cuando el terreno tiene características que pueden generar algún tipo de riesgo o incertidumbre de que existan tóxicos o contaminantes; por ello, no es necesario que el topógrafo acuda personalmente o con los instrumentos a este tipo de zonas que se consideran riesgosas, por ejemplo, en una zona elevada con una pendiente muy inclinada con posibilidad de resbalar o caer.
- Bajo costo: Este tipo de dispositivos es muy económico en comparación con los equipos topográficos comunes; son muy accesibles al momento de cambiar alguna pieza.
- Cobertura amplia: Algunos puntos no son accesibles para las personas, por ejemplo, en el extremo de una montaña o una zona que se encuentra rodeada por vegetación, pero sí puede ser accesible para un dron y, de esta forma, se recopila cualquier tipo de datos que permita cubrir en su totalidad la zona, facilitando la elección o desestimación de los datos si es necesario.
- Silencio y velocidad: Este tipo de dispositivos es muy veloz cuando realizan vuelos planificados; también son silenciosos, lo que los convierte en una herramienta fundamental para operaciones militares.
- Valor visual: Contiene un documento gráfico que permite la verificación de los detalles y las diferencias de los cambios que ha sufrido un terreno, logrando actualizar la base de datos.

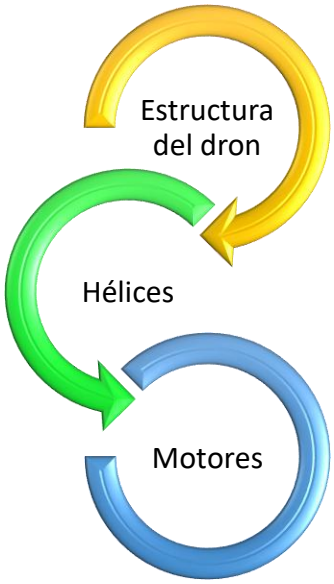
- Reducción del tiempo: Mediante este tipo de dispositivos se disminuye el tiempo de procesamiento de los vuelos fotogramétricos, logrando realizar este tipo de trabajos en menos tiempo.
- Vuelo estacionario: Su principal ventaja es que puede realizar vuelos a una altura muy baja, logrando mantenerse estático para poder capturar videos o fotografías de alta resolución y calidad.(Pérez, 2016)

Componentes principales

El dron está constituido por tres partes:

Figura 2

Partes del dron



Estructura del dron: Es la zona donde se montan y se apoyan el resto de los componentes, llamada también cuerpo o fuselaje. Su función principal es lograr disminuir al máximo las vibraciones que producen los motores cuando giran las hélices. El material de mejor calidad para

la estructura del dron es la fibra de carbono combinada con otro tipo de materiales, como el aluminio y partes plásticas.

Hélices de los drones: Hay una cantidad determinada de hélices que permitirán dar estabilidad al cuadricóptero en el aire; cada una de las hélices se impulsa por un motor que se ubica en los extremos de los brazos del fuselaje.

Motores del dron: Estos se conectan a las hélices y se ubican justo debajo de estas, en el exterior de la estructura (Aerocámaras., 2025).

Figura 3

Componentes del dron



Nota. Tomada de (Aerocámaras., 2025)

Figura 4

Motores brushless DJI



Nota. Tomada de *(Aerocámaras., 2025)*

Figura 5

Motor brushless DJI 6010



Nota. Tomada de (Aerocámaras., 2025)

Componentes eléctricos de un dron

Existen varios componentes eléctricos que permiten el funcionamiento del dron:

Tabla 1

Componentes electrónicos de un dron

Control electrónico de velocidad	Permite controlar la velocidad y la dirección que es recibida por la placa controladora; es el componente esencial para el vuelo.	
Variador F450	Variador PH4	Variador matrices 600
		
Baterías del dron	Permiten alimentar los componentes eléctricos que posee el dron	

Batería Phantom	Batería Inspire 2	Batería Matrice 600
		

Batería Mavic

Control remoto de drones	Este dispositivo permite controlar el dron, permitiendo manejarlo desde el lugar donde esté el control remoto. Existen softwares para smartphone y tablet que se requieren para su funcionamiento

Emisora Inspire 2



Emisora Inspire 2



Emisora Estándar Configurable



Placa controladora de drones	La función de esta placa es lograr que el dron estabilice el vuelo al transmitir información al control electrónico de velocidad, logrando gestionar y permitir la combinación de lectura de datos del GPS, la brújula y otros periféricos.







Nota. Tomado de (Aerocámaras., 2025)

Mecánica de un drone de cuatro rotores

Para que el dron funcione correctamente, utiliza hélices, dos giran en un sentido y dos en el otro sentido, que trabajan al mismo momento para poder elevarlo en el aire. Si se cambia el empuje que ejerce cada hélice se consigue una completa estabilidad del Drone

los Drones tiene cuatro tipos de movimiento:

Guiñada: Gira hacia la derecha o hacía izquierda partiendo del eje vertical.

Inclinación: Gira hacia la derecha o izquierda desde el eje longitudinal.

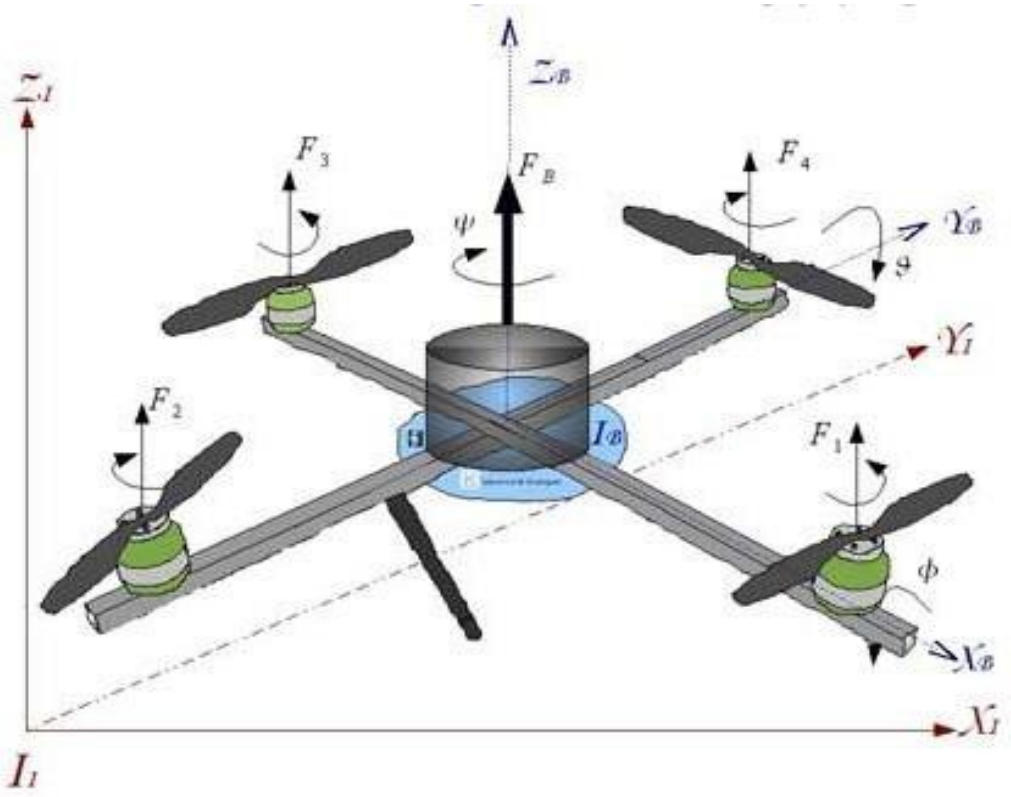
Cabeceo: Se genera cuando rota hacia delante o hacia atrás en relación al eje transversal.

Altitud: Se produce con una elevación vertical.

Todos estos tipos de movimientos son controlados por la variación o el ajuste en la propulsión que se genera en cada hélice

Figura 6

Movimientos de las hélices



Nota. Tomada de *(Aerocámaras., 2025)*

Para poder inclinar el dron hacia adelante, se debe aumentar la potencia de propulsión de la hélice y disminuir la hélice opuesta. Esto se debe realizar de forma simultánea, generando

que la fuerza del vector pueda dividirse en dos componentes: el horizontal y el vertical. De esta forma se obtendrán dos consecuencias:

- Que el dron empiece a volar en sentido contrario al horizontal.
- Que el componente vertical sea menor, generado por la reducción de la fuerza del vector, generando un descenso vertical del dron; y para evitarlo, es necesario aumentar la propulsión de las cuatro hélices.

Marco conceptual

Vehículo aéreo no tripulado (UAV)

Es una aeronave que se pilotea a distancia o de vuelo autónomo, que opera sin tripulación a bordo y se diseña para cumplir misiones entre entrenamiento, transporte o supervisión a través del uso de sistemas de control o enlace de radiofrecuencia.

Visión en primera persona

Es un sistema de transmisión de video analógico o digital en tiempo real que se realiza desde una cámara a bordo del UAV, dirigido hacia gafas o monitor remoto, permitiéndole al piloto lograr controlar la aeronave desde el vehículo con una latencia baja.

Controlador de vuelo

Unidad central de procesamiento y el que contiene sensores inerciales que logra interpretar las órdenes del piloto y los datos para poder regular de forma automática la orientación, actitud y la velocidad del motor.

Control electrónico de velocidad

Módulo electrónico que se encarga de regular la velocidad de rotación de los motores a través de la transformación de la corriente continua de las baterías en la fase hacia corriente alterna, de acuerdo a las señales que emite el FC.

CAPÍTULO III

Metodología

Enfoque de Investigación

La presente investigación se enmarca dentro del enfoque cuantitativo, que, según Arias (2012), este tipo de investigación examina fenómenos a través de la recolección y análisis de datos que se expresan de manera numérica para garantizar la precisión, objetividad y la posibilidad de que se replique la información. De esta forma, el estudio pretende realizar una evaluación de los componentes y la estructura del dron a través de la recolección, registro y análisis de las variables físicas, mecánicas y eléctricas, tales como:

- Relación peso-empuje (Thrust-to-Weight Ratio): Medición de la fuerza (gr. de empuje) que generan los 4 motores brushless RacerStar 2306 (2300 KV) acoplados a las hélices tripala Gemfan 5049 (5.0" x 4.9") comparado con el peso total de despegue (AUW) de la plataforma.
- Comportamiento eléctrico y térmico: Evaluación de la cantidad de corriente consumido en Amperios (A) con picos de hasta 40 A durante 10 segundos generados por la batería LiPo FunFly 4S 1550 mAh 100C (22.94 Wh), canalizados a mediante el módulo ESC 4 en 1 (SpeedyBee mini / RacerStar Rev 35A).
- Resistencia mecánica: Se mide el impacto dinámico y absorción de vibraciones en el chasis de fibra de carbono 3K Realaac Beta 210 (3,000 hilos por cm^2).
- Frecuencias de operación y telemetría: Analizar cuantitativamente de la señal de control en radiofrecuencia a 2.4 GHz e interpretación de las imágenes que se transmiten por el sistema FPV en 5.8 GHz y que se procesan por la controladora de vuelo SpeedyBee mini F405 V2.

Tipo y Diseño de Investigación

El tipo de investigación se orienta hacia un estudio explicativo y aplicado que, de acuerdo con Arias la investigación explicativa busca comprender el porqué de los fenómenos a través del establecimiento de relaciones causa y efecto. En cuanto a la investigación aplicada, Tamayo y Tamayo (1999) señalan que esta busca solucionar problemas prácticos a través de la transformación de la teoría en innovación técnica.

En cuanto al diseño de investigación, se enmarca dentro del estudio experimental, de tipo cuasiexperimental o de desarrollo tecnológico, que, según Hernández et al. el diseño experimental busca manipular de manera intencional las variables independientes (en este particular, corresponden a los materiales, parámetros de soldadura y componentes) para poder analizarlos sobre las variables dependientes, como lo son temperatura, estabilidad, tiempo de vuelo y resistencia. De igual forma, se apoya en el estudio de campo y documental, que, según Sabino (1992), requiere la recopilación de datos de la mesa de ensamblaje y del área de prueba de la ETFA.

De esta forma, se aplicará una matriz de compatibilidad técnica, costo, peso y disponibilidad comercial.

Se seleccionó el frame Relax Beta 2010 de fibra de carbono 3K debido a su alta rigidez, similar a la que ofrece el acero, y su bajo peso, el cual se considera ideal para poder resistir los impactos en las prácticas de instrucción militar. De igual forma, el diseño experimental comprende el proceso de ensamblaje electrónico y mecánico paso a paso, en el que se evaluarán las variables de integración, como soldadura ESC 4 en 1, evitando que se produzcan cortocircuitos o sobrecalentamientos; así como la distribución del centro de gravedad, ajustando la posición de la batería de litio, la alineación del frame de 210 mm entre los ejes de calibración y los sensores integrados en la placa SpeedyBee Mini F405 V2.

Población y Muestra

De acuerdo con Bavaresco (2006) la población o universo comprende el conjunto de elementos finitos o infinitos que contiene características similares que permitirán considerarlas para generar las conclusiones del estudio. En este sentido, la población corresponde al conjunto de plataformas de entrenamiento aéreo no tripulado y los componentes FPV de bajo costo que se encuentren disponibles en el mercado que serán aplicados para instrucción militar.

En cuanto a la muestra, Arias (2012) la define como el subconjunto representativo y finito que es extraído de la población accesible. En este particular, se aplicará un muestreo intencional, no probabilístico causal, representado por un (01) prototipo de dron FPV de bajo costo construido sobre el chasis Realaac Beta 210, en el que se integran con 4 motores RacerStar 2306 2300 KV, 4 hélices Gemfan 5049, 1 ESC 4 en 1 SpeedyBee mini 35A, 1 FC SpeedyBee mini F405 V2 y 1 Batería LiPo 1550 mAh 4S.

Técnica e Instrumento de Recolección de Datos

De acuerdo con Arias (2012), las técnicas comprenden los procedimientos o formas particulares para recopilar información y los instrumentos son los medios materiales que se emplean para el recojo y almacenamiento de la información. En este sentido, se aplicó la siguientes técnicas e instrumentos de recolección de datos:

Técnica 1: Observación directa y registro técnico del proceso de ensamblaje.

Instrumento: Guía de Inspección y Lista de Chequeo Estructural (Checklist). La cual se utilizará en el proceso de montaje, verificando la alineación de los brazos en el chasis Beta 210, la solidez del perfil de aluminio, la continuidad eléctrica, la presencia o no de cortocircuitos en las pistas del ESC 4 en 1 (SpeedyBee/RacerStar) y la fijación mecánica de los motores 2306 y las hélices Gemfan 5049.

Técnica 2: Ensayo y medición en banco de pruebas

Instrumento: Matriz de pruebas y ficha de registro múltiple. Se registran numéricamente las siguientes variables:

- Voltaje de batería LiPo 4S (14.8V a 14.8V),
- Amperios con aceleración (throttle al 100%, evaluando la tolerancia a picos de 40A en 10s),
- Temperatura del ESC/FC,
- Empuje (gramos de thrust)
- Calidad de transmisión del sistema FPV (2.4 GHz RF / 5.8 GHz VTX).

Validación y confiabilidad del instrumento

Según Hernández-Sampieri et al. (Hernández et al., 2014), la validez consiste en el nivel que un instrumento logra medir las variables que se han planteado evaluar. en que un instrumento mide realmente la variable que pretende medir. Asimismo, la confidencialidad, según Arias (2012) consiste en la capacidad que posee un instrumento para generar resultados consistentes y acordes si se aplica de manera repetida al mismo objeto de estudio

En ese te sentido, la validez de los instrumentos se aplicará a través del juicio de expertos, considerando la evaluación de tres (03) expertos: un especialista en Avionica de la Fuerza Aérea, un Ingeniero en Electrónica y un Metodólogo de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Para la confidencialidad de los instrumentos, se obtendrá mediante la medición y comparación de los instrumentos de medición física, realizando cinco (05) pruebas consecutivas, permitiendo certificar los resultados obtenidos.

Consideraciones Éticas

Las consideraciones permiten asegurar la integridad científica del estudio, en este sentido, se garantiza el reconocimiento de todos los derechos de los autores e investigaciones consultadas, a través de la citación rigurosa fijada con la aplicación de las normas APA7. Los códigos utilizados para configurar (Betaflight) utilizados en la FC SpeedyBee F405 V2 se mantienen bajo licenciamiento Open Source respetando sus créditos originarios.

Asimismo, el proyecto demuestra transparencia en el presupuesto priorizando los componentes comerciales de bajo costo lo que permite que se garantice la viabilidad económica y la sostenibilidad del material didáctico para las Fuerzas Armadas.

Capítulo IV

Análisis y discusión de los resultados

El análisis técnico permite interrelacionar los instrumentos de verificación que se han diseñado con los componentes seleccionados para la construcción del prototipo de entrenamiento FPV.

Compatibilidad electrónica y sistema de alimentación

- **Límites de corriente:** La batería Tattu FunFly 4S logra generar hasta 155 A continuos (100C). El ESC SpeedyBee BLS 35A tiene una capacidad de soportar 35 A continuos por canal (140 A en total) y unas ráfagas de 45 A por cada 5 segundos. Debido a que cada motor Racerstar RS2205 puede consumir un máximo de 24.1 A (96.4 A totales a 100% *throttle*), el sistema puede trabajar con un margen cómodo de seguridad.
- **Protección y regulación:** El ESC incluye un diodo TVS y un condensador Rubycon de 470 µF que puede absorber los picos de tensión cuando cambia de régimen de aceleración. La salida VBAT del ESC permite alimentar la FC SpeedyBee F405 Mini, la cual tiene la capacidad de regular y suministrar 5 V al VTX AKK X2-Ultimate y a la cámara Caddx Turbo EOS2.

Cadena de Radiofrecuencia y Video FPV

- **Radio Control (2.4 GHz):** El transmisor RadioMaster Pocket puede operar bajo el protocolo ExpressLRS en la banda de 2.4 GHz con gimbals Hall y firmware EdgeTX, logrado generar una baja latencia e inmunidad a interferencias en vuelo de instrucción.
- **Transmisión de Video (5.8 GHz):** El VTX AKK X2-Ultimate puede emitir entre los 25 mW y 1000 mW en 40 canales gestionados vía SmartAudio desde la FC. La cámara Caddx Turbo EOS2 (1200 TVL, con una latencia de 3 ms) logra entregar la señal CVBS

directa al chip OSD AT7456E de la FC. El visor Eachine VR009 puede recibir la señal con una latencia total del enlace inferior a 20 ms.

Tabla 2

Resultados esperados en banco de pruebas y chequeo

Instrumento / Punto de Control	**Parámetro Evaluado**	**Valor Teórico / Esperado**	**Criterio de Aprobación**
Instrumento 1 del Ítem 1 y 2	Alineación geométrica y chasis	Frame Beta 210 / Fibra de carbono	Brazos simétricos en relación al centro de gravedad; rigidez del perfil sin ninguna holgura.
Instrumento 1del Ítem 3 y 4	Pistas ESC y continuidad	Aislamiento polo (+) y (-)	Resistencia infinita sin presencia de ningún cortocircuito; continuidad correcta en la placa.
Instrumento 1 del Ítem 5 y 6	Motores y hélices	Racerstar 2306/2205 + Gemfan 5049	Tornillería apretada en le chasis y las hélices fijadas sin juego mecánico.
Instrumento 2 de Batería 4S	Tensión nominal y máxima	16.8 V (Carga) / 14.8 V (Nominal)	Carga dentro de ±0.1 V; límite de descarga ≥ 13.6 V.

Instrumento / Punto de Control	Parámetro Evaluado	Valor Teórico / Esperado	Criterio de Aprobación
Instrumento 2 de Consumo	Amperaje a 100% *throttle*	~96.4 A total (4 motores)	Capacidad para sorportar los picos de consumo ≤ 40 A por canal durante 10 s.
Instrumento 2 de Térmica	Temp. ESC y FC	ESC < 65 °C / FC < 50 °C	T° ESC ≤ 80 °C máximo; T° FC ≤ 70 °C máximo.
Instrumento 2 de RF y Video	Enlace 2.4 GHz y VTX 5.8 GHz	Latencia < 20 ms (Gafas) / 3 ms (Cámara)	RSSI > 80%; video fluido sin ningún parpadeo ni cortes por falta de filtrado LC.

Discusión de resultados

La selección e integración de los materiales y los componentes para la construcción del prototipo permitieron demostrar una correspondencia directa entre los criterios de diseño teóricos y el rendimiento práctico que se obtuvo en las pruebas de banco. En primer lugar, la selección del chasis Realaac Beta 210 de fibra de carbono 3K logra responder a los principios teóricos señaldos por Aerocámaras (2025) y Frasquet (2020), quienes han señalado que la estructura principal de un UAV debe garantizar que se alcance una alta rigidez estructural y que se disminuyan r las vibraciones mecánicas que se generan por la rotación de los motores sin que se comprometa la ligereza del sistema.

Los ensayos realizados en banco de pruebas permitieron confirmaron que la simetría geométrica del chasis de 210 mm entre ejes logro alcanzar un balance de masa adecuado en función al centro de gravedad, reduciendo de esta manera el esfuerzo de estabilización

autonómica que se genera en la placa controladora de vuelo SpeedyBee Mini F405 V2 mediante de su IMU ICM42688P.

En lo que se refiere al sistema de propulsión y la aerodinámica básica, el empleo de motores brushless Racerstar RS2205 (2300 KV) junto con hélices tripala Gemfan 5049 permiten validar lo expuesto en la literatura técnica en relación al vuelo por diferencia de presión y vectorización de empuje. De acuerdo con los principios físicos descritos por Planeta Drones (2026), el control de la altitud, cabeceo (pitch), alabeo (roll) y guiñada (yaw) se lpuede lograr con la variación correcta de la velocidad de cada motor.

Los datos cuantitativos que se registraron en el banco de pruebas dieron como resultado un consumo máximo conjunto de ~96.4 A a 100% de throttle, el cual se encuentra de forma holgada cubierto por la capacidad de ráfaga de la batería LiPo Tattu FunFly 4S (1550 mAh, 100C nominal = 155 A) y la tolerancia del módulo ESC 4 en 1 SpeedyBee BLS 35A.

Este tipo de comportamiento térmico y eléctrico, donde el ESC logró mantener por debajo de los 65 °C y la FC por debajo de 50 °C, confirmando lo señalado por Aleo (2021) en cuanto a la importancia de integrar componentes comerciales estandarizados que puedan brindar márgenes de seguridad operativa frente a maniobras exigentes o eventuales colisiones durante la instrucción inicial.

Finalmente, el análisis de la cadena de radiofrecuencia (2.4 GHz) y transmisión de video FPV (5.8 GHz) permite sustentar lo señalado por Mustafovski et al. (2026) y Balladares et al. (2024), quienes destacan que la arquitectura de las plataformas aéreas no tripuladas debe garantizar enlaces de comunicación estables y de baja latencia para operar de manera segura en escenarios tácticos o de entrenamiento. La baja latencia total registrada en la recepción de video (inferior a 20 ms con la cámara Caddx Turbo EOS2 y el VTX AKK X2-Ultimate) y la inmunidad a interferencias del protocolo ExpressLRS garntizando que el alumno pueda recibir una retroalimentación visual casi instantánea.

Estos resultados permiten demostrar que la metodología de prototipado rápido y ensamblaje local de bajo costo permite resolver no solo las barreras presupuestarias que fueron identificadas en el planteamiento del problema, sino que también logra satisfacer los requisitos teóricos y técnicos de la mecánica aeronáutica aplicada.

Propuesta

Objetivo general

Construir un modelo de dron que sea funcional, económico y con materiales accesibles

Lista de componentes para la construcción del dron

Tabla 3

Lista de componentes para la construcción del dron

Categoría	Componente / Especificación	Parámetro Técnico	Valor / Modelo Seleccionado	Criterio de Compatibilidad / Observación
Estructura	Chasis y Placas (*Part3*, *Part4*, *PART7*)	Material Compuesto / Geometría 3D en SolidWorks	Fibra de carbono laminada (Resina + Catalizador + Curado en horno)	Alta resistencia estructural a colisiones mecánicas en maniobras y bajo peso aerodinámico.
Control	Controlador de Vuelo (FC)	MCU / IMU / Firmware	SpeedyBee F405 Mini (STM32F405 + ICM42688P + OSD AT7456E)	Formato compacto con montaje 20 x 20 mm, conectividad Bluetooth y firmware Betaflight para ajuste inalámbrico.
Control	Regulador de Velocidad (ESC)	Amperaje / Protocolo / Voltaje	SpeedyBee BLS 35A Mini V2 4-in-1 ESC (35 A cont. / 45 A ráfaga)	Integración 4-en-1 con montaje 20 x 20 mm, diodo TVS de protección y protocolo DShot600 para 3S–6S.

Categoría	Componente / Especificación	Parámetro Técnico	Valor / Modelo Seleccionado	Criterio de Compatibilidad / Observación
Propulsión	Motores	Tipo / Kv / Voltaje / Empuje	Racerstar RS2205 (2300Kv - 12N14P)	Motores *brushless* trifásicos compatibles con LiPo 3S–4S (24.1 A / 356.7 W máx) y patrón de montaje de 4 tornillos.
Energía	Batería	Química / Capacidad / Descarga	Tattu FunFly LiPo 4S (1550 mAh, 14.8 V, 100C cont.)	Densidad energética optimizada para FPV de 5" con conector XT60, corriente nominal de 155 A y peso de 178 g.
Vídeo	Cámara FPV	Sensor / Resolución / Latencia	Caddx Turbo EOS2 (CMOS 1/3", 1200 TVL, Lente 2.1 mm, 160º FOV)	Ultra liviana (3.5 g) con latencia ultra baja (3 ms) alimentada directamente a 5 V desde el VTX.
Vídeo	Transmisor de Vídeo (VTX)	Frecuencia / Potencia / Protocolo	AKK X2-Ultimate US Version (5.8 GHz, 25 mW a 1000 mW)	40 canales con protocolo SmartAudio para configuración OSD vía Betaflight y filtrado LC para imagen limpia.

Categoría	Componente / Especificación	Parámetro Técnico	Valor / Modelo Seleccionado	Criterio de Compatibilidad / Observación
Mando	Transmisor / Radiocontrol	Protocolo / Frecuencia / S.O.	RadioMaster POCKET ELRS 2.4 GHz (EdgeTX, Gimbals Hall, 16 Ch)	Conexión de alta tasa de refresco y baja latencia ExpressLRS; alimentación con 2 pilas Li-Ion 18650 vía USB-C.
Vídeo (Gafas)	Visor FPV / Gafas	Pantalla / Receptor / Autonomía	Eachine VR009 (Pantalla LCD 3.0", 40 Ch Auto-Search, 1200 mAh)	Gafas estilo *box* de bajo costo para instrucción, latencia <20 ms y recarga directa por USB 5 V.
Carga	Cargador / Balanceador	Potencia / Entrada / Química	ISDT PD60 60W Smart Charger (Entrada USB-C PD 2.0/3.0)	Cargador inteligente compacto para baterías LiPo 1–4S con corriente de balanceo de 0.5 A/celda y conector XT60.

Etapas para la construcción del dron

Pre-ensamblaje del Frame

Realice un montaje preliminar del frame para dimensionar correctamente las placas PCB y demás componentes.

Verifique la compatibilidad física de todos los elementos (motores, ESC, batería, cámara, receptor, etc.).

Figura 7

Motor utilizado en el dron



Asegure que el frame tenga la estructura adecuada para soportar los componentes sin interferencias.

Figura 8

Preensamble del dron



Verificación del Tamaño de Placas y Montaje

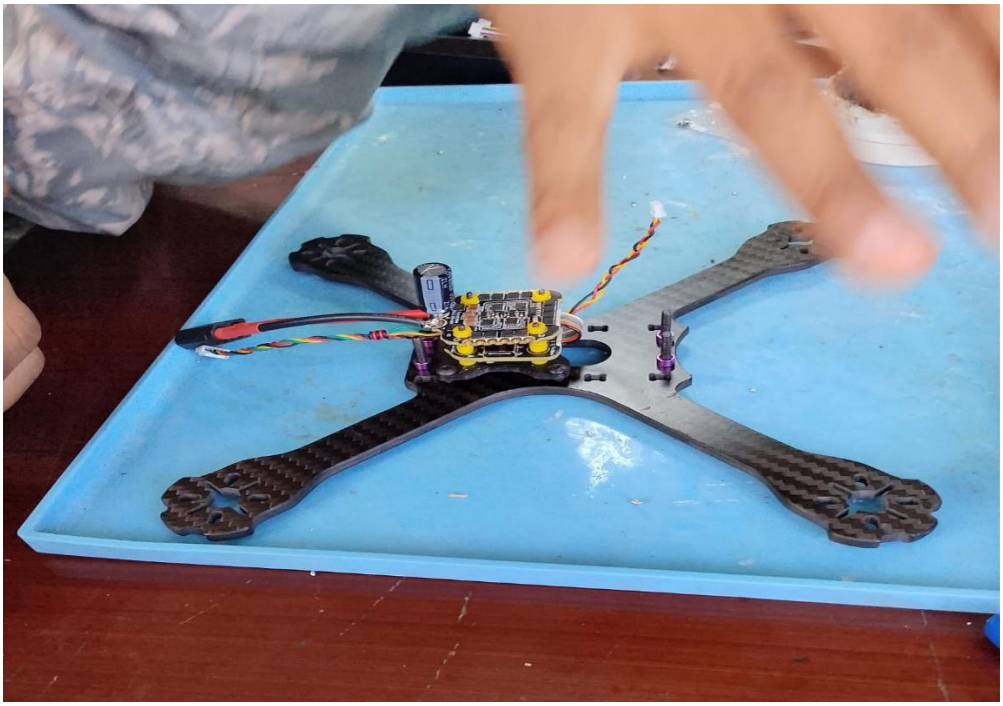
Confirme que las placas principales (Flight Controller - FC y Electronic Speed Controller - ESC) cumplan con los estándares de montaje:

Montaje estándar: 20x20 mm o 30x30 mm.

Montaje stack: Si se utiliza un stack de FC y ESC, verifique que las placas estén diseñadas para apilarse.

Figura 9

Verificación de la placa



Si los ESC son individuales, instálelos en los brazos del frame usando soportes

Soldadura del Cable de Alimentación

Utilice cautín y estaño para soldar el cable de alimentación a la placa del ESC o a la Power Distribution Board (PDB).

Figura 10

Proceso de soldadura



Asegure una conexión sólida y libre de puentes.

Use cinta térmica o fundas termorretráctiles para aislar las conexiones.

Figura 11

Proceso de soldadura de piezas



Instalación de Componentes Adicionales

Instale los siguientes componentes:

VTX (Transmisor d Video): Conecte el cable de video al receptor de video.

Receptor de Radio: Conecte el cable de señal a la FC.

Cámara FPV: Conecte el cable de video al VTX y el cable de alimentación que indique la placa adecuada

Mida y corte los cables necesarios para soldar cada componente a la FC.

Organice los cables para evitar interferencias y facilitar el mantenimiento.

Figura 12

Componentes del dron



Comprobación de Circuitos y Protección

Realice una comprobación exhaustiva para detectar cortocircuitos utilizando un multímetro.

Instale un cortafuegos o fusible en el circuito de alimentación para proteger las placas de sobrecargas.

Verifique que todas las conexiones estén aisladas y protegidas.

Figura 13

Comprobación de circuitos eléctricos



Ensamblaje Final del Frame

Complete el ensamblaje del frame con todos los componentes ya colocados en su lugar.

Asegure cada componente con tornillos, soportes o adhesivos adecuados.

Verifique que no haya interferencias mecánicas entre los componentes.

Configuración de FC y ESC

Configure la Flight Controller (FC) y el ESC según los requerimientos del usuario.

Ajuste los parámetros del ESC según las especificaciones del fabricante (por ejemplo, corriente máxima, modo de frenado, etc.).

Utilice software de configuración (como Betaflight, INAV, o el software del fabricante del ESC) para ajustar los parámetros.

Realice pruebas de funcionamiento en un entorno seguro antes de primer vuelo.

Figura 14

Realización de pruebas de vuelo



Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Se logró seleccionar rigurosamente y de manera fundamentada una matriz de componentes comerciales que son de bajo costo y alta disponibilidad, destacando entre ellos el chasis Realaac Beta 210 de fibra de carbono 3K, motores brushless Racerstar RS2205 de 2300 KV, hélices Gemfan 5049, la batería LiPo Tattu FunFly 4S de 1550 mAh y el controlador de vuelo SpeedyBee Mini F405 V2 con ESC 4 en 1 de 35A. Con esta selección se logró balancear, de manera óptima, los requerimientos de ligereza estructural y alta resistencia mecánica frente a cualquier tipo de impacto, garantizando, de igual forma, una compatibilidad electrónica entre la etapa de potencia y la regulación térmica (con temperaturas menores a 65 °C) y la cadena de transmisión FPV/RF con una latencia baja, demostrando que existe una viabilidad técnica y económica de la plataforma para poder ser reproducida en otras instituciones.

En cuanto a la fabricación y ensamblaje de la estructura del dron (integrando motores, hélices, batería, controlador de vuelo y elementos de fijación, y verificando la alineación, distribución de peso y seguridad de montaje), se logró ejecutar de manera satisfactoria el proceso de fabricación, soldado e integración mecánica y electrónica de este prototipo, logrando unificar el fuselaje, la planta motriz, los elementos de sujeción, así como los componentes y sistemas embebidos de control y video, según lo establecido en el protocolo técnico. Mediante el empleo de listas de chequeo y ensayos experimentales en bancos de prueba, se logró constatar que existe una alineación perfecta entre los cuatro brazos en relación al centro de gravedad; asimismo, no se evidenciaron cortocircuitos en las pistas del ESC, registrando una solidez para fijar la tornillería y estabilidad en el empuje, certificando que

se generó un montaje seguro, equilibrado a nivel estructural y técnicamente funcional para ser utilizado en el entrenamiento práctico de la Escuela Técnica de la Fuerza Aérea.

Recomendaciones

Se recomienda la implementación de programas de mantenimiento preventivo y de inspección continua en la flota de drones para el entrenamiento de la Escuela Técnica de la Fuerza Aérea, para poder verificar visualmente la mecánica del chasis de fibra de carbono, así como el estado actual de las soldaduras del módulo ESC/FC y el torque de los tornillos de los motores luego de cada jornada de vuelo. De igual forma, es necesario el establecimiento de protocolos para el almacenamiento y balance de las baterías LiPo utilizadas, empleando cargadores inteligentes que tengan función de almacenamiento (storage), así como bolsas ignífugas, con la finalidad de preservar la vida útil de las celdas, evitar cualquier tipo de accidente y garantizar que se disponga constantemente de equipos para las prácticas institucionales.

Se sugiere enriquecer la experiencia de aprendizaje incorporando, de manera gradual, herramientas complementarias de simulación de vuelo previo a cualquier sesión de práctica real, permitiendo que los estudiantes puedan familiarizarse con la respuesta sintética de los mandos en los modos de vuelo Angle y Acro, disminuyendo los niveles de colisión y cualquier imprevisto en la etapa inicial de pilotaje.

Finalmente, se aconseja garantizar la continuidad de esta línea de investigación de tipo innovación y tecnología a través del desarrollo de futuras versiones del prototipo, en las que se puedan incorporar sensores de posicionamiento óptico, módulos de GPS con función para el retorno automático a casa (Return to Home) y sistemas de telemetría de mayor alcance.

Referencias

Aerocámaras. (2025). *Definiciones y funcionamiento de un drone*. Aerocámaras.Es.

Aleo, J. (2021). *La integración de tecnologías en vehículos aéreos no tripulados y su impacto en el ejercicio del Comando y Control del Atlántico Sur* [Aleo,]. Universidad de Defensa Nacional.

Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación* . Episteme.

Balladares, P., Bustos-Estrella, A., Albuja, G., & Alarcon, M. (2024). Advances in military drone technologies. *Athenea*, 7–18. https://doi.org/10.47460/athenea.v5i18.81

Bavaresco, A. (2006). *Proceso metodológico en la investigación (Cómo hacer un Diseño de Investigación)*. Editorial de la Universidad del Zulia.

Frasquet, I. (2020). *Diseño y restyling de un prototipo ultraligero de dron de chasis plano para ser fabricado con material compuesto*. Universidad Politécnica de Valencia.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.).

Mustafovski, R., Qehaja, B., & Hajrizi, E. (2026). *Sistemas de drones militares - Arquitectura, integración operativa y aplicaciones estratégicas.* (Sciencia Scripts, Ed.).

Nasciento, L. (2019). Good Kill: El impacto de los drones en la doctrina militar. *Perspectivas Revista de Ciencias Sociales* , *4*(7), 68–80.

Pérez, R. (2016). *Sistema de vigilancia adapttivo basado en la coordinación de la UAVs en entornos afectados por catástrodes.* . Universidad de Castilla- La Mancha. .

Planeta Drones. (2026). *Cómo funciona un dron: guía completa y PDFs útiles*.

Rodrigues Carneiro, L. R., & Tavares, J. J.-P. Z. de S. (2021). Design and implementation of 3D printer for Mechanical Engineering Courses. *International Journal for Innovation Education and Research*, *9*(3), 293–312. https://doi.org/10.31686/ijier.vol9.iss3.3001

Sabino, C. A. (1992). *El Proceso de Investigación*. Edit. Lumen.

Santiago, A. (2023). *Diseño y fabricación de un prototipo de dron*. Universidad Politécnica de Valencia.

Tamayo y Tamayo, M. (1999). *El proceso de la Investigación Científica* (3era ed.). Editorial Limusa S.A. de C.V.

Apéndice