



Procedimiento de Maniobras para la Vigilancia Perimetral Con SUAS en el Grupo Aéreo del Amazonas

Erika Paola Gómez Linares

Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana
Maestría en Dirección y Gestión de la Seguridad Integral

Asesores:

David Enrique López Cortés

Giovanna Estefanía Ramírez Ruiz - Asesor Técnico

Julio, 2023

Nota de autor

*Este trabajo es realizado para optar al título de Magister en Dirección y Gestión de la Seguridad Integral a cargo de los asesores David Enrique López Cortés
Giovanna Estefanía Ramírez Ruiz - Asesor Técnico.*

*La correspondencia relacionada con este trabajo debe dirigirse a Gómez Erika. Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea de Colombia - FAC. Carrera 11 #102- 50. Bogotá D.C.,
Colombia.*



Tabla de Contenido

Resumen.....	7
Abstract.....	8
Introducción.....	9
Capítulo.....	13
Problema de Investigación.....	13
Pregunta del problema.....	16
Objetivos.....	17
<i>Objetivo General</i>	17
<i>Objetivos Específicos</i>	17
Justificación.....	18
Estado del Arte.....	22
<i>Antecedentes</i>	22
Capítulo 2. Marco de referencia.....	31
<i>Política de Seguridad, Defensa y Convivencia – Garantías para la Vida y la Paz – 2022-2026 del Ministerio de Defensa Nacional</i>	32
Marco Legal.....	38
Marco conceptual.....	43
<i>Riesgos</i>	43
<i>Activos de Alto Valor (HVA, High Value Assets)</i>	47
<i>Vigilancia perimetral</i>	49
<i>Conceptos Básicos SUAS</i>	51



<i>UAS de Ala Fija</i>	51
<i>UAS Ala Rotatoria</i>	52
<i>UAS Híbridos o VTOL</i>	52
Marco Histórico.....	57
<i>Empleo SUAS en Fuerzas Militares/Policiales de Otros Países.</i>	61
<i>Israel</i>	62
<i>Estados Unidos</i>	63
<i>Argentina</i>	65
<i>Brasil</i>	66
<i>Chile</i>	68
<i>Empleo SUAS en el Ejército colombiano</i>	69
<i>Empleo SUAS en la Armada colombiana</i>	70
<i>Empleo SUAS en la Policía Nacional de Colombia</i>	72
<i>Empleo SUAS en Actividades de Seguridad Privada.</i>	73
<i>Nociones Básicas de Inteligencia Artificial</i>	75
<i>Vuelo SUAS por Patrones Automatizados</i>	77
Capítulo 3. Metodología	81
Instrumentos	82
Población y Muestra.....	86
Procedimiento para Identificar y Valorar los Riesgos y HVA	87
Análisis y Triangulación de la Información	88
Diseño de la Guía para Operación de SUAS a través de Patrones Autónomos de Vuelo.....	90
Capítulo 4. Resultados y Análisis	92



Análisis de Resultados	92
<i>Situación de Seguridad del GAAMA</i>	93
<i>Establecimiento de un Panorama de Riesgos del GAAMA</i>	94
<i>Definición de los Activos de Alto Valor (HVA) del GAAMA</i>	96
Triangulación de Información.....	101
<i>Procedimiento de Operación de SUAS a través de Patrones Autónomos de Vuelo en el GAAMA</i>	110
Capítulo 5. Conclusiones y Recomendaciones	121
Referencias.....	124
Anexos	132
Anexo 1: Entrevistas	132
<i>Primera entrevista</i>	132
<i>Segunda entrevista</i>	134
<i>Tercera Entrevista</i>	136
Anexo 2: Glosario	140
Anexo 3: Lista de Siglas.....	144
Anexo 4. Guía del procedimiento para la operación de SUAS a través de patrones autónomos de vuelo en el GAAMA	146



Lista de Tablas

Tabla 1 Clasificación UAS, según el método de sustentación utilizado.....	51
Tabla 2 Clasificación de SUAS por características y especificaciones	53
Tabla 3 Clasificación según el nivel de autonomía de la aeronave para la toma de decisiones .	54
Tabla 4 Clasificación de Unmanned Aerial Vehicles (UAV) por la OTAN	55
Tabla 5 Empleo de UAS en las Fuerzas de Defensa de Israel	62
Tabla 6 Empleo de UAS en algunas instituciones de seguridad de Estados Unidos	63
Tabla 7 Empleo de UAS en el Ejército Nacional de Colombia	69
Tabla 8 Empleo UAS en la Armada de Colombia.....	71
Tabla 9 Empleo SUAS en la Policía Nacional.....	72
Tabla 10 Tipos de entrevistas aplicadas y sus características	83
Tabla 11 Distribución de preguntas con base en la clasificación Mertens	85
Tabla 12 Distribución de la muestra, instrumentos y análisis.....	87
Tabla 13 Riesgos para la SDBA, objeto y modalidad – BFA GAAMA.....	95
Tabla 14 Matriz de triangulación de información concurrente con base en las entrevistas.....	101
Tabla 15 Matriz de triangulación de resultado de entrevistas y revisión de textos	104
Tabla 16 Pasos para la programación de patrones de vuelo autónomos en SUAS	112
Tabla 17 Pasos y requisitos para el procedimiento de operación de SUAS a través de patrones autónomos de vuelo en el GAAMA.....	115



Lista de Figuras

Figura 1 Procedimientos para la protección del CFPAEC mediante vigilancia perimetral automatizada con SUAS	50
Figura 2 Componentes de los SUAS	57
Figura 3 Diseño de globo aerostático con canasta dividida.....	59
Figura 4 Patrón lineal de ruta de SUAS.....	788
Figura 5 Patrón de vuelo elíptico.....	799
Figura 6 Patrón de vuelo circular.....	80
Figura 7 Niveles de tolerabilidad de los riesgos de la BFA-GAAMA según objetos de materialización.....	95
Figura 8 Rampa militar del GAAMA	97
Figura 9 Hangar del GAAMA	97
Figura 10 Depósito de armamento del GAAMA.....	98
Figura 11 Polvorín del GAAMA	98
Figura 12 Planta eléctrica del GAAMA	99
Figura 13 Depósito de combustibles del GAAMA.....	99
Figura 14 Planta de tratamiento de agua potable.....	100
Figura 15 Tanque de combustible aeronáutico.....	100
Figura 16 Propuesta de patrón de vuelo para el Grupo Aéreo del Amazonas.....	111



Resumen

El uso de plataformas aéreas conocidas como “drones” ha experimentado un crecimiento vertiginoso en la última década, especialmente en el ámbito de la seguridad pública y privada, en cuanto a maniobras de vigilancia interna y perimetral. Para el caso de los SUAS (Small Unmanned Aircraft Systems), su maniobrabilidad, facilidad de operación sin necesidad de recurrir a pistas de despegue y aterrizaje, la austeridad que representa en cuanto al uso de recursos y su versatilidad hacen que esta sea una opción privilegiada al momento de optar por realizar actividades de seguridad aérea. Es por eso que se plantea como problema de investigación la conveniencia y oportunidad de usar SUAS en esquemas de seguridad física, proponiendo como objetivo de investigación la realización de un diagnóstico para apoyar la seguridad mediante maniobras de vigilancia perimetral automatizada dentro de la Base de la Fuerza Aérea – Grupo Aéreo Amazonas. Para este propósito, mediante un método deductivo a partir de la aplicación de entrevistas estructuradas y semiestructuradas y la posterior triangulación de información como método de análisis, se logra como resultado el conocimiento de los riesgos y los activos de alto valor que estarían en riesgos en la BFA-GAAMA, concluyendo la viabilidad de la estandarización de un procedimiento de maniobras de SUAS para prestar seguridad perimetral de una Base de la Fuerza Aérea, el cual se presenta en el este trabajo como una recomendación.

Palabras clave: SUAS, maniobras de vigilancia, riesgos, activos de alto valor, vigilancia perimetral.



Abstract

The use of aerial platforms known as "drons" has experienced rapid growth in the last decade, especially in the field of public and private security, in perimeter surveillance and internal security activities. In the case of SUAS (Small Unmanned Aircraft Systems), its maneuverability, ease of operation without the need to resort to takeoff and landing runways, the austerity it represents in terms of the use of resources, and its versatility make this a privileged option. when choosing to carry out aviation security activities. That is why the convenience and opportunity of using SUAS in physical security schemes is considered as a research problem, considering as a research objective carrying out a diagnosis to support security through automated perimeter surveillance maneuvers in the Air Force Base - Group Amazon Air. For this purpose, through a deductive method based on the application of structured and semi-structured interviews and the subsequent triangulation of information as an analysis method, the knowledge of high-value assets that would be at risk in the BAF-GAAMA is achieved as a result, concluding the viability of the standardization of a SUAS maneuver procedure to provide perimeter security of an Air Force Base, which is presented in this work as a recommendation.

Keywords: SUAS, surveillance maneuvers, risks, high value assets, perimeter surveillance.



Introducción

El aumento en el uso de vehículos aéreos no tripulados se debe en gran medida a los factores asociados a la disminución de costos de producción y distribución, lo cual, amplió ostensiblemente el mercado, permitiendo mayor asequibilidad a los mismos y configurándolos como la respuesta global a muchas de las necesidades planteadas desde diversos sectores. Es por ello que la presente propuesta posee como intención estructurar un procedimiento para la ejecución de maniobras de vigilancia a través de plataformas aéreas denominadas SUAS (Small Unmanned Aircraft Systems), con el fin de optimizar los mecanismos para proteger el Componente Físico del Poder Aéreo, Espacial y Ciberespacial, (CFPAEC), asignado al Grupo Aéreo del Amazonas (GAAMA). De manera correlativa, se prevé establecer un panorama general del riesgo que establezca prioridades en la realización de acciones y toma de decisiones encaminadas a ejecutar operaciones de seguridad y defensa de la Base Fuerza Aérea, con base en la definición prioritaria de Activos de Alto Valor (High Value Assets).

En razón a lo anterior y como aporte material al acervo doctrinal de la Fuerza Aérea Colombiana, se plantea el diseño de un procedimiento referente al empleo automatizado de las aeronaves conocidas como “drones” y denominadas técnicamente como UAS en la Resolución 4201 de 2018 de la Aeronáutica Civil colombiana, replicándose análogamente en el procedimiento estructurado por la Jefatura de Seguridad GA-JES-PR-004, siendo este, el documento operacional que sustenta la materialización de actividades efectuadas con ese tipo de aeronaves en la FAC, con la limitante de no tratar la capacidad de automaticidad y sin abordar el alcance operacional conjunto, coordinado y combinado.



Es relevante destacar que la simplicidad aplicada a la maniobrabilidad de los drones ha sido una variable determinante para su éxito, haciendo posible que cualquier persona pueda convertirse en un piloto sin tener que pasar por costosos o complicados procesos de aprendizaje.

Así mismo, la polivalencia que permite su uso, ha sido clave para extender sus capacidades adaptándose perfectamente a actividades de vigilancia, reconocimiento, seguimiento y un amplio espectro de tareas que antes eran posibles, sólo con complejos y robustos sistemas aéreos y de superficie. Paralelo al crecimiento descrito anteriormente, la optimización de los “drones” ha conducido a perfeccionar sus sistemas de guiado y las plataformas de comando y control, incorporando principios de Inteligencia Artificial (IA) basados en el “Machine Learning”.

Dicha capacidad, ha afianzado aún más las posibilidades de acción para la Fuerza Pública en cuanto al cumplimiento de las diferentes misiones, operaciones y maniobras, con plataformas aéreas adaptables, interoperables, económicas, de fácil reposición y con efectos sustanciales directos sobre la disminución del riesgo. Se puede entonces afirmar que uno de los aspectos categóricos para proponer a los SUAS como una solución efectiva, recae sobre la capacidad de vigilancia furtiva, permitiendo observar sin ser observados y conduciendo a la toma de cursos de acción oportunos, objetivos y que se complementan con análisis obtenidos a través de herramientas tecnológicas perfeccionadas.

Es en este aspecto, donde la presente investigación cobra especial relevancia, ya que tiene como propósito, generar doctrina aplicable al rol de la Fuerza Aérea Colombiana, ampliando la posibilidad de operar con organismos de la Fuerza Pública nacional y de los países que comparten frontera geográfica con Leticia, sentando así un precedente a nivel institucional y logrando en la práctica, una interacción fundamental para la seguridad del Grupo Aéreo del



Amazonas con base en la automatización de maniobras en plataformas aéreas tripuladas remotamente e interoperabilidad combinada, expandiendo además el marco de operación de la Fuerza Pública y organismos de seguridad del Estado.

Con respecto al desarrollo metodológico, la propuesta formulará tres objetivos específicos, estableciendo como marco conceptual un panorama de riesgos sobre el que se desarrollará la idea central. Consecuentemente, se identificarán los HVA de la Base Aérea Coronel (H) Herbert Boy” sede del Grupo Aéreo del Amazonas, (GAAMA), y los que colinden geográficamente con ella pudiendo influir negativamente en su protección. Por último, se diseñará un procedimiento que permita estandarizar la realización de maniobras de vigilancia perimetral automatizada con SUAS, complementando la doctrina generada hasta el momento y expandiendo el alcance hasta las operaciones conjuntas, coordinadas y combinadas.

Para el desarrollo de este proyecto se utilizó el método deductivo, con el que analizaron los inconvenientes presentados, se recolectó información, utilizándose esta para desarrollar soportes teóricos y científicos aplicados en la investigación; así mismo se utilizaron técnicas indirectas como el análisis de manuales textos, revistas especializadas y toda fuente capaz de brindar información, para solucionar los problemas presentados.

Se plantea entonces, un procedimiento innovador basado en el aumento de capacidades de video-vigilancia, tanto en extensión geográfica, como en duración de video y su calidad, además de explorar una dimensión aérea ofrecida a través de los SUAS dentro de las operaciones para proteger el CFPAEC de la FAC, específicamente en el GAAMA y la ciudad de Leticia; sustentado en la necesidad de abordar nuevos espectros de seguridad que permitan planificar y ejecutar operaciones en un contexto de conjuntas, conduciendo al liderazgo inevitable de la FAC respecto al control del espacio aéreo de HVA e infraestructura crítica y como respuesta asertiva a



las características irregulares y asimétricas de las amenazas que plantean la configuración de entornos Volátiles, Inciertos, Complejos y Ambiguos (VICA).





Capítulo 1.

Problema de Investigación

En términos de vigilancia y seguridad de bases militares, un asunto de permanente interés para la prevención de hechos que representen materialización de riesgos y amenazas es el uso de dispositivos eléctricos y electrónicos que permitan apoyar la seguridad perimetral. Los SUAS representan un evidente cambio en la realidad de las actividades humanas que se configuran como un elemento innovador y dinamizador en muchos aspectos. En el entorno específico de la protección a infraestructura crítica, que atañe directamente a este trabajo de investigación, han permitido ampliar el concepto operacional, superando por mucho las capacidades humanas y articulando un sinnúmero de equipos, tales como: satélites, armas de fuego, sensores de video, medidores lásericos (LIDAR), componentes electromagnéticos, etc., haciendo posible una expansión considerable en el espectro de acción, siendo incluso, el futuro de muchos tipos de operaciones. Prueba de lo anterior se hace evidente en la cantidad de grupos creados en varios países para estudiar y dirigir las acciones de este tipo de aeronaves, contando entre ellos, para uso militar, plataformas como CRWG (ETAP), JMAG (OCCAR), FINAS (NATO), EMAAG (EDA), IMAAC, Unmanned Aircraft Vehicle OAT TF (Euro control), y las de carácter civil: JAA Euro control TF (JAA EASA), WG 73 (EUROCAE), *Exploratory meeting* de ICAO, SC203 (RICA), EURO UAV ICB (UAV *International*) (Merino, 2016).

Es relevante mencionar algunas de las misiones que a nivel global son desarrolladas por sistemas aéreos piloteados a distancia, no sólo dentro de las Fuerzas Policiales y Militares legalmente constituidas, sino también, por organizaciones terroristas o Grupos de Delincuencia Organizada, (GDO), que han detectado en los “drones” una capacidad flexible, económica y



polivalente, haciendo aún más complejas las características asimétricas de los conflictos considerados de cuarta generación, donde se amalgaman de manera confusa los entornos urbanos, enemigos irregulares y población no combatiente.

Puede entonces afirmarse que los SUAS son una herramienta eficaz para la planificación y ejecución de operaciones que protejan a la fuerza, patrullajes aéreos de vigilancia de perímetro de la base, blindar convoyes, seguridad de pistas, auto centinelas, detección y neutralización de artefactos explosivos improvisados (aei – ieD), Detección de incendios, Control de multitudes, Inteligencia – Vigilancia – Adquisición de blancos – Reconocimiento, (ISTAR), Neutralización remota de objetivos, Propagación de agentes químicos, Levantamiento digital del terreno, Señalización de objetivos, Búsqueda y rescate en tiempos de paz, Ataque cibernético, Control de fronteras y aduaneros, Guardacostas, Control de carreteras, Comunicación y radiodifusión, etc. (Merino, 2016).

La redundancia se consolida entonces, como un factor clave en el éxito operacional de este tipo de formaciones, permitiendo incluir diferentes capacidades en un solo despliegue, generando con ello, mayor eficiencia en el empleo de los recursos. En cuanto al entorno geográfico específico para el que se plantea este trabajo, debe puntualizarse que la Base Fuerza Aérea (BFA) “Coronel HERBERT BOY”, sede del Grupo GAAMA, se encuentra ubicada en la ciudad de Leticia, Departamento el Amazonas, concretamente en el kilómetro 3, antigua vía Tarapacá y cuya localidad es de carácter urbano, con la particularidad de estar densamente cubierta de selva en sus alrededores. Sus linderos sectoriales la relacionan con Terpel, la vía los kilómetros, el Aeropuerto Internacional “Alfredo Vázquez Cobo” y el barrio San Miguel.

Debido a lo anterior, mantiene un clima tropical con altos niveles de humedad y precipitaciones constantes la mayor parte del año, lo cual toma relevancia a la hora de planificar



y ejecutar maniobras con SUAS, configurándose como una limitante significativa. Además, la extensa distancia de los principales centros urbanos del país y la falta de vías terrestres, constituyen una debilidad para la ejecución de operaciones de seguridad, defensa y el aprovisionamiento logístico. Conviene subrayar, que debido a las regulaciones y políticas nacionales que rigen sobre la asignación de recursos económicos del sector defensa, las partidas presupuestales estipuladas para el GAAMA han sufrido una notable contracción, afectando directamente los medios para proteger el CFPAEC de dicha UMA.

Esa situación desmejora la posibilidad de cumplir efectivamente a misión, teniendo en cuenta que la Fuerza Pública del Departamento enfrenta un entorno turbulento y fluctuante, dejando entrever problemáticas estructurales como narcotráfico, depredación del medio ambiente, extracción mineral ilegal y delincuencia transnacional, que se ven impulsados por la compleja dinámica fronteriza. Además, por la misión, organización, ubicación geoestratégica y los HVA que se encuentran en la BFA “CR HERBERT BOY”, se requiere la disposición permanente de un sistema de seguridad caracterizado por su efectividad, versatilidad y sencillez.

Analizando las características y capacidades del sistema de seguridad del GAAMA, puede afirmarse que cuenta con medios físicos limitados en cuanto a medidas pasivas que impidan, retarden o disuadan a las personas que deseen ingresar de manera no controlada, consolidándose como un vector para la materialización de los riesgos: violación a los controles de seguridad y atentado o ataque al componente físico del poder aéreo, espacial y ciberespacial (CFPAEC) de la FAC, los cuales se ampliarán conceptualmente en el cumplimiento de los objetivos. Complementariamente, los recursos financieros dirigidos a proyectos de seguridad y protección de AAE son insuficientes, más aún, cuando se enfrenta una emergencia sanitaria que demanda soluciones en el corto plazo y que absorbe la gran mayoría del presupuesto de los entes



territoriales presentes en el Departamento, como la Gobernación del Amazonas y la Alcaldía de Leticia. Se plantea entonces, el categórico desafío de afrontar un escenario híbrido, con ambientes operacionales complejos y amenazas latentes que pueden mutar de manera imprevisible. Es allí, donde los SUAS se perfilan como una herramienta óptima que conjuga un despliegue rápido, capacidades técnicas apropiadas para enfrentar el grado de amenaza, bajo costo, una tasa reducida de tiempo para su entrenamiento y operación, y la posibilidad de generar vigilancia automatizada en respuesta a la reducción del personal configurado para brindar protección al CFAPEC de la Unidad. Dicho lo anterior, es evidente que para sustentar una protección efectiva del CFPAEC y AAE, no basta con tener sensores estáticos de video, anclados y controlados por un circuito cerrado de televisión (CCTV).

A partir del problema de investigación se pretende desarrollar procedimientos y sistemas de protección viables y sostenibles en el tiempo que además de ser efectivos contra las amenazas actuales, brinden protección ante amenazas emergentes y permitan complementar los sistemas existentes con la inclusión de medios tecnológicos eficaces. Surge como respuesta a lo anterior, el presente proyecto, que tiene como finalidad establecer métodos automatizados de vigilancia perimetral con SUAS, aplicando patrones básicos de IA, que fortalezcan las medidas de protección al GAAMA, en correlación con los elementos existentes en el sistema de seguridad actual y generando procedimientos estandarizados, enmarcados en la doctrina actual establecida por la Jefatura de Seguridad y Defensa de Bases de la Fuerza Aérea Colombiana.

Pregunta del problema

Partiendo de la selección del tema de investigación en torno a los vehículos aéreos no tripulados y a los escenarios descritos relacionados con su uso, se plantea como pregunta



problemática: ¿Cómo maximizar el provecho del uso de vehículos aéreos no tripulados en actividades de vigilancia perimetral en el Grupo Aéreo Amazonas?

Objetivos

Objetivo General

Realizar un diagnóstico para apoyar la seguridad mediante maniobras de vigilancia perimetral automatizada dentro de la BFA sede del GAAMA, empleando SUAS.

Objetivos Específicos

- 1.** Identificar los riesgos que afectan la seguridad integral y establecer los Activos de Alto Valor (HVA High Value Assets) que son motivo de vulnerabilidad dentro de la BFA, sede del GAAMA.
- 2.** Diseñar un patrón de vigilancia automatizada con SUAS para apoyar la seguridad perimetral del GAAMA.
- 3.** Proponer una guía de procedimientos acorde a la doctrina militar vigente, que permita estandarizar a nivel táctico, la realización de maniobras de vigilancia perimetral automatizada con SUAS en la BFA sede del GAAMA.



Justificación

La importancia del presente trabajo de investigación radica en la posibilidad de aprovechar al máximo los recursos disponibles en la seguridad y protección de los activos de valor. Los SUAS en la vigilancia perimetral son una estrategia que, a bajo costo, permite controlar áreas amplias sin el riesgo de encontrarse con puntos ciegos, tal como los tienen los sistemas de videovigilancia fija.

Otro rasgo determinante a la hora de definir la importancia de los SUAS en los entornos actuales y futuros, es la posibilidad que ofrecen algunas plataformas para operar de manera múltiple o en enjambres, elevando ostensiblemente el grado de efectividad en el cumplimiento de las misiones asignadas, reduciendo directamente la tasa de fallos y permitiendo aumentar la complejidad de las tareas a desarrollar. Esta mejora, se logra esencialmente a través de una redistribución de cargas de trabajo en los integrantes del enjambre, lo que conduce a una relación de mando especializada donde cada “dron” además de seguir a un “líder”, tiene una programación previa sobre la misión, aminorando así, los tiempos de ejecución y extendiendo los límites de las operaciones a niveles antes alcanzados por aeronaves convencionales o sistemas de armas complejos.

“Todo perfeccionamiento de las armas de fuego supone una ventaja para la actitud combativa” Giulio Douhet – El dominio del aire desde su aparición como un componente de la guerra, el Poder Aéreo alcanzó un estatus principal en el accionar de los ejércitos a través del tiempo y de los diferentes conflictos acaecidos en el planeta, teniendo repercusiones directas sobre aspectos claves como la política, el desarrollo de estrategias defensivas y las campañas militares a todo nivel (estratégico, operacional y táctico).



La capacidad de superar cómodamente las barreras geográficas y franquear con absoluta facilidad los sistemas de seguridad concebidos para obstaculizar y retardar el avance en los dominios terrestre y fluvial/marítimo, afianzaron a la aviación como un medio eficiente y eficaz en diversos teatros de operaciones, permitiendo extender de manera considerable el alcance de las operaciones, entregando resultados rápidos, precisos y contundentes.

Ha sido entonces, a través de la aplicación de sus principios rectores (velocidad, flexibilidad, versatilidad, control centralizado-ejecución descentralizada) que la aviación militar facultó el dominio de la tercera dimensión, posibilitando la neutralización de los centros de gravedad del oponente, rompiendo la cohesión de las tropas, limitando su capacidad para combatir y menguando profundamente su moral. Pero, las mismas bondades que se conjugaron como un éxito bélico, contribuyeron simultáneamente a que el Poder Aéreo se consolidara como un objetivo potencialmente rentable, especialmente cuando se encuentra en tierra.

Es importante hacer énfasis en que este, el Poder Aéreo, no está constituido meramente por aeronaves y tripulaciones, incluso no solo por la Fuerza Aérea de determinado país, sino que amalgama capacidades aeroespaciales, instalaciones e infraestructura aeronáutica militar y civil; pistas, aeródromos, radares, ayudas de navegación aérea, centros de instrucción, estructuras de comando y control, sistemas de armas y, personas, configurando a su protección como una tarea compleja y multidimensional que debe incorporar oportuna y apropiadamente, elementos conceptuales, tecnología y procedimientos asertivos.

Analizando las dinámicas sociales colombianas, marcadas por el conflicto interno duradero, asimétrico y donde el empleo del Poder Aéreo fue concluyente para reducir de manera directa el accionar delictivo de Grupos Armados Organizados (GAO), se evidencia el alto riesgo



al que estuvo expuesto el CFPAEC. Más aún, cuando las operaciones planificadas y ejecutadas desde las BFA, tuvieron como resultados, las bajas de cabecillas criminales como:

- ✓ Gustavo Rueda Díaz alias 'Marín Caballero'
- ✓ Tomás Medina Caracas alias 'El Negro Acacio'
- ✓ Víctor J. Suárez Rojas alias el 'Mono Jojoy'
- ✓ Guillermo León Sáenz Vargas alias 'Alfonso Cano'
- ✓ Luis Edgar Devia S alias 'Raúl Reyes'

En ocasiones, significaron la desaparición de frentes enteros. Considerando que la tentativa de neutralizar el Poder Aéreo en tierra fue un legado subversivo aprendido desde el Frente Farabundo Martí para la Liberación Nacional (FMLN), quienes, en 1982, tras un ataque a la base aérea militar de Ilopango inutilizaron con explosivos, entre once y veintiocho aeronaves, dejando aproximadamente diez bajas. Se resalta que ese hecho sirvió como antecedente de éxito a la nefasta tendencia replicada por las FARC, quienes, tras diversas modalidades terroristas intentaron destruir las aeronaves, instalaciones o atentar contra las personas que integraron la FAC.

Casos puntuales ocurrieron en 1991, cuando ocho integrantes del Ejército de Liberación Nacional (ELN) irrumpieron en la Base Aérea sede del Comando Aéreo de Combate No. 3 (CACOM 3), en el municipio de Malambo – Atlántico, con la intención de destruir las aeronaves destacadas allí y asesinar al personal de tripulantes, siendo repelidos por un centinela, que resultó muerto tras el enfrentamiento con los terroristas. De modo similar, en el mes de octubre de 2003, una estructura perteneciente a las FARC, atacó con un cohete de fabricación artesanal al Comando Aéreo de Transporte Militar (CATAM), el cual fue lanzado desde una vivienda cercana a las instalaciones del aeropuerto internacional El Dorado, impactando en la central de



bomberos aeronáuticos de dicha terminal aérea, generando daños menores y caos en las localidades circundantes.

Lamentablemente, en enero del 2020 una facción del ELN perpetró un atentado contra el Grupo Aéreo del Casanare (GACAS), empleando una volqueta cargada de cilindros explosivos, los cuales impactaron dentro de la BFA, generando daños materiales a la infraestructura de viviendas, sin comprometer las vidas de oficiales, suboficiales o soldados. Aunque entre los ejemplos aludidos en el párrafo anterior hay una brecha temporal de más de treinta años, conservan un común denominador:

La existencia de una amenaza endémica, que busca deteriorar la Fuerza Pública a como dé lugar, tratando de neutralizar el poder Aéreo mientras se encuentra en tierra. Si se aúna a ello, la tendencia de mantener sistemas de seguridad reactivos, que sustentan su accionar en medidas pasivas y mecanismos de retardo enfocados a fuerzas de superficie, con bajo nivel de tecnificación y que se complementan por dispositivos militares rutinarios; se conjuga una fórmula para que tarde o temprano se materialicen los riesgos, bajo cualquiera de sus modalidades.

Es evidente entonces, la necesidad imperante de concebir cursos de acción que brinden un ángulo amplio, no sólo de los tipos de barreras físicas que se impondrán en las instalaciones que contienen elementos del CFPAEC, y que permitan actualizar el concepto bajo el cual se protegerá ese componente físico, integrando soluciones tecnológicas a las tradicionales Técnicas, Tácticas y Procedimientos que dicta la doctrina.

Lo dicho hasta aquí supone un cambio radical para las operaciones de Seguridad y Defensa de Bases dentro de la FAC, ya que, al momento de iniciar esta investigación no se contaba con procedimientos para ejecutar maniobras automatizadas, ni códigos operacionales



que faculten la posibilidad de operar conjunta, coordinada ni combinadamente, limitando el espectro de la protección del CFPAEC a un Área de Interés (AIN) reducida donde escapan la mayoría de factores generadores de riesgo.

En consecuencia, esta propuesta será un camino inicial que buscará incrementar las capacidades de la Fuerza Aérea Colombiana e incluso, vislumbrar posibilidades operacionales conjuntas, coordinadas y combinadas (debido a la proximidad de Brasil y Perú), sentando las bases que, a la larga, irán sustituyendo los medios inflexibles y anacrónicos de los equipos empleados en misiones de vigilancia hasta hoy.

Estado del Arte

Antecedentes

A efectos de tener un respaldo teórico que permita conocer aspectos relacionados con procedimientos de seguridad y defensa en las diferentes entidades que hacen parte de la fuerza pública y en el sector privado, tanto del orden nacional como internacional, se revisó la literatura científica en torno a conceptos como uso de vehículos aéreos, terrestres y marítimos no tripulados, actividades de vigilancia perimetral y automatización de dispositivos electrónicos, encontrando los siguientes antecedentes en libros, artículos de investigación y repositorios institucionales de trabajos de grado en los últimos diez años:

Desarrollo del sistema de navegación autónoma para el “UAV 1” de la Escuela Naval de Cadetes “Almirante Padilla”. (ARMADA NACIONAL). En 2013, Araújo & García presentan los resultados de una investigación innovadora en la que desarrollan un sistema de hardware y software para construir un piloto automático, que permita hacerle seguimiento a un plan de vuelo previamente definido para un UAV - vehículo aéreo no tripulado. Utilizando como instrumentos



de medición diversos sensores electrónicos principales integrados, se logran recolectar y muestrear “datos, necesarios para el análisis y modelamiento de la dinámica de vuelo del UAV” (p. 89). El proyecto concluye que, con su implementación, se garantiza “el incremento de los índices de seguridad del personal, la reducción de costos y la disponibilidad y adaptabilidad en todo momento de los equipos o sistemas que se requieran (de) acuerdo (con) las diversas situaciones o ambientes operacionales existentes” (p. 98).

Arquitectura de Control Modular y Escalable para la Navegación de Sistemas Autónomos No Tripulados. (ARMADA ESPAÑOLA). Lastra et al. (2015), presentan los resultados de un proceso de investigación, en el cual se propone un rediseño del sistema para el control remoto de infraestructura submarina, a partir de sistemas autónomos no tripulados. La propuesta de este sistema parte del objetivo de inspeccionar cables submarinos a partir del uso de sistemas autónomos no tripulados en entornos no estructurados” (p. 114). A partir de una metodología basada en análisis de imágenes, se propone una arquitectura para el seguimiento y monitoreo de cable submarino, generando como resultado una propuesta que incluyen varios módulos, tales como navegación, adquisición y procesamiento de imágenes emitidas por el sonar, evitación de obstáculos, pérdida de cable y módulo de ejecución. La conclusión que presentan los investigadores señala que este tipo de arquitectura con el uso de vehículos autónomos no tripulados, reduce los tiempos para identificar y seguir el objeto, confiriendo una operación “más fiable y segura” (p. 120).

Sistema de vigilancia perimetral asistido por vehículos aéreo no tripulado para monitoreo de amenazas a la seguridad (GUATEMALA). En 2016, Reyes presentó una propuesta para diseñar un sistema de vigilancia perimetral, luego de plantearse como problema de investigación la posibilidad de que a través de drones se permitiera monitorear amenazas que



representen un riesgo a la seguridad perimétrica de una instalación específica. El objetivo giraba en torno a la necesidad de maximizar las condiciones de seguridad con la menor cantidad de recursos posibles. A partir de un método combinado de pruebas, logró como resultado determinar las características técnicas mínimas que un dron requiera para su propósito investigativo, concluyendo la importancia del sistema de vigilancia perimetral con aeronaves no tripuladas, dado que la configuración de la aeronave con 4 rotores proporciona maniobrabilidad y estabilidad, fundamentales para acoplar un sistema de vigilancia perimetral en la misma.

Seguridad transnacional por medio de drones de última tecnología en las fronteras ecuatorianas y venezolanas (EJERCOL). A partir de la identificación de un problema de investigación relacionado con las características del conflicto colombiano en las últimas décadas, Suárez (2017), plantea la necesidad de incluir la tecnología de drones en las actividades de control territorial, seguridad de fronteras y la cooperación transnacional. Así, apelando a una metodología de rastreo documental, logra resaltar aspectos relacionados con la seguridad transnacional, y entre los resultados de la investigación, el autor señala que la conveniencia del uso de drones en actividades militares está privilegiada por la capacidad de autonomía del aparato, su fácil ocultamiento (mimetismo) y la capacidad de obtener imágenes en tiempo real. En este trabajo, se concluyó que “los drones son efectivos en” la “búsqueda de información aplicada a operaciones militares y como uso de la seguridad transnacional”, dado que “apoyan de manera acertada, en tiempo real la toma de decisiones en el planeamiento táctico operacional, soportado por los Factores METTT-P (Misión, Enemigo, Tiempo, Terreno, Tropas disponibles y Población Civil)”.



Retos y Tendencias de la Transformación Digital para la Empresa Colombiana: Desafío de personas no de tecnología. La transformación digital es un fenómeno de actualidad en un mundo globalizado, mediante el cual las organizaciones adaptan sus procesos, el funcionamiento interno, las relaciones interpersonales, los servicios y productos, la infraestructura y la cultura a las nuevas tecnologías y la innovación (Marulanda, 2018). Es por ello que en el trabajo de investigación sobre los retos y tendencias de la TD, se presenta como resultado que las organizaciones públicas y privadas, deben acoplarse a la era digital, donde los desarrollos crecen de manera exponencial; por ello, la necesidad de adoptar “tecnologías digitales en todos los sectores” (p. 29) y apelar a la ciberseguridad en un mundo dominado por la tecnología. La primera conclusión del trabajo señala que “los cambios y transformaciones impulsados por tecnología tienden a sustituir tareas más rutinarias”, por lo que en un futuro cercano, es evidente que algunas labores serán automatizables” (p. 30).

Sobrevolando la seguridad ciudadana con la nueva tecnología dron en Bogotá (PONAL). Carrillo (2018), presenta un trabajo de investigación en el que plantea la posibilidad de que las aeronaves no tripuladas tipo dron sean utilizadas en actividades de seguridad ciudadana. El objetivo fue generar recomendaciones en torno al uso de drones por parte de entidades oficiales para las actividades propias de su misionalidad en materia de seguridad. La metodología fue basada en estudios de caso, resaltando experiencias exitosas en las cuales el uso de drones permitió que algunos eventos de afluencia masiva de público tuvieron un control mayor que sin el uso de los mismos. Entre los resultados de esta investigación, se destaca que la tecnología basada en drones requiere un protocolo especial que incluye los permisos de la autoridad aeronáutica, requisitos técnicos y tecnológicos, seguros contra todo riesgo, la protección de datos



y la protección el medio ambiente. En el apartado de los resultados y las conclusiones, se señala la necesidad imperiosa de formular estudios de factibilidad en donde se apele a las tecnologías para que el dron escanee, monitoree y realice in situ el seguimiento para mejorar la detección y garantizar una reacción más rápida, reduciendo a niveles mínimos el impacto de la acción delincinencial en la sociedad.

La necesidad del empleo de UAV en seguridad fronteriza (EJERCOL). En 2019, Cárdenas et al., plantearon un problema de investigación relacionado con las actividades realizadas por el Ejército Nacional en zona limítrofe terrestre entre Colombia y Venezuela, en jurisdicción de la Alta Guajira. El problema daba cuenta de la escasez de equipos para realizar una cobertura militar eficaz, por lo que se han presentado diversos hechos irregulares e incidentes por violación fronteriza. Las unidades militares no disponían de los equipos necesarios para realizar una cobertura eficiente que salvaguardase la soberanía nacional y previniera o evitara incidentes fronterizos; además de la debilidad para neutralizar delitos transnacionales. Por tal motivo presentaron “una propuesta viable y conducente para mejorar el control militar en la frontera terrestre Colombo-venezolana en la Alta Guajira, entre los corregimientos de Paraguachón y Castilletes”. Entre los resultados del trabajo investigativo se resaltó que las capacidades del Grupo Blindado Mediano “GR. Gustavo Matamoros D’Costa”, unidad militar de caballería a cargo de la protección soberana, no están aptas para garantizar la seguridad fronteriza del territorio que le corresponde sobre la Alta Guajira. Por lo anterior, se concluyó la importancia para dicha fuerza militar “la implementación de los drones para el cumplimiento de las misiones de caballería ya que estos sistemas son una herramienta funcional y efectiva para el planeamiento y ejecución de operaciones militares, lo cual ha sido demostrado



alrededor del mundo”. Además, se propone que los vehículos y otras capacidades sean adaptadas con UAV (Unmanned Aerial Vehicles).

Innovaciones tecnológicas en las fuerzas militares de los países del mundo: una revisión preliminar (EJERCOL). Entretanto, Espitia et al. (2020), realizaron una investigación preliminar planteando como pregunta problémica orientadora sobre las innovaciones tecnológicas más vanguardistas por parte de las fuerzas militares en distintos países, para permitirse un “mayor control, protección y seguridad en el territorio”. La metodología, basada en la revisión de publicaciones oficiales en sitios de Internet, permitió categorizar en dieciocho áreas la información recolectada para identificar patrones. Entre los resultados, se destaca que “las innovaciones brindan herramientas técnicas eficaces para el cumplimiento de las misiones”. La categoría de defensa es una de las más avanzadas, destacando que varios países, como Estados Unidos, Rusia y China, que están a la vanguardia en innovaciones, hacen cada vez más un mayor uso de aeronaves no tripuladas para actividades de defensa, concluyendo que, “los avances tecnológicos son una herramienta eficaz que brinda ventajas operativas, ofrece entornos virtuales y medios tecnológicos estratégicos para el cumplimiento” de los objetivos de seguridad y soberanía de los territorios.

Uso de plataformas offshore y vehículos no tripulados para vigilancia del territorio marítimo colombiano (ARMADA). Al revisar los antecedentes sobre el uso de vehículos no tripulados, UAV, por parte de la Armada Nacional en actividades propias de su misionalidad, se encontró que Díaz y Zapata (2020), formularon una iniciativa investigativa, a partir de la formulación de “un sistema integrado de vigilancia, reconocimiento y supervisión del territorio



marítimo”. El objetivo fue optimizar e incrementar la efectividad de los recursos de la Armada Nacional, y en la metodología apelaron a un diseño de investigación proyectivo, por cuanto plantearon una solución práctica a un problema futuro, utilizando como instrumento para recolectar la información un estudio económico y una encuesta, procediendo al análisis de datos cualitativos y cuantitativos. La principal conclusión fue que implementando este nuevo sistema, apoyado por vigilancia mediante UAV, la Armada Nacional podría incrementar su cobertura a áreas marítimas sensibles, reduciría los gastos operacionales y garantizaría que esta fuera eficaz, flexible y capaz de responder ante los riesgos, amenazas y peligros a los que se ve avocado el escenario naval.

Propuesta de vigilancia y seguridad urbana empleando dispositivos UAV (unmanned aerial vehicle) en la ciudad de Cúcuta (PONAL). A partir de la identificación de múltiples factores asociados al delito en Cúcuta, Villamizar y Salcedo (2021), plantean una propuesta de vigilancia y seguridad mediante el apoyo de tecnologías y técnicas de macrolocalización. Su objetivo fue proponer el sistema de vigilancia urbana utilizando UAV - vehículos aéreos no tripulados (Unmanned aerial vehicle), “a fin de mejorar la capacidad de respuesta, cobertura geográfica y prevención” en la capital norsantandereana. Para tal fin, a través de un estudio experimental en el que fueron utilizados instrumentos tales como guías de observación, diario de campo, listas de cotejo, matrices de delitos y entrevistas, todos ellos bajo la orientación de la Policía Metropolitana de Cúcuta, fue posible desarrollar el proyecto, cuyos resultados permitieron identificar zonas grises, mapas de calor, riesgos y vulnerabilidades para la seguridad, actores hostiles y cuadrantes priorizados. La conclusión principal de esta investigación fue que la implementación de “drones” en actividades de vigilancia, estableciendo itinerarios, horarios,



rutas principales, rutas alternas, zonas priorizadas, podría ser de alto impacto en la neutralización de amenazas a la seguridad.

Estandarización de procedimientos en el aprovechamiento de los Sistemas Electrónicos de Seguridad en las bases de la Fuerza Aérea Colombiana. En su trabajo de investigación relacionado con la Dirección y Gestión de la Seguridad Integral, Álvarez (2019), presenta una propuesta investigativa en la que propone estandarizar un procedimiento en el que los sistemas electrónicos de seguridad sean aprovechados para que se puedan “identificar, analizar, evaluar y monitorear los diferentes riesgos que puedan afectar” (p. 7) al recurso humano, la infraestructura crítica y la información de unidades militares aéreas. A partir de una encuesta y una entrevista, el autor encontró que los Sistemas Electrónicos de Seguridad, SES, pueden ser aprovechados gracias a la “analítica de vídeo, inteligencia artificial, Big Data, Block Chain” (p. 7) de tal forma que respondan a las exigencias del mando institucional y a la garantía de seguridad y defensa de las bases de la Fuerza Aérea, concluyendo que la estandarización de dicho procedimiento será efectivo para proteger y preservar “los activos vitales y estratégicos para la organización (continuidad del negocio)”.

Estimación de coeficientes de fricción de vehículos en superficies utilizando drones – Unmanned Aircraft Systems (PONAL). Higuera et al. (2022), identificaron que desde la década de 1970, las autoridades han hecho uso de diversas técnicas para llevar a cabo los peritajes en torno a la ocurrencia de accidentes de tránsito. Así, “dentro del proceso metodológico realizado en la reconstrucción de accidentes de tránsito”, identificaron la necesidad de determinar los coeficientes de fricción o desaceleración en diferentes clases de eventos, para establecer con



mínimos márgenes de error las velocidades de circulación de los vehículos involucrados, a partir de categorías como el tipo de vehículo, estado y material de la superficie, geometría de la calzada. Esta investigación tuvo como objetivo mostrar que “los datos obtenidos de las imágenes de video tomadas por un Vehículo Aéreo No Tripulado DJI Mavic Pro y procesadas en software educativo *Tracker*® se pueden comparar con la información registrada con un acelerómetro digital VC4000”, empleando un método de corte experimental luego de observar, recolectar, analizar e interpretar datos en un entorno controlado. Entre los resultados, lograron determinar que los métodos más empleados para establecer los coeficientes de velocidad han sido el análisis estadístico de datos, mediciones en el campo, herramientas de tecnología básica y avanzada, acelerómetros digitales, procesamiento de imágenes con cámaras de video, siendo una de las conclusiones, que el uso de vehículos aéreos no tripulados es una adecuada propuesta por sus costos inferiores, por la relación entre su economía y la información que pueda aportar y por ser una opción versátil para ejecutar operaciones y actividades de alto rendimiento.

En virtud de los antecedentes referidos, a pesar de que se logró encontrar en la literatura científica algunos documentos resultados de investigaciones que guardan relación con el tema de estudio, es pertinente señalar que no fueron hallados trabajos de investigación enfocados en una base de la Fuerza Aérea y un grupo aéreo específico como lo es el GAAMA, el uso de vehículos aéreos pequeños no tripulados para apoyar las actividades de seguridad y defensa perimetral de bases, ni la automatización de los mismos.

De lo anterior se desprende que este trabajo de investigación contribuirá a la generación de conocimiento frente a cómo a partir de un diagnóstico de seguridad, se puede plantear la implementación de un procedimiento, mediante el uso de SUAS automatizados, para la vigilancia perimetral de la BFA-GAAMA



Capítulo 2. Marco de referencia

En este capítulo se presentará un marco de referencia en el que se presentarán teorías asociadas a la seguridad y defensa, y elementos teóricos, legales y conceptuales que guardan relación con el objetivo general de este trabajo de investigación, reflejando casos de diferentes Fuerzas Militares y Policiales en otros países, incorporando posteriormente, apartes de la experiencia registrada por el Ejército, la Armada, la Policía Nacional, agencias de seguridad del Estado y empresas civiles dedicadas a la seguridad. Lo anterior fungirá como sustento práctico y permitirá robustecer la línea central de esta investigación, integrando conceptos conjuntos y coordinados, los cuales no han sido ahondados en la doctrina vigente que direcciona las operaciones de seguridad y defensa dentro de la Fuerza Aérea Colombiana.

De manera subsecuente, en este aparte del trabajo se introducirán conceptos básicos particulares relacionados con los riesgos, los activos de alto valor y SUAS, permitiendo su identificación conceptual y técnica, estableciendo así una clara diferenciación entre plataformas aéreas tales como: RPAS (Remotelly Piloted Aircraft Systems – Aeronaves Piloteadas a Distancia), UAV (Unmanned Aircraft Vehicle), VANT (Vehículo Aéreo No Tripulado) o ART (Aeronave Remotamente Tripulada) – Tomado de la Resolución 4201 de 2018 de la Aeronáutica Civil Colombiana. Lo anterior es de cardinal importancia, ya que tiene relación directa con el cumplimiento del objetivo general planteado como eje del presente documento académico.

Es necesario recalcar que en acatamiento a los objetivos específicos, se construirá un contexto general que sustente la necesidad de emplear SUAS en el GAAMA, analizando previamente factores claves que permitan priorizar la toma de cursos de acción sustentables y efectivos, remarcando la cantidad y tipo de amenazas a la seguridad de la BFA (narcotráfico,



homicidios, tráfico ilegal de armas y explosivos, depredación del medio ambiente), analizando la disponibilidad de recursos económicos asociados a la protección del CFPAEC.

Teniendo en cuenta la cantidad de personal en actividades que afectan directa e indirectamente la seguridad y defensa de la Base Aérea, así como su nivel de entrenamiento, detectando por último las limitaciones del actual sistema de seguridad (medidas pasivas, medidas activas, diseño conceptual, movilidad, cargos, etc.), destacando las ventajas que las plataformas objeto de estudio (SUAS), aportarán al desarrollo de operaciones y maniobras tendientes a procurar la indemnidad permanente de los elementos constitutivos del Poder Aéreo y Espacial asignados al Grupo Aéreo del Amazonas.

Por último, se presentará una noción básica de Inteligencia Artificial, abordando aspectos como el Machine Learning (ML) y Deep Learning (DL), con el fin de determinar su relación con los patrones de vuelo automatizados y la vigilancia con SUAS propuesta para el GAAMA.

Política de Seguridad, Defensa y Convivencia – Garantías para la Vida y la Paz – 2022-2026 del Ministerio de Defensa Nacional

El presente trabajo de investigación refiere algunas categorías fundantes, como son la seguridad y vigilancia perimetral, la automatización y el uso de vehículos aéreos no tripulados, bajo las denominaciones de SUAS, UAS, drones, entre otros. Es así que se plantea como marco referencial para el mismo las tesis y teorías formuladas en la Política de Seguridad, Defensa y Convivencia – Garantías para la Vida y la Paz – 2022-2026 (PDS, 2022), que reúne toda una serie de conceptos y doctrina en torno a las categorías fundantes antes señaladas, que dan respaldo, no solo legal sino también procedimental, al problema y al objetivo general de investigación, en particular, con los diagnósticos de seguridad de instalaciones, las acciones



institucionales para la prevención de materialización de los riesgos, la protección estatal e institucional que se pretende mantener mediante los activos de alto valor, y las actividades de vigilancia y control de instalaciones militares.

Así, la presentación de la Política de Seguridad, Defensa y Convivencia, de obligatoria ejecución por parte de las instituciones encargadas por velar que la defensa nacional y la seguridad del territorio se mantengan, centra su filosofía en prevenir, disuadir, combatir y controlar cualquier tipo de amenaza nacional y transnacional en áreas rurales y zonas urbanas. Propende por ampliar a todos los rincones del territorio nacional las gestiones posibles para garantizar el ordenamiento jurídico, señalando que la falta de implementación de estrategias, tácticas y técnicas en algunas partes del territorio nacional fue la causa de que en años anteriores se materializaran acciones ofensivas, terroristas y delincuenciales contra la población, las instituciones, la infraestructura del Estado y los intereses de la Nación.

Un aspecto importante está relacionado con la recuperación de la confianza institucional en lo que tiene que ver con la seguridad, y para ello es prioritario que se incremente “la eficiencia de la prestación de los servicios de seguridad” (PND, p. 5). A partir de un arduo trabajo de revisión documental desde el Ministerio de Defensa Nacional, en el que se incluyeron recomendaciones por parte de las fuerzas militares y la Policía Nacional, datos estadísticos provistos por instituciones oficiales y el sector privados, organizaciones nacionales e internacionales con acceso a investigaciones e información sobre seguridad territorial y criminalidad, fundaciones promotoras de derechos humanos, analistas y académicos, se llegó a la conclusión de que las necesidades de innovar los procedimientos que realice el Estado colombiano para garantizar la seguridad y la defensa, bajo el respeto de los Derechos Humanos, están basadas en los siguientes aspectos:



En primer lugar, que la dinámica del conflicto en nuestro país tomó un nuevo matiz luego de la firma del Acuerdo de Paz entre el Gobierno Nacional y las FARC en 2016. Segundo, el nuevo panorama en la seguridad implicó nuevos intereses criminales por parte de grupos emergentes, delincuentes comunes que han ampliado su espectro delictivo y su capacidad de afectación a las instituciones, y nuevas formas de afectación a la población y la institucionalidad. Tercero, hay “fallas en la articulación entre entidades estatales” (p. 9), que impactan negativamente en la percepción de seguridad y en la confianza en las instituciones del Ministerio de Defensa. Cuarto, persisten los delitos contra el medio ambiente, con afectación a futuras generaciones. Y quinto, algunas capacidades de las Fuerzas Militares y la Policía Nacional son obsoletas para proteger los elementos del territorio del estado: aire, tierra y mar; y esto “nos obliga a actualizarnos para la defensa del ciberespacio” (p. 9)

A partir de los anteriores hallazgos, la PDS propone entre sus objetivos “proveer condiciones de seguridad y protección para la vida, la integridad personal y el patrimonio” (p. 9), “salvaguardar la integridad territorial” y fortalecer las capacidades de la Fuerza Pública, situaciones que se corresponden con los objetivos de este trabajo de investigación, por lo cual se plantea un derrotero que incluye: marco estratégico, diagnóstico, principios, objetivos, estrategia y seguimiento y monitoreo.

- a) *Marco estratégico* de la PDS se remite al concepto de seguridad humana de la ONU del año 2003, en el que se da cuenta de que las amenazas a la seguridad pueden tener múltiples espectros, que las amenazas se dan de acuerdo al contexto, y de acuerdo al contexto “las respuestas deben ser adaptadas” (p. 12), y que la prevención y no la reacción debe ser la carta de navegación en materia de seguridad y defensa.



- b) *Diagnóstico*. La PDS recalca la persistencia de las violencias en nuestro país, y que existe una amenaza multi criminal latente en los territorios. Además, en su afán de mantener su vigencia delictiva, los actores armados pueden afectar las instituciones que los enfrentan, entre ellos, las fuerzas militares. De allí la necesidad de fortalecer los procedimientos militares que aseguren el mantenimiento del componente físico, aéreo y ciberespacial.
- c) *Principios*. Los anteriores propósitos se deberán potenciar a partir de los principios de “protección eficaz” con acciones medibles; “adaptabilidad” de las estrategias a la realidad cambiante de la amenaza y a la diversidad de los contextos; “diferenciación y priorización”, de acuerdo a la vulnerabilidad de los territorios; “prevención” traducida en la predicción y anticipación de las afectaciones, para evitarlas o disminuirlas; “gradualidad”, de acuerdo al mayor o menor grado de afectación y las amenazas; “participación” corresponsable: comunidad y autoridades; “liderazgo civil”, permitiendo que una parte de la comunidad pueda realizar aportes, bajo el marco de la ley, para que las instituciones desarrollen con efectividad la seguridad y defensa nacional; “legitimidad”, en la que las actuaciones de las fuerzas militares y de policía tengan apego estricto a la Ley, los derechos humanos y el género; “igualdad y no discriminación” de los grupos minoritarios y poblaciones vulnerables; “integralidad” de políticas institucionales y acciones estatales; “género y diversidad”, permitiendo la participación de todos los sectores sociales; y, “Derecho Internacional Humanitario” y tratados internacionales, como principal marco normativo de actuación.
- d) *Objetivos*. La protección de la vida, generar condiciones óptimas de seguridad y eliminar todo tipo de violencia en el control territorial es el principal objetivo de la PDS,



alcanzable proveyendo condiciones de seguridad y protección, salvaguardando el orden constitucional y fortaleciendo las capacidades y la legitimidad de la Fuerza Pública.

e) *Estrategias*. En lo que respecta de forma particular a la misión constitucional de la Fuerza Aérea Colombiana, la PDS contempla algunas estrategias a las que están alineados los objetivos del diagnóstico de seguridad de la BFA GAAMA y fortalecer su seguridad mediante maniobras de vigilancia perimetral automatizada mediante el uso de SUAS, destacando que las estrategias para que haya condiciones de seguridad y protección estatal e institucional incluyen:

- i.** La defensa integral del territorio entraña poner al servicio de la seguridad y la defensa todas las capacidades de la Nación, incluyendo la protección de los activos estratégicos.
- ii.** Impulsar proyectos de la Fuerza Aérea Colombiana relacionados con su flota, destinados a mantener su capacidad estratégica.

Las estrategias relacionadas con la salvaguarda del territorio y su integridad, la soberanía, el orden constitucional y la independencia de la Nación involucran:

- i.** Fortalecer la capacidad del poder aéreo y espacial.
- ii.** En las zonas más apartadas del país, aprovechar las capacidades tecnológicas para dar cuenta de la acción estatal.
- iii.** Contrarrestar los posibles escenarios que puedan generar inestabilidad de los sectores estratégicos del país.
- iv.** Reducir los agentes desestabilizadores en zonas de frontera.



- v. “Proteger la infraestructura estratégica-crítica del país” (p. 73) mediante capacitación, proyectos de innovación, nuevas tecnologías y simplificación de procesos.

Finalmente, se plantean unas estrategias para fortalecer a las Fuerzas Militares y la Policía Nacional, destacando las siguientes rutas de acción:

- i. Fortalecimiento de la estructura organizacional.
- ii. Gestionar el conocimiento y la transformación digital.
- iii. Ejecución de procesos con criterios de “sostenibilidad y eficiencia del gasto, transparencia” (p. 78).
- iv. Avanzar “en el fortalecimiento del plan de transformación digital, el desarrollo de sistemas de información interoperables, la evaluación y la adopción de tecnologías de código abierto, la evaluación y la proyección de la infraestructura tecnológica y la implementación de nuevas tecnologías” (p. 78).
- v. “Implementar herramientas logísticas y tecnológicas que simplifiquen y agilicen los procesos, contribuyan al uso racional de los recursos y disminuyan las posibilidades del error judicial” (p. 78).

De acuerdo con lo anterior, la Política de Seguridad, Defensa y Convivencia – Garantías para la Vida y la Paz – 2022-2026 del Ministerio de Defensa Nacional, que ha sido alineada con el Plan Nacional de Desarrollo, la Constitución Política y el derecho internacional, se constituye en un marco de referencia idóneo para que pueda apoyar la vigilancia perimetral de una BFA mediante el uso de tecnologías automatizadas, en el caso particular del GAAMA, mediante el uso de SUAS.



Marco Legal

Con el ánimo de orientar los objetivos del trabajo de investigación hacia el cumplimiento del orden legal y constitucional, se realiza una revisión de las normas vigentes que le dan sustento jurídico a las actividades de vigilancia perimetral automatizada mediante el uso de pequeños vehículos aéreos no tripulados. Así, se parte de la Constitución Política de Colombia (1991), que en sus artículos 216 y 217 señala que la defensa de la nación estará a cargo de las fuerzas militares, cuyo fin primordial será garantizar el poder soberano, la independencia, la preservación integral del territorio nacional y contribuir a que el ordenamiento jurídico de la constitución sea acatado y respetado. Sobre esta línea del mandato constitucional, la Fuerza Aérea tiene un papel fundamental, correspondiéndole como misión el ejercicio y mantenimiento del dominio del espacio aéreo, y para cumplir con ello, bajo el estricto apego de la Ley, es pertinente realizar todo tipo de acciones que garanticen la protección de las mujeres y hombres que integran la fuerza, la protección de los activos y la anticipación y neutralización de amenazas externas, tal como se plantea en este trabajo de investigación.

De lo anterior se desprende una correspondencia con lo planteado en el Código de Procedimiento Administrativo y de lo Contencioso Administrativo (Ley 1437 de 2011), el cual señala en su artículo No.1 que las normas de su primera parte, pretenden la protección y garantía de los derechos y libertades públicas, dándosele prelación a los intereses generales sobre los particulares o individuales. Además, las autoridades deben sujetarse a la Constitución y la Ley en todo momento para cumplir con los fines esenciales estatales, bajo principios de eficiencia y democracia. En este aparte se debe entender la eficiencia como el óptimo aprovechamiento de los recursos con que cuentan las instituciones del Estado. Entretanto, el artículo 2 hace la salvedad de que en las fuerzas militares, entre ellas la Fuerza Aérea Colombiana, cuando de



procedimientos relacionados con la seguridad y la defensa nacional se trate, se pueden omitir algunos trámites e implementar otros que sean considerados imperiosos y necesarios, dada la inmediatez requerida para conjurar situaciones que puedan afectar el orden público o que puedan constituirse en obstáculos para que la fuerza cumpla con su mandato constitucional.

Ahora bien, dándole un enfoque más aproximado al objeto central del presente trabajo de investigación, se puede encontrar un respaldo jurídico al uso de SUAS en actividades de vigilancia perimetral, en el artículo 135 de la Ley 1955 de 2019 (Plan Nacional de Desarrollo), “*Dispositivos de escaneo para la vigilancia fronteriza y nacional*”. En dicho artículo, se plantea que a través del Ministerio de Defensa Nacional u otros órganos, el Gobierno Nacional podrá consolidar el control que las instituciones realicen en los territorios para enfrentar el crimen organizado, las rentas criminales y economías ilícitas y cualquier infracción a la Ley, mediante el uso de dispositivos tecnológicos. La pretensión de esta norma es que la estrategia de política pública implemente y disponga de inversiones y mecanismos idóneos para adquirir equipos tecnológicos y demás infraestructura que facilite y coadyuve a vigilar las zonas de fronteras y el territorio nacional, de tal forma que la Seguridad y Defensa Nacional del Estado sean salvaguardados, controlando los pasos de frontera, luchando contra cualquier forma de economía no legal, defendiendo y protegiendo a las instituciones militares colombianas y la población civil, ante posibles vulneraciones a la seguridad de las instalaciones y ataques terroristas. Además, el uso de dispositivos tecnológicos de escaneo ayudará a combatir el narcotráfico, el tráfico de armas, municiones y explosivos, la trata de personas, el contrabando, los delitos contra el medio ambiente, entre otras acciones contrarias a la Ley. Dicho Plan Nacional de Desarrollo, señala también que para el control, vigilancia y combate de las referidas conductas antijurídicas o cualquier otra que se estime de importancia para la defensa y seguridad nacional, los equipos,



infraestructura o software que deban adquirirse deberán habilitar y permitir en forma fija, móvil, o de manera remota el seguimiento, escaneo, detección y transmisión de imágenes que incluyen, entre otros aspectos, (detección de objetos y personas) y visualización de imágenes de rayos X, rayos gamma y demás. Todas estas imágenes captadas por dispositivos de tecnología visual contribuyen en alto grado a la preservación de los elementos del orden público, a la seguridad y defensa, a garantizar el orden democrático, el régimen constitucional y el funcionamiento de las instituciones (PND, artículo No. 135).

Para la vigencia del Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026, el capítulo 7, que refiere toda la planeación en materia de defensa nacional, refiere, entre otros aspectos, que en zonas de frontera se implementarán los mecanismos necesarios para “reducir los factores desestabilizadores” de la defensa nacional y la seguridad, se deberán utilizar las capacidades para proteger los activos estratégicos y que las tecnologías garantizarán la eficiencia de las instituciones del Estado.

Adicionalmente, la Resolución 001 de 2020, que emite el Reglamento Aeronáutico Colombiano de la Aviación de Estado, resuelve adoptar la norma RACAE 91 “Reglas de vuelo y operación”. En esta, se establece que las aeronaves remotamente tripuladas, UAS, que hagan parte de la Aviación de Estado, deben utilizarse de tal forma que se reduzca a mínimos ideales los peligros para las personas, los bienes y/u otras aeronaves.

Por su parte, el Decreto 2937 de 2010, mediante el cual el Presidente de la República designó a la FAC como autoridad aeronáutica de la aviación de Estado, en su parte motiva señala que la estandarización y articulación de procedimientos de la aviación es necesaria para cumplir las misiones que por su naturaleza le corresponden a la FAC, en tanto que en el numeral 6 del artículo 5 considera la pertinencia de liderar, diseñar, desarrollar, fabricar y aplicar tecnologías, a



partir de resultados de investigaciones en materia aeronáutica y espacial, para garantizar la aviación de Estado. Además, es pertinente señalar que el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Defensa (Decreto 1070 de 2015), reglamenta que en la Fuerza Aérea, en el marco de la protección estatal e institucional frente a amenazas internas y externas, debe existir un Cuerpo de Seguridad y Defensa de Bases Aéreas, con ocho especialidades distintas, que deben contribuir a la prevención de riesgos y a la protección de activos de alto valor, mientras que la Disposición 061 de 2017, en el literal b del artículo 6, señala que la misión de los escuadrones de seguridad y defensa de bases es “planear y ejecutar operaciones de seguridad y defensa, para proteger el componente físico del poder aeroespacial asignado a la Base Fuerza Aérea BFA” (p. 24)

Además de los anteriores preceptos legales, el uso de UAS – SUAS – drones entraña principios como la economía y aprovechamiento óptimo de recursos y la minimización de riesgos y peligros. Esta particularidad de la propuesta en este proyecto de investigación tiene soporte normativo en disposiciones oficiales tales como la Resolución 001 de 2018, en cuya parte considerativa señala que las autoridades del orden estatal tendrán la obligación de cumplir con sus actuaciones bajo los principios de austeridad en el gasto y eficacia de los procedimientos, optimizando “el uso del tiempo y de los demás recursos procurando el más alto nivel de calidad en sus actuaciones”. (p. 2)

La operación de aeronaves no tripuladas UAS y SUAS también tiene su marco normativo en los reglamentos aeronáuticos de Colombia expedidos, supervisados y controlados por la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. Así, se toma como referencia la Resolución 04201 del 27 de diciembre de 2018, expedido por la Aerocivil, que incorpora el Apéndice 13 al Reglamento Aeronáutico de Colombia 91 para adoptar diversas disposiciones



para el uso de SUAS. Esta norma es explícita al definir que la condición de autonomía (como en el caso de patrones de vuelo autónomo) de un SUAS es aquella condición según la cual una aeronave no tripulada puede no permitir la intervención de un piloto en la gestión del vuelo. Entretanto, reglamenta que las aeronaves remotamente tripuladas ART son de uso exclusivo militar y pueden ser configurados para su operación sea autónoma y que su operación trascienda más allá de la línea de vista. Es así como, para los propósitos de esta investigación, se retoma lo señalado por el RAC 91: “Autónomo. En el contexto de los UAS, se refiere a un aparato que vuela solo, siguiendo un plan de vuelo programado previamente con base en múltiples coordenadas, sin la intervención de un piloto u operador en su ejecución”. (p. 5)

La norma aeronáutica señala que todo UAS debe ser operado por personas idóneas, que deberán estar debidamente certificadas como explotadores de UAS, ya sea actuando como personas naturales o en representación de personas jurídicas, y que la operación de aeronaves no tripuladas, independiente de su tamaño y autonomía, debe estar precedida por un manual de operaciones y mantenimiento, que contenga “procedimientos, instrucciones y orientación que permita” al personal que dirige la operación del UAS llevarla a cabo de forma segura, tal como se propondrá en la guía de procedimiento pretendida en uno de los objetivos específicos del presente trabajo de investigación.

La Aerocivil también establece que, dadas las condiciones de pertinencia, oportunidad, factores topográficos, la automatización y la autonomía, la operación de UAS puede realizar sin que medie la necesidad de un contacto visual sobre la aeronave (p. 9), siendo, sin embargo, muy importante que en la configuración del vuelo autónomo o remotamente tripulado, se tengan en cuenta el “Punto de origen. Posición del GPS que el UAS obtiene cuando se enciende por



primera vez”, para asegurarse que la aeronave realice el Return to Home, que es el regreso de la aeronave al sitio desde donde inició el vuelo.

Adicionalmente, las normas establecidas por la RAC 91 señalan algunas limitaciones al uso de SUAS en actividades de vigilancia perimetral, destacando entre ellas que la operación debe incluir unas previsiones antes del vuelo, puntos de control durante el mismo y unas actividades posteriores al mismo. En particular:

Antes de iniciar un vuelo, el operador deberá verificar el ambiente operacional, considerando riesgos hacia las personas y propiedades en la vecindad inmediata, tanto en la superficie como en el aire, incluyendo las condiciones meteorológicas locales reinantes, clase de espacio aéreo, restricciones de vuelo en la zona, la ubicación de personas y propiedades y cualquier otro posible peligro en la superficie. (p. 22)

Marco conceptual

Riesgos

Un riesgo es la ocurrencia probable de un evento indeseado y su posterior impacto (ISC, 2021), ante lo cual se requiere implementar medidas para minimizarlo, monitorearlo y controlarlo. Los riesgos son estratégicos, cuando pueden afectar el potencial de la organización para crear valor y ejecutar las metas estratégicas contempladas en la visión y la misión (Palacio y Núñez, 2020, p. 70), u operacionales cuando, debido a errores humanos, fallas tecnológicas, defectos de procedimiento o factores externos (Cesce, 2021), se puedan producir pérdidas para el órgano. Así, los riesgos se ciernen sobre activos tales como las personas, la infraestructura, los documentos, la información, los sistemas informáticos, los activos estratégicos, entre otros, y para minimizar el grado de materialización, se apela al concepto de mitigación de riesgos,



definido por el Reglamento Aeronáutico Colombiano como el “proceso de incorporación de defensa o controles preventivos para reducir la gravedad o probabilidad de la consecuencia proyectada de un peligro” (Aerocivil; Resolución 04201, p. 8).

Según el Manual para la Gestión de la Seguridad Operacional, MAGSO (FAC, 2020a), en todos los niveles de gestión del servicio de la Fuerza Aérea Colombiana, es decir, estratégicos, tácticos y operacionales, se debe gestionar de forma permanente actividades efectivas y eficientes que garanticen la seguridad operacional, tanto en los Comandos como en las Jefaturas, las Unidades Aéreas y el resto de dependencias de la institución:

De acuerdo (con) la Política de Seguridad Operacional establecida en el Plan Estratégico Institucional 2020-2042, la Seguridad en la FAC es un principio institucional; es responsabilidad de todos y cada uno de los miembros que la integran y, por tanto, estará presente en todas las actividades y procesos de la Fuerza. (p. 7).

De lo anterior se desprende la responsabilidad permanente de todos los miembros de la fuerza de identificar peligros mediante la implementación de actividades de reacción, proactividad y predicción, de tal forma que se eliminen o mitigue los riesgos para las actividades operacionales y, en consecuencia, que el cumplimiento de la misión constitucional de la fuerza se lleve a cabo en completa normalidad. Frente a los riesgos, el MAGSO define estos como:

La evaluación de los efectos perjudiciales de un peligro, expresado en términos de probabilidad y gravedad, utilizando el peor de los casos como punto de referencia. También es posible describirlo como el resultado de asumir un riesgo. Los peligros pueden existir sin ser un peligro a menos que una persona u organización decida aceptarlos y tratarlos, que es la principal distinción entre ellos y los riesgos. (p. G del Anexo A).



Los riesgos son, a su vez, "escenarios futuros sobre los cuales no podemos tener ni control ni certeza" (FAC, 2018). Sin embargo, es posible anticiparse a estos escenarios a través de maniobras de vigilancia, ya sea controladas, acompañadas o automatizadas, que permitan minimizar o mitigar el riesgo. Lo anterior guarda coherencia con aspectos doctrinarios contenidos en el Manual, donde se refiere que "existe (...) una relación directa entre el desarrollo tecnológico y el control del riesgo" (p. 50); no es posible evitar situaciones de riesgo, pero "prever con mayor grado de certidumbre" (p. 51) las mismas es un reto que enfrentan las fuerzas armadas.

Para Unidades Militares Aéreas como el GAAMA, los riesgos pueden materializarse sobre 5 procesos: 1. Direccionamiento estratégico, 2. gestión de apoyo, 3. gestión humana, 4. inspección, control y gestión de la seguridad operacional, y 5. operaciones aéreas. En el caso particular del GAAMA en lo que respecta a la seguridad de la base, y con ocasión al presente trabajo de investigación, los riesgos en materia de gestión de apoyo, que están relacionados con los procedimientos de vigilancia perimetral, uso de SUAS, automatización y apoyo a la seguridad en general, son:

Atentado o ataque al componente físico del poder aéreo y espacial. Este tipo de riesgos busca obstaculizar o frenar la operación continua de la FAC, para asegurar una ventaja militar o generar un golpe de opinión ante la sociedad como forma de presión ya sea social o política, ante vulnerabilidades de:

- a) Personas
- b) Infraestructura aeronáutica
- c) Aeronaves
- d) Industria aeronáutica espacial



e) Recursos espaciales

Violación a los controles de seguridad de la BFA. Es un riesgo cuya materialización se da por incidencia de agentes exógenos o endógenos a partir de:

- a) Ingreso y salida de sustancias.
- b) Sustracción de bienes
- c) Ingreso y salida de flora y fauna.
- d) Ingreso y salida de armas y municiones.
- e) Ingreso y salida de personal.
- f) Ingreso y salida de divisas.
- g) Omisión de los instructivos
- h) Vulneración de procedimientos.

Controles. A su vez, se ha establecido a partir de las directrices del proceso de Direccionamiento estratégico, que los riesgos identificados en la seguridad y defensa de la base del GAAMA, en lo que refiere a vigilancia perimetral, pueden controlarse a partir de:

- a) Análisis del contexto operacional en el que se comprueben qué amenazas se erigen en el área de interés de la BFA del GAAMA.
- b) Evaluación del nivel de operatividad de los semovientes caninos militares para detectar sustancias narcóticas y explosivas.
- c) Determinar la efectividad porcentual del sistema de seguridad diseñado para la BFA, mediante el análisis trimestral a una prueba de efectividad.
- d) Socializar los procedimientos implementados en el control de acceso a la BFA.



Activos de Alto Valor (HVA, High Value Assets)

Los activos de alto valor son una de las condiciones que, sumadas a los planes, la estrategia y la doctrina, garantizan que las instituciones militares cumplan con su mandato constitucional, pues la infraestructura que hace parte de los HVA (telecomunicaciones, instalaciones, tecnología, información, programas informáticos), garantizan que el talento humano lleve a cabo sus labores de forma efectiva. Según la Agencia de Ciberseguridad y Seguridad de Infraestructura (CISA) (2023), órgano oficial estadounidense encargado de la ciberdefensa nacional, el concepto de activo de alto valor se refiere a los elementos, información o un sistema de información cuya importancia y criticidad para una organización es tan vital, que la afectación, pérdida o corrupción de estos elementos o información o la pérdida de acceso al sistema tendría graves impactos en la capacidad de la organización para realizar su misión. Estos activos, sistemas y conjuntos de datos pueden contener controles sensibles, instrucciones o datos utilizados en operaciones críticas, o pueden albergar colecciones únicas de datos (p. 1). Estas condiciones tan sensibles hacen que los HVA sean de particular interés para actores criminales, con motivaciones políticas o patrocinados por el estado para la explotación directa de los datos o para causar una pérdida de confianza por parte del público.

Para contrarrestar las amenazas dinámicas a la seguridad y resiliencia de los HVA, es esencial que las organizaciones tengan una visión amplia de los riesgos que suponen y de la información y los sistemas de información a lo que ellos apuntan.

Según la doctrina institucional, los HVA corresponden a infraestructuras o elementos que pueden proporcionar ventaja al enemigo al ser vulnerados o cuyo deterioro podría causar un riesgo para la seguridad física y las diferentes operaciones que se desarrollan en la BFA. A partir de lo definido en el Manual de Seguridad y Defensa de Bases Aéreas, MASED (FAC, 2019), los



HVA, en todo momento deben tener garantizada una “defensa equilibrada” (p. 37). Es decir, que para la protección de determinado número de componentes de HVA se debe asignar en la misma proporción las capacidades de defensa. Un vistazo rápido a las recomendaciones que hace CISA para preservar la protección de los activos de alto valor, incluye:

1. Establecer un programa de gestión de los HVA para toda la organización.
2. Identificar y priorizar los sistemas de información de HVA.
3. Considere la interconectividad y las dependencias de sistemas HVA cuando se establezcan cuáles de ellos activos de alto valor.
4. Desarrollar una metodología para priorizar HVA basada en la criticidad e importancia de la misión.
5. Desarrollar un enfoque de evaluación basado en priorización de HVA.
6. Garantizar la corrección oportuna de las vulnerabilidades identificadas.

En tal sentido, ante la propuesta de un procedimiento automatizado de vigilancia perimetral con SUAS, este debe responder a unos criterios de equidistancia, cobertura total del perímetro y un plan de vuelo continuo, y aún más, debe priorizarse la ejecución de la defensa cuando no hay accidentes geográficos en el perímetro de la Unidad Militar Aérea, tal como en el caso del GAAMA, donde se identifican los siguientes activos de alto valor:

- a) Rampa militar
- b) Hangar
- c) Depósito de armamento
- d) Polvorín
- e) Planta eléctrica



- f) Depósito de combustible
- g) Planta de tratamiento
- h) Tanque de combustible aeronáutico

El criterio para definir los anteriores elementos de componente físico como activos estratégicos de alto valor, radica en que la materialización de algún riesgo sobre cualquiera de estos activos afectaría toda la cadena de funcionamiento del poder aéreo, espacial y ciberespacial del GAAMA.

Vigilancia perimetral

Toda instalación militar tiene la particularidad de ser un objetivo permanente de las intenciones de afectación del enemigo. De allí que las barreras físicas que aíslen el interior de las bases del contexto exterior requieran de medidas fuertes y blandas de seguridad. Entre las medidas a adoptar siempre se encuentran los controles de acceso de personas a la base. Sin embargo, no siempre las intenciones de afectación se pueden materializar mediante el ingreso de una persona por las vías de acceso a la base, sino que se requiere de controles periféricos permanentes, mediante actividades de vigilancia perimetral, que integran elementos y sistemas, tanto físicos como eléctricos, electrónicos o mecánicos, para evitar que intrusos ingresen sin autorización a la base militar y para prevenir y anticipar posibles acciones ofensivas o terroristas desde el exterior hacia el interior de la base.

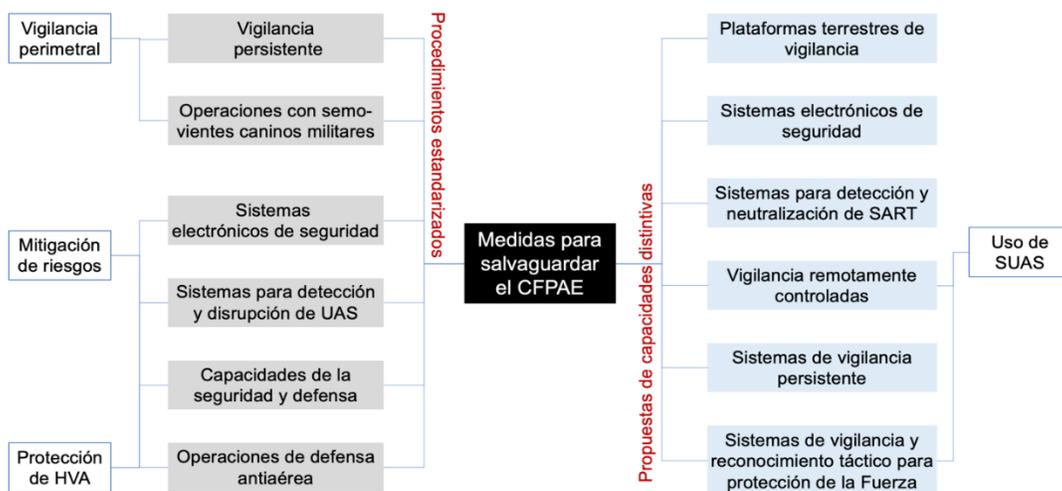
La vigilancia perimetral comprende todas las maniobras que se ejecutan para evitar violaciones a los controles de seguridad de una instalación en particular. Dichas maniobras se realizan en el perímetro inmediato y puede comprender medidas activas y pasivas, humanas, con apoyo de semovientes caninos o con tecnologías. En lo correspondiente a vigilancia perimetral,



es pertinente remitirse al Manual de Gestión de la Doctrina y Lecciones Aprendidas, MAGDO (FAC, 2018), para señalar que la institución requiere “una especial superioridad electrónica” (p. 21) para tener éxito, entre otras operaciones, en las actividades de vigilancia. Entretanto, la Guía de procedimientos para uso de UAS en operaciones de protección del componente físico del PAEC (FAC, 2020b) señala que su alcance involucra el ejercicio de actividades de vigilancia en todas sus acepciones (vigilancia perimetral, seguridad y defensa de bases), de tal forma que se puedan reconocer amenazas potenciales, activar alertas y realizar distintas coordinaciones. En la Figura 1 se pueden apreciar los procedimientos asociados a la doctrina militar vigente, que permiten estandarizar a nivel táctico, la realización de maniobras de vigilancia perimetral automatizada con SUAS en la BFA sede del GAAMA.

Figura 1

Procedimientos para la protección del CFPAEC mediante vigilancia perimetral automatizada con SUAS.





Conceptos Básicos SUAS

Para lograr una mejor comprensión, se expondrán algunas definiciones relacionadas a los SUAS, que usualmente suelen ser aglutinadas de manera indiscriminada, empleando para su conceptualización, lo estipulado en la Resolución No. 04201 de 2018, del 27 de diciembre de 2018, “Apéndice No. 13 operaciones de sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS)”, 1. Generalidades, 1.1 definiciones y abreviaturas, página No. 4. La cual se encuentra vigente y en uso a la fecha. Es relevante, además, indicar la clasificación que a nivel internacional se ha formalizado para segmentar los tipos de UAS, y evidenciar cómo esta ha quedado replicada de la misma forma en la normatividad civil y militar colombiana, tal como se muestra en la Tabla 1:

Tabla 1

Clasificación UAS, según el método de sustentación utilizado

UAS (Unmanned Aircraft Systems)				
Aerostatos		Aerodinos		
Globo aerostático	Dirigible	Ala fija	Ala rotatoria	Híbridos

UAS de Ala Fija

Son aparatos aerodinos cuyas alas no poseen movimiento propio por encontrarse adheridas al resto de los elementos de la aeronave. Generalmente, brindan un alto rendimiento energético debido a su eficiencia aerodinámica y a la reducción de estructuras resistentes a la fricción, aumentando su performance en cuanto a alcance (techo operacional, distancias) y tiempos de vuelo. Este tipo de plataforma aérea requiere mecanismos de lanzamiento y recuperación o en su defecto, espacios preparados para su despegue y aterrizaje.



UAS Ala Rotatoria

Son aerodinos cuyas alas (palas, propelas o hélices) giran alrededor de un eje, consiguiendo así su sustentación. A su vez, pueden dividirse en aeronaves con rotor central y rotor de cola, aeronaves de rotor único, aeronaves con rotores de funcionamiento coaxial, aeronaves multirrotor (siendo estas las seleccionadas para sustentar la presente investigación), y aeronaves en configuración tándem. Esta clase se caracteriza por su velocidad, maniobrabilidad y aplicación de una serie de tareas debido a su portabilidad y despliegue rápido y sencillo. Sin embargo, cuentan con tiempos reducidos de vuelo y alcances menores en relación a los UAS de ala fija.

UAS Híbridos o VTOL

Tienen la particularidad de poder despegar y aterrizar verticalmente al igual que las aeronaves de ala rotatoria, sumando las capacidades de los UAS de ala fija, en cuanto al performance y alcances. Estas aeronaves poseen sistemas redundantes de sustentación, lo que las configura como soluciones óptimas para las problemáticas que debe afrontar la protección de HVA. Su desventaja se evidencia en el alto costo de adquisición y en la limitada cantidad de ofertas comerciales que se encuentran en el mercado. En la Tabla 2 se presenta la relación de SUAS en función de sus características individuales de MTOW, rango de operación, altitud y tiempo de vuelo (Santana, 2017):



Tabla 2

Clasificación de SUAS por características y especificaciones

Categoría	MTOW (kg)	Rango de operación (km)	Altitud máxima (m)	Tiempo de vuelo (horas)
Nano	≤0,025	<1	100	<1
Micro	5	<10	250	1
Mini	25	<10	150 – 300	<2
Cobertura tipo 1	150	10 – 30	3000	2 – 4
Cobertura 2 de rango corto	200	30 – 70	3000	3 – 6
Altitud baja y elevada con autonomía <i>Low</i>	<25	>500	3000	>24
Altitud media y elevada de autonomía <i>Medium</i>	1500	>500	14000	24 – 48
Altitud elevada y elevada de autonomía <i>High</i>	4500 – 12000	>2000	20000	24 – 48
Estratosférico	25 - ¿	>2000	20000 – 30000	>48

Otro rasgo importante para la selección de una plataforma aérea que se integre adecuadamente a las operaciones de protección al CFPAEC de la FAC y permita



interoperabilidad conjunta, coordinada y combinada, corresponde al nivel de autonomía para tomar decisiones. Como se observa en la Tabla 3, hay una clasificación de SUAS en función de su autonomía (Santana, 2017), mientras que en la Tabla 4 se referencian los detalles de la clasificación de las aeronaves sin tripulación, por parte de la OTAN (AAAES, 2022):

Tabla 3

Clasificación según el nivel de autonomía de la aeronave para la toma de decisiones

ACL	Nivel de autonomía
0	Maniobrado a través de control remoto: la aeronave es pilotada de forma remota por un piloto con licencia, y puede haber o no una línea de visión (LOS) entre la aeronave y el controlador.
1	Utilizando comandos de alto nivel (waypoints, altura de vuelo, velocidad, etc.), un operador experto entrena a la aeronave con el plan de vuelo para posteriormente monitorear la implementación de este plan. En este escenario, el avión vuela solo, pero un operador humano se encarga de tomar decisiones, por lo que se cataloga como una aeronave semiautónoma.
2	Totalmente autónomo: en este escenario, las aeronaves tienen total independencia en la toma de decisiones, lo que permite una interacción inteligente con el entorno donde está en operaciones. Cabe destacar que las leyes actuales en Colombia restringen realización de este nivel de autonomía.



Tabla 4

Clasificación de Unmanned Aerial Vehicles (UAV) por la OTAN

Clase	Categoría	Empleo	Altitud de operación AGL	Radio de Misión
Class I	Micro menor a 2Kg	Tactical, (Sección)	Hasta 200 pies	5 Km (LOS)
	Igual o menor a 150 Kg	Tactical (Compañía)	Hasta 1.000 pies	25 Km (LOS)
Class II	Ligeros Mayor a 20 Kg	Tactical (Batallón)	Hasta 1.200 pies	50 Km (LOS)
	Igual o superior a 600 Kg	Táctico Tactical (Brigada)	Hasta 1.200 pies	50 Km (LOS)
Class III	Male (Medium Altitude Long Endurance)	Operational	Hasta 45.000 pies	Sin Limite (BLOS)
	Hale (High Altitude Long Endurance)	Strategical	Hasta 65.000 pies	Sin Limite (BLOS)
	Combate	Strategical	Hasta 65.000 pies	Sin Límite (BLOS)



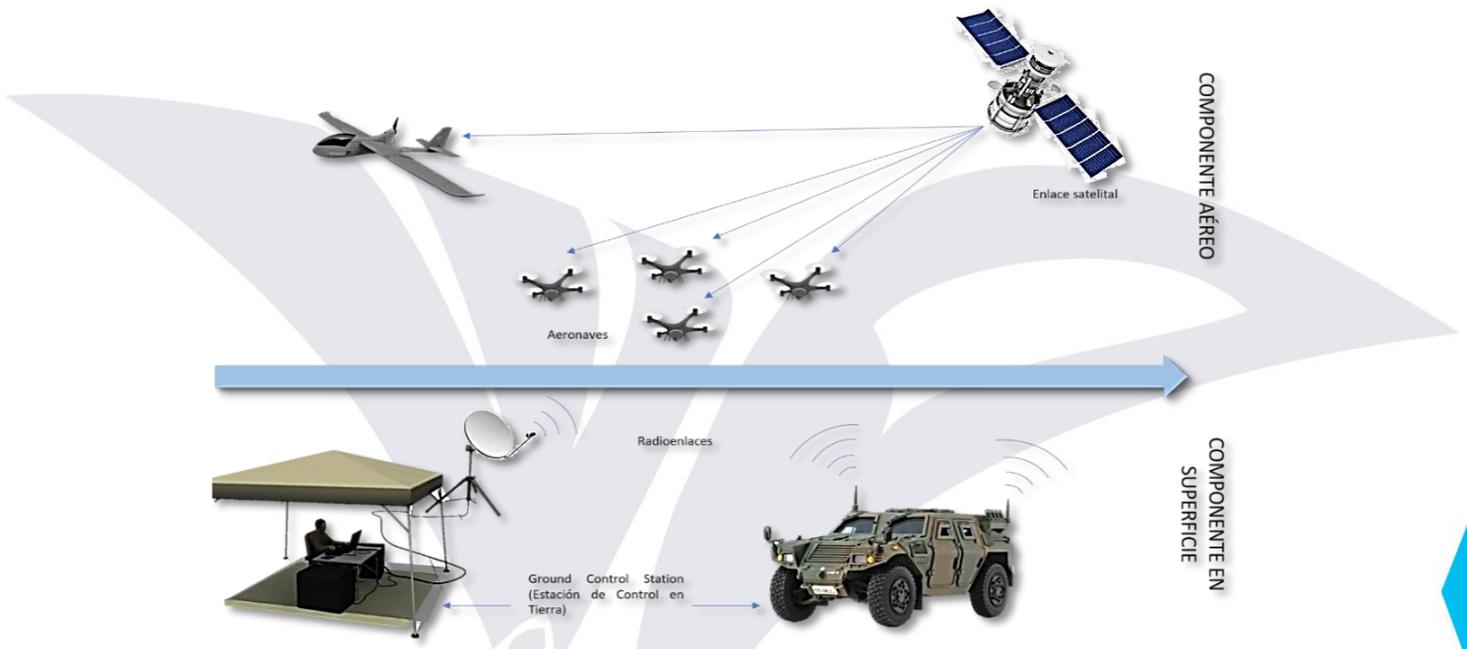
Queda claro que esta investigación hará referencia a los SUAS (Small Unmanned Aircraft Systems) como un conjunto interactivo que comprende elementos configurables, dispuestos en dos componentes: uno en superficie y otro en el aire, los cuales incluyen a la o las aeronaves, sus estaciones de control en tierra (GCS), los enlaces de comando y control, los sensores con los que se equipan las plataformas aéreas (cámaras, LIDAR, elementos iluminación, altavoces, balizas, etc.) y todos los mecanismos necesarios para planificar, lanzar y mantener operaciones con aeronaves no tripuladas.

Hay que mencionar que, como instrumento de la Aviación de Estado, la Fuerza Aérea Colombiana cuenta dentro de su acervo doctrinal y elemento práctico para proteger el CFPAEC, con el Sistema Táctico de Vigilancia y Reconocimiento para Protección de la Fuerza (SIVAR), el cual está compuesto por una o más aeronaves no tripuladas, dirigidas bajo un módulo de control centralizado, pero sin indicios de IA o autonomía. También es pertinente saber que los SUAS no se limitan a la aeronave, sino que hacen parte de una serie de componentes, tal como se expone en la Figura 2:



Figura 2

Componentes de los SUAS



Marco Histórico

El concepto colectivo de la palabra “dron”, sugiere aeronaves altamente tecnificadas, basadas en robótica y capaces de cumplir misiones estratégicas, cruzando incluso las fronteras nacionales para ejecutar innumerables misiones asociadas a la aplicación del potencial bélico de un país o ejército. Sin embargo, el uso de aerodinos y aerostatos controlados a distancia e incluidos en teatros de operaciones como mecanismo de vigilancia o ataque, se remonta al siglo XIX, siendo el ejército Austriaco quien en 1849 empleó docenas de globos aerostáticos cargados con bombas para acometer contra la ciudad de Venecia, valiéndose como plataforma de lanzamiento de varios de sus buques. A pesar de que los controles rudimentarios (encendido electromagnético por medio de cables de cobre aislado, unido a baterías galvánicas) fueron



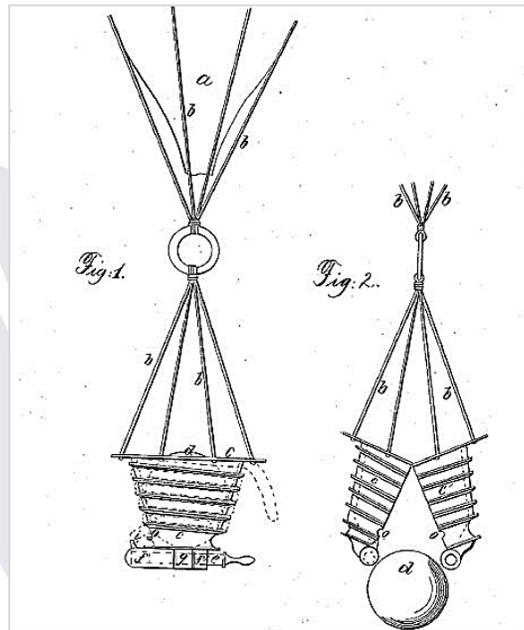
funcionales, la dependencia de las condiciones meteorológicas y el comportamiento del viento, hicieron que la estrategia fracasara, causando daños en su propia flota naval. Posteriormente, en 1863, el ingeniero norteamericano Charles Perley patentó un sistema de lanzamiento de dispositivos explosivos desde un globo aerostático no tripulado, que empleaba un temporizador unido a la barquilla de un globo para liberar la carga de manera semi controlada. Dicha iniciativa se presentó al entonces naciente Union Army Balloon Corps, como un vector de proyección, siendo usado en algunos escenarios de la Guerra de Secesión, pero fue finalmente descartada, debido a sus costos y a la incertidumbre que generó su implementación (Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional, 2012).

En la Figura 3 se aprecia el modelo de este sistema de globo aerostático no tripulado con temporizador para lanzamiento de objetos desde el aire. La Primera Guerra Mundial, fue el teatro propicio para que prosperaran las iniciativas que involucraban el ámbito aéreo, especialmente, los ingenios que pretendían explotar los beneficios del radio control. En el caso de las tres potencias militares, se generaron intentos por desarrollar el concepto de los drones, fallando consecuentemente. El proyecto *Aerial Target*, pensado como bomba dirigida para la interdicción de zepelines del gobierno británico no pudo culminarse exitosamente a pesar de los recursos asignados. Consistía en la fabricación de 6 drones; los dos primeros fueron de pruebas piloto en marzo de 1917 en la Royal Flying Corps, campo de entrenamiento militar. Pese a que estos primeros vehículos se precipitaron a tierra por fallas en los motores, logró establecerse la factibilidad de su guía por vía radial (Delgado, 2016).



Figura 3

Diseño de globo aerostático con canasta dividida



Fuente: <https://www.airspacemag.com/photos/a-brief-history-of-unmanned-aircraft-174072843/?page=1>, (2022)

Durante Segunda Guerra Mundial el Imperio Japonés aprovechó la perspectiva ofrecida por la dimensión aérea y en el marco del conflicto del Pacífico ejecutó la estrategia denominada Fu-Go, que consistió en el diseño, fabricación y despliegue de una flota compuesta por seis mil (6000) globos aerostáticos portadores de dispositivos explosivos.

En efecto, el 5 de mayo de 1945, en el poblado de Bly, estado de Oregón, tres de estos dispositivos causaron la muerte de seis personas, tras impactar en el suelo en un área semiurbana, siendo esta la única vez que se presentó un ataque al territorio continental norteamericano en el marco de la Segunda Guerra Mundial (Valencia, 2020). En las décadas de 1950 y 1960 se empezó a prescindir de pilotos para labores de espionaje aéreo, recurriendo a drones para cumplir dichas tareas, que no requerían de mayor precisión. Después de que en 1960 el piloto



estadounidense Gary Powers fuera derribado junto a su aeronave mientras sobrevolaba territorio de la Unión Soviética a bordo de un avión modelo U-2, el Presidente de los Estados Unidos ordenó que se privilegiara el uso de aeronaves sin tripulación.

El primer dron de vigilancia, el Grand Safari, desarrollado por la Fuerza Aérea y posteriormente rebautizado como Firebee, fue entregado a Ryan Aeronautic con fondos. Los Firebees de propulsión a chorro tuvieron una serie de alteraciones de modelo y cambios de nombre militares, incluidos "Ryan 147", "AQM-34" y "Firefly". Estos fueron disparados desde las alas de un avión Hércules, que sirvió como centro de comando para el enjambre de drones en su conjunto. Los operadores de radio a bordo del Hércules también podían comandar estos drones, que seguían cursos predeterminados (Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional, 2012).

Los drones, como los conocemos ahora, son el resultado de los espectaculares avances en computadoras, GPS y sistemas de control eléctrico durante las décadas de 1980 y 1990. El desarrollo de los microchips, que eventualmente se convertirían en microprocesadores, resultó muy beneficioso. Estos desarrollos contribuyeron al desarrollo continuo de los drones, tanto en términos de diseño y calidad de los componentes como en la disponibilidad de armamento controlable operado a distancia. El dron Predator fue empleado por primera vez por la CIA el 4 de febrero de 2002, en un asesinato selectivo. El ataque tuvo lugar cerca de la ciudad de Khost en la región afgana de Paktia.

Osama Bin Laden era el objetivo, al menos según alguien de la CIA. Luego, Donald Rumsfeld usó la voz pasiva del gobierno para explicar: "Se tomó la decisión de lanzar el misil Hellfire. Durante un período limitado, los militares enviaron tropas en servicio activo como operadores para ayudar al Programa de aviones no tripulados de la CIA. Cuando los afganos



locales fueron interrogados sobre las víctimas pocos días después del asalto de los periodistas, identificaron a los fallecidos como civiles que habían estado recogiendo chatarra. Fue el primer asalto armado con drones conocido, aunque sin el éxito esperado (Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional, 2012).

Acercándose un poco a la actualidad, es evidente que los UAS/RPAS “drones”, se han consolidado como uno de los segmentos con un mayor potencial futuro y consecuencias significativas para el desarrollo de tecnología en una serie de áreas, incluidos los robots, la inteligencia artificial, los sistemas de navegación, la guía y el control, las comunicaciones, la aerodinámica, la propulsión, los materiales y la óptica, por citar tan sólo algunos. Ello ha hecho posible su incorporación acelerada a los ejércitos de diferentes países, no sólo como armas de alta letalidad, sino como medios polivalentes, aplicables a un sinnúmero de maniobras ligadas directamente al combate y al apoyo (Iglesias, 2013).

Empleo SUAS en Fuerzas Militares/Policiales de Otros Países.

Beltrán & Bejarano (2021), señalan que, con relación a las labores de inteligencia militar, las innovaciones tecnológicas son ideales “para la seguridad perimetral, la vigilancia fronteriza, el control de aglomeraciones y las operaciones de disuasión” (p. 216), en tanto que para Espitia et al. (2020), cada vez son más los países que utilizan, entre otros, vehículos aéreos no tripulados para actividades de vigilancia, señalando que, además de potencias mundiales como Israel, China, Rusia y Estados Unidos, hay países emergentes que están incursionando en esta área, como Colombia, Albania, Dinamarca y Nueva Zelanda.

En lo que respecta a Latinoamérica, se referencian casos exitosos en Argentina Brasil y Chile, y los avances que en Colombia se han tenido por parte del Ejército Nacional, la Armada



Nacional y la Policía Nacional, en el uso de SUAS y automatización de los mismos en actividades de prevención, disuasión y control.

En el año 2017, Israel incluyó dentro de sus planes de operaciones militares, el uso de UAS para actividades de vigilancia en la seguridad de instalaciones y reconocimiento en zonas de frontera, mientras que en Estados Unidos, a partir de la año 2019, algunos cuerpos de policía, entidades adscritas al Departamento de Defensa y las Fuerzas Especiales, decidieron incluir diferentes modelos de SUAS en actividades específicas de vigilancia urbana y reconocimiento de áreas inmediatas a instalaciones oficiales. En las tabla 5 y 6, se presentan algunos detalles al respecto:

Israel

Tabla 5

Empleo de UAS en las Fuerzas de Defensa de Israel

Tipo UAS	Operación que efectúa	Año de inclusión	Características
SkyLord	Contraterrorismo	2017 a la fecha	FPV (First Person View)
	Force Protection (Seguridad de instalaciones en el país y en despliegues internacionales)		Guiado semiautónomo
	Counter UAS (antidrones)		Velocidad de maniobra (200 km/h)
	ISR Intelligence Surveillance and Reconnaissance		Operación nocturna (NVG y térmica)
	Control de fronteras		



DJI Mavic 2	ISR Intelligence Surveillance and Reconnaissance Force Protection (Seguridad de instalaciones en el país y en despliegues internacionales)	2018 a la fecha	Guiado semiautónomo por patrones Económico Fácil adquisición y remplazo Fácil maniobrabilidad
DJI Matrice	ISR Intelligence Surveillance and Reconnaissance Operaciones Especiales Contrapoder terrestre	2018 a la fecha	Alcance y techo operacional amplios Fácil maniobrabilidad
ROTEN	Contrapoder naval Neutralización de HVT (High Value Targets)	2019 a la fecha	Munición de merodeo (carga explosiva dentro del UAS Guiado totalmente controlado por el piloto

Estados Unidos

Tabla 6

Empleo de UAS en algunas instituciones de seguridad de Estados Unidos

Tipo	Fuerza o entidad	Misión U o operación que efectúa	Año de inclusión	Características
UAS				



				Autonomía de vuelo extendida
		Vigilancia urbana		Navegación autónoma por algoritmos especializados y planificación de caminos
		Seguimiento de blancos		
		Desarticulación de redes de microtráfico	2019 A La	Útil en misiones de dentro de
Shield AI	Cuerpo de Policía	Contraterrorismo	Fecha	edificaciones
		Identificación de criminales con antecedentes		Capacidad de expulsión remota de carga
		Persecución de criminales		Operación diurna y nocturna (cámara térmica)
				Navegación sin GPS
		Control de fronteras		Navegación autónoma a través de plataforma IA
		ISR		Modular y polivalente
		Force protection (seguridad de instalaciones en el país)	2017 a la	Capacidad de expulsión remota de carga (hasta de 10 kg)
Ghost 4	Departamento de Defensa (Dod)	Counter uas (antidrones)	fecha	Operación extendida debido al alcance (más de 10 km)
		Electronic warfare (ew)		Autonomía de vuelo de más de una hora
		Operaciones contra el narcotráfico		Señalamiento de objetivos
		Operaciones de migraciones		



Interferencia
electromagnética

	Cuerpo de	Vigilancia urbana		
	Policía	Seguimiento de blancos		Guiado semiautónomo
Skydio	Boston y	Control de tráfico	2018 a la	Fácil adquisición y remplazo
	Nueva	Control de escenarios	fecha	Fácil maniobrabilidad
	York	criminalísticos		Económico
Black	Fuerzas	ISR Intelligence Surveillance		Peso Reducido
Hornet	Especiales	And Reconnaissance		Furtividad
	Fort Bragg			

Argentina

En este país, la Policía Metropolitana de Buenos Aires utiliza vehículos aéreos no tripulados, al igual que la Agencia de Recaudación de la Provincia. Incorporando SUAS desde el año 2017, al plan Anillo Digital en la General Paz, que se puso en marcha pensado para monitorear los límites de la capital bonaerense, tener una mejor visual de manifestaciones masivas y también actuar en casos menos conflictivos como maratones o recitales. Inicialmente, contaron con 4 drones (que se usaron para relevar la zona de los manteros de Avellaneda), a los que se sumaron 3, de mayor complejidad.

Desde su fecha de integración a la Policía, han permitido tener un estado de situación preliminar en diversas situaciones sensibles, operándose de manera remota desde alguna de las centrales de monitoreo que ya tiene la Ciudad al costado de la General Paz, (altura Balbín), o en



Puente La Noria (Ramallo, 2015). En cuanto a las iniciativas tecnológicas para la fabricación nacional de UAS, podría decirse que Córdoba Aeronáutica y su modelo "Azor" marcaron el inicio de los avances argentinos en la década de 1980. Las actividades de las Fuerzas Armadas en los últimos años han estado conectadas a los sistemas en construcción. Entre estos, hay que destacar los proyectos Lipan para el Ejército y Guardian para la Armada.

El Ejército Argentino puede estar utilizando 12 aviones y 4 sistemas Lipan M3. El proyecto Sistema Aéreo Robótico Argentino (SARA), que el Ministerio de Ciencia y las Fuerzas Armadas dieron a conocer durante SINPRODE 2011, prevé construir una familia completa de vehículos aéreos no tripulados. En este contexto, se están desarrollando el UAV clase II PAE-22365 y el demostrador alimentado por energía solar. (Herranz et al., 2014). Por último, en abril del año 2021, el Ejército Argentino (EA) salió al mercado con la finalidad de adquirir una partida de pequeños drones tipo cuadricóptero, (quadcopter), de vigilancia, para su uso táctico, en la protección de batallones e infraestructura crítica de esa Fuerza Militar.

A través de la Licitación Pública 0090/2021, UOC: 84/135, la Dirección General de Material inició el proceso de adquisición en la modalidad de licitación pública, de dieciocho aeronaves no tripuladas para observación y vigilancia. Evidenciando así, la tendencia global de incluir SUAS en las operaciones convencionales para proteger HVA (DonWeb, 2018).

Brasil

Desde el año 2019, la Policía Militar de Sao Paulo adquirió cerca de 160 SUAS, divididos en dos categorías (Básico y avanzado). Dentro de los primeros, compraron 100 unidades del DJI Mavic Zoom, ampliando sus capacidades con el combo extendido de accesorios. En lo pertinente a la segunda categoría, consiguieron cinco kits del DJI Matriz 210



Advanced. Configurando una red de aeronaves que, en la actualidad, desarrollan operaciones de vigilancia en entornos urbanos y que han contribuido a la disminución de índices de delincuencia y comisión de conductas que contrarían la seguridad (Castro, 2022).

De manera semejante, desde finales del 2020, el ejército de Brasil, a través de su Tercera Brigada de Caballería Mecanizada ubicada en Bagé, Rio Grande do Sul, emplea plataformas SUAS comerciales, específicamente el DJI Mavic Mini para realizar operaciones de vigilancia sobre la frontera con el vecino país de Uruguay. A raíz de los cierres de frontera decretados por el gobierno, originados por la emergencia sanitaria ocasionada por el COVID 19, esta herramienta alcanzó un estatus de obligatoriedad, ya que disminuyó drásticamente los tiempos y movimientos empleados antes para cubrir los casi 400 km de perímetro (Infodefensa, 2022).

Desde mediados de la década de 1980, este país ha apoyado muchas iniciativas relacionadas con la fabricación a través de sus fuerzas armadas. Disposiciones específicas para entregar UAS a los tres Ejércitos entre 2013 y 2028 están contempladas en el Libro Blanco de Defensa de Brasil, que fue adoptado en septiembre pasado. Se han agregado nuevos recursos al programa DPA-VANT, que está a cargo del Departamento de Ciencia y Tecnología Aeroespacial (DCTA) con la asistencia del Centro Tecnológico del Ejército y el Instituto de Investigación de la Marina, de acuerdo con estas proyecciones.

Hasta la fecha se pueden evidenciar las siguientes plataformas aéreas que se encuentran en funcionamiento dentro de las tres Fuerzas Militares y que, aunque se encuadran mejor en la clasificación de RPAS, engrosan las filas de los desarrollos aeronáuticos relacionados con aeronaves pilotadas remotamente. El Centro de Soporte para Sistemas Operativos (CASOP) de la Marina de Brasil utiliza desde finales de 2011 tres sistemas Harpa, creados por la empresa



FAM. Falcao. Empleado HOMBRE de la firma AVIBRAS asignado a tareas de seguridad, lucha contra las drogas y vigilancia ambiental.

La Policía del Estado de Sao Paulo cuenta con 10 unidades del tipo Tiriba, que ofrece la firma AGX Tecnologa, para tareas de vigilancia, seguimiento y control desde 2011 (Herranz et al., 2014).

Chile

La brigada de Operaciones Especiales (BOE), del Ejército de Chile recibió en mayo del año 2021, seis plataformas SUAS fabricadas por la casa china DJI, de la referencia Mavic 2 Enterprise Advanced, los cuales, cuentan con sensores térmicos, zoom de video digital y accesorios para la transmisión de mensajes propagados a través de un parlante. Aunque la información operacional sobre esas aeronaves es limitada, se sabe que se encuentran en un periodo de instrucción y adaptación para ser usados en maniobras de vigilancia no sólo en la BOE Lautaro, sino en infraestructura aeronáutica y HVA (García, 2020).

Hay que mencionar que anteriormente (2019), la jefatura Nacional de Antinarcóticos y la dirección de la Policía de Investigaciones (PDI) adquirieron ocho “drones” DJI Mavic 2 Zoom para ser usados en labores investigativas y de criminología en el área municipal de Santiago, Viña del Mar y dos provincias más. Las Aeronaves se han mantenido operativas desde el momento de su adquisición, participando exitosamente y haciendo parte de los elementos empleados para combatir el tráfico ilegal de armas, los delitos como el robo, la extorsión y los hurtos a entidades comerciales.

Adicionalmente, han sido de gran utilidad para el control de multitudes y la identificación de personas que cometieron actos vandálicos en las protestas sociales ocurridas recientemente



(Castro, 2022). Las Fuerzas Armadas de Chile han creado sus propios proyectos tecnológicos, como Láscar, que fue desarrollado desde 2008 por el Centro de Modelado y Simulación del Ejército (CEMSE) en colaboración con la Universidad de la Concepción y realizó su primer vuelo en 2012. Otros proyectos incluyen VANTAPA , que presentó la Academia Politécnica Aeronáutica en FIDAE 2006, y VANTAPA. En el sector industrial, los Sirol OT 221 y OT 110, Stardust y el multirrotor iMK8 son productos destacados de la empresa IDETEC.

La empresa proporciona levantamientos topográficos y servicios de manejo de cultivos. Los aviones blancos Trauco y Mantarraya de la empresa RMS son utilizados por la Armada de Chile (Herranz et al., 2014).

Empleo SUAS en el Ejército colombiano

El Ejército Nacional de Colombia utiliza vehículos aéreos no tripulados desde el año 2014, en operaciones del área y en la vigilancia de las bases militares. En la Tabla 7 se relacionan los modelos y actividades específicas en las que esta fuerza emplea los SUAS.

Tabla 7

Empleo de UAS en el Ejército Nacional de Colombia

Tipo UAS	Misión u operación que efectúa	Año de inclusión	Características
Aerovironment RQ-20 PUMA	Protección de infraestructura energética y de oleoductos.	2014	UAS de ala fija Lanzamiento manual y recuperación por contacto en el suelo



	Seguridad de bases militares		Patrones de vuelo elípticos
	Vigilancia y reconocimiento		Alcance de 10 km y un techo operacional de 2000 m y una autonomía de 50 minutos
DJI Mavic 2	Control de fronteras vigilancia	2015	Guiado semiautónomo por patrones Económico Fácil adquisición y remplazo Fácil maniobrabilidad Despegue vertical
	Búsqueda y rescate de personas		Multicóptero
	Seguridad de bases militares		Guiado semiautónomo por patrones
DJI Mavic 2	Equipos de protección de personajes	2019	Económico Fácil adquisición y remplazo Fácil maniobrabilidad
Dispositivo mejorado	Avanzadas Inteligencia		Despegue vertical Sensores térmicos

Empleo SUAS en la Armada colombiana

Por su parte, la Armada Nacional de Colombia incorporó dentro de sus operaciones de vigilancia y control los SUAS. A partir del año 2017, a través de tres modelos con diferentes características, las cuales se exponen en la Tabla 8.



Tabla 8

Empleo UAS en la Armada de Colombia

Tipo UAS	Misión u operación que efectúa	Año de inclusión	Características
DJI Mavic 2	Vigilancia y reconocimiento Seguridad de Bases militares Inteligencia	2017	Guiado semiautónomo por patrones Económico Fácil adquisición y reemplazo Fácil maniobrabilidad Despegue vertical Económico
Xiaomi FIMI X8-SE	Vigilancia y reconocimiento	2020	Fácil adquisición y reemplazo Fácil maniobrabilidad Despegue vertical UAS de ala fija Lanzamiento manual y recuperación por contacto en el suelo
RBQ 11B Raven	Vigilancia y reconocimiento Seguridad de Bases militares	2021	Patrones de vuelo elípticos Alcance de 12 km; techo operacional de 2000 m y autonomía de 50 minutos



Empleo SUAS en la Policía Nacional de Colombia

En el año 2015, la Policía Nacional de Colombia introdujo los SUAS en actividades de interdicción de cultivos ilícitos, y progresivamente fue ampliando y mejorando su flota, tal como se relaciona en la Tabla 9.

Tabla 9

Empleo SUAS en la Policía Nacional

Tipo UAS	Misión u operación que efectúa	Año de inclusión	Características
DJI Phantom 2	Vigilancia	2015	Económico
	Seguridad y convivencia ciudadana		Fácil adquisición y remplazo
	Inteligencia		Fácil maniobrabilidad
	Contraterrorismo		Despegue vertical
DJI Mavic 2	Antinarcoóticos	2017	Adaptable y sensores modulares
	Seguridad de instalaciones críticas		Guiado semiautónomo por patrones
	Vigilancia y reconocimiento		Económico
DJI Mavic 2	Seguridad de Bases policiales	2019	Fácil adquisición y remplazo
	Inteligencia		Fácil maniobrabilidad
DJI Mavic 2	Búsqueda y rescate de personas		Despegue vertical
Dispositivo Mejorado	Equipos de protección de personajes		Multicoptero
	Seguridad de bases militares		Guiado semiautónomo por patrones



	Avanzadas	Económico
	Inteligencia	Fácil adquisición y remplazo
	Perifoneo	Fácil maniobrabilidad
		Despegue vertical
		Sensores térmicos
	Búsqueda y rescate de personas	
	Seguridad de bases policiales e infraestructura crítica	Multicoptero
	Equipos de protección de personajes	Guiado semiautónomo y autónomo por patrones
	Inteligencia y contrainteligencia	Fácil maniobrabilidad
Matriz DJI	Protección de complejos de	Despegue vertical
300	combustibles e hidrocarburos	Sensores térmicos modulares
	Inspección de oleoductos	Alcance de 15 km y techo operacional de 9 km
	Control de multitudes	Salto de frecuencia evitando interferencias
	Perifoneo	
	Control de tráfico	
	Vigilancia en eventos masivos y deportivos	

Empleo SUAS en Actividades de Seguridad Privada.

Debido a la proliferación de los SUAS en el mercado de la seguridad, las empresas dedicadas a la vigilancia han detectado en este tipo de elementos, una herramienta necesaria para ampliar sus portafolios de servicios y mejorar sus ventajas comparativas frente a sus



competidores. A continuación, se evidenciarán algunos de los casos más representativos del mercado colombiano, donde se encuentra una extensa oferta de productos, entre ellos:

- a) *Alistar*. Empresa de origen francés, ha captado gran parte del mercado sudamericano en cuanto a vigilancia privada, debido a la innovación presentada con drones cautivos (tetera drones), los cuales permiten una mejora ostensible en la autonomía de vuelo, pudiendo alcanzar 24 horas continuas de operación, adaptando plataformas comerciales como los DJI MATRICE, SKYDIO Y 25 referencias más, en un sistema modular y altamente adaptable. Se ha especializado en control fronterizo, vigilancia para plataformas petroleras, vigilancia perimetral y protección para eventos (Drones, 2020).
- b) *Visan*. Es una empresa colombiana que brinda integración con tecnologías 4G de cuarta generación, incluyendo el uso de drones con cámaras de vigilancia nocturna, brindando un procedimiento de monitoreo para áreas como áreas cercadas, lotes, depósitos, establecimientos con poca luz o concurridos que pueden tener altos niveles de riesgo y es necesario monitorearlos con más detalle y de manera continua. Con el fin de dotar de alta tecnología en el procedimiento de monitoreo y vigilancia a las áreas de difícil acceso, tales como los fondos de bodegas que colindan con lotes, alturas de bodegas y sus techos, o similares, los drones pueden tener o contar con tecnología de reconocimiento de personas, banda ancha comunicaciones para la transmisión en directo de las imágenes captadas por los equipos, entre otros servicios tecnológicos, convirtiéndola en una de las ofertas más completas para el sector de la capital del país (Security, 2019).
- c) *Percepto Drone*. Una plataforma muy exitosa debido a su concepto eficiente, novedoso y efectivo. Consiste en un SUAS alojado en un contenedor que además de brindar protección, permite dar carga a las baterías y almacenar información. Su plataforma de navegación



está guiada por IA y sugiere patrones de vuelo inteligentes que optimizan los recursos, contribuyendo a mejorar los resultados.

Nociones Básicas de Inteligencia Artificial

La autonomía es un concepto que va obligatoriamente ligada a la Inteligencia Artificial. Esta puede describirse como la capacidad de una máquina para desarrollar una tarea por sí misma imitando las facultades humanas y con mínima o ninguna interacción del ser humano. Esta particularidad no es propia de los desarrollos logrados en el siglo XXI, ha tenido un proceso de perfeccionamiento posterior a la Primera Revolución industrial, permitiendo crear controles redundantes y simplificando la toma de decisiones en sensores, dispositivos y mecanismos tan sencillos como un interruptor eléctrico; hasta sistemas que anulan la intervención humana completamente por espacios cortos de tiempo tales como el auto GCAS (Automatic Ground Collision Avoidance System) de algunas aeronaves de combate (Arango, 2021).

Existen tres dimensiones fundamentales de autonomía mencionadas por Paul Scharre en su libro “Army of none, autonomous weapons and the future of War” y aceptadas conceptualmente a nivel general. Estas están definidas por el nivel de dificultad de la tarea que debe cumplir la máquina, la complejidad de las decisiones que esta debe tomar y las consecuencias que se afrontan si la máquina falla en el cumplimiento de su misión, siendo estas:

1. De las dimensiones es la tarea asignada, en la cual la máquina se vuelve más autónoma en la medida que asume mayor cantidad de tareas y estas se tornan más complejas.
2. Corresponde a la relación humano – máquina, en la que se plantean sistemas semiautónomos, sistemas autónomos supervisados y sistemas totalmente autónomos.



3. Se refiere a la sofisticación de la decisión de la máquina al cumplir la tarea. (Arango, 2021).

La IA puede caracterizarse como un conjunto de tecnologías, cuya finalidad es la creación de sistemas basados en las TIC (Tecnologías de la Información y Telecomunicaciones), capaces de percibir su entorno, comprenderlo y actuar como lo haría la mente humana. Se puede señalar, que dio avances significativos en la mitad del siglo XX con el perfeccionamiento de los computadores, pero ha sido la última década, la etapa en la cual se ha desarrollado con mayor rapidez, abarcando un sinnúmero de aplicaciones cotidianas que incluyen desde los motores de búsqueda en nuestros teléfonos inteligentes, pasando por la proposición de tendencias comerciales, llegando incluso a la selección de blancos en muchos de los sistemas de armas actuales.

Debido a lo anterior, las aplicaciones de la IA dentro del campo de la seguridad, han permitido optimizar procedimientos y perfeccionar herramientas, tendientes a la neutralización de riesgos. Algunas de las aplicaciones más frecuentes y a las que mejor se han adaptados los principios de la IA, son:

- a) **Análisis de video vigilancia:** Los sistemas de video vigilancia clásicos solo pueden analizar un delito después de que se haya cometido. Puede haber suficientes cámaras ubicadas en el área deseada, pero no suficientes personas para analizar videos y escanear contenido. La IA de aprendizaje profundo (Deep Learning) puede ayudar a superar esta limitación. El software analiza el metraje y detecta anomalías e indicadores de comportamiento violento, en tiempo real, pudiendo así, prevenir actos delictivos y permitiendo la ejecución de reacciones rápidas cuando ocurren (Morales, 2021).



- b) **Sistemas de control de acceso inteligente:** Estos son una solución integral para la seguridad física. El software aprovecha la automatización para monitorear sus instalaciones, proteger datos confidenciales y diagnosticar problemas. Si se encuentra un problema o una vulnerabilidad, se recomiendan soluciones. Un sistema de control de acceso le permite utilizar múltiples componentes y puntos de falla, similar a la video vigilancia. Puede alertar al personal humano sobre problemas de seguridad mientras se realiza un seguimiento del tiempo de actividad del sistema. **Patrulla de robots y drones:** Antes de la aparición de la IA, la seguridad física requería agentes humanos. Sin embargo, un equipo con poco personal y la falta de equipo pueden generar brechas en la seguridad.

Con la IA, los oficiales de seguridad humana solo necesitan estar en espera en caso de posibles amenazas. La supervisión real se puede dejar en manos de los robots. Incluso pueden operar misiones de seguridad como búsqueda y rescate, a veces con mayores tasas de éxito que un humano.

Vuelo SUAS por Patrones Automatizados

Basándose en la posibilidad que ofrecen las plataformas SUAS, específicamente el DJI MAVIC PRO 2, para programar rutas y cumplirlas de manera autónoma o semiautónoma, en la presente sección se brindarán los preceptos básicos necesarios para establecer patrones de vuelo sobre el AIN del GAAMA, en cuanto a las operaciones de seguridad y defensa, se refiere. Es importante resaltar que, la misión de los patrones automatizados será la de conseguir información que permita al personal que conduce la seguridad y la defensa del GAAMA, detectar amenazas,



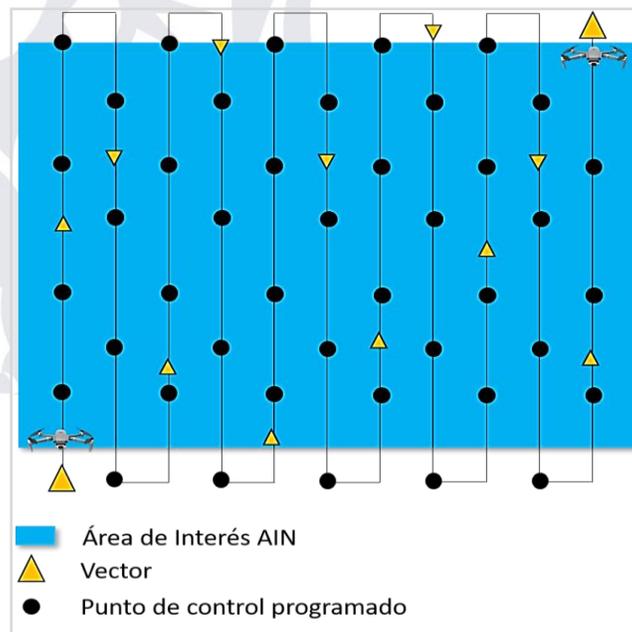
identificarlas, clasificarlas, neutralizarlas y realizar una evaluación rápida de los cursos de acción a tomar, contribuyendo a la protección efectiva del CFPAEC de la BFA.

Los patrones de vuelo se basan en modelos de registro, los cuales se establecen en las guías básicas de fotogrametría con drones. Teniendo como algunos de los más empleados los siguientes:

Patrón lineal: Consiste en la verificación a través de sensores de video equipados en el SUAS, en una secuencia lógica organizada y con una ruta establecida que sigue un vector rectilíneo. La aceleración y altura de la aeronave pueden variar, dependiendo de las características del terreno, las condiciones meteorológicas o la detección de información sensible que se logre a través del dron. En la Figura 4 se muestra este patrón.

Figura 4

Patrón lineal de ruta de SUAS

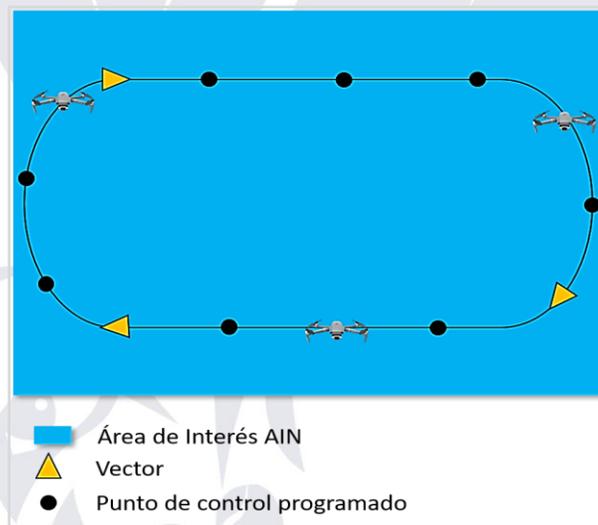




Patrón elíptico o de sostenimiento estándar: Se emplean especialmente con SUAS de ala fija para facilitar las actividades de sustentación en los cambios de dirección que se requieren. Son especialmente útiles para áreas extensas y su trayectoria permite cubrir mayores extensiones geográficas, debiendo agudizar la identificación y la detección de amenazas potenciales. Para una contextualización sobre el recorrido de este patrón se puede apreciar en la Figura 5.

Figura 5

Patrón de vuelo elíptico



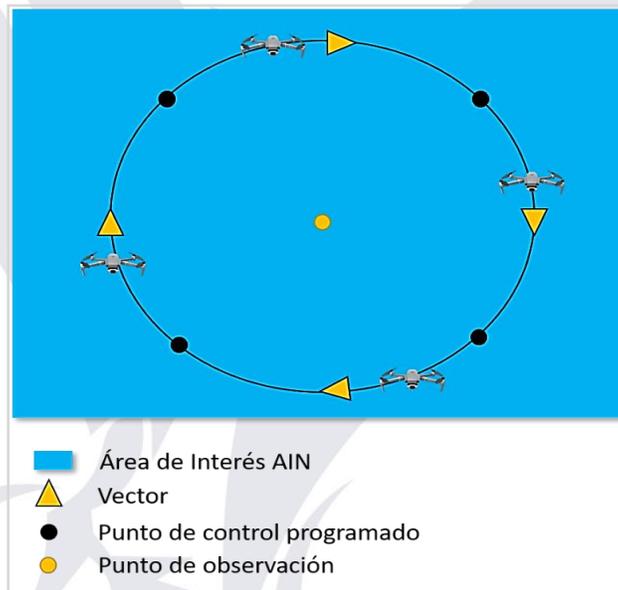
Patrón circular: Consiste en que el SUAS gira alrededor del piloto o de un punto fijo sobre el que se requiere mantener observación directa. Las condiciones de elevación pueden variar y la extensión de los círculos se puede alternar de acuerdo a la necesidad que exista en la obtención de información. Es decir, pueden hacerse círculos concéntricos, excéntricos y a diferentes altitudes. Este tipo de patrón es particularmente provechoso para los SUAS multirrotores VTOL, debido a que explota al máximo sus capacidades tácticas y técnicas, tales como: la



velocidad, el cambio rápido de ejes de rotación y avance, permitiendo la adquisición de información en diferentes vectores. En la Figura 6 podemos apreciar el esquema de este patrón.

Figura 6

Patrón de vuelo circular





Capítulo 3. Metodología

Dadas las características del planteamiento del problema y el objetivo general, el enfoque de esta investigación es mixto de preponderancia cualitativa y el método de análisis será a través de la triangulación de información concurrente. Según Hernández et al. (2014), la triangulación de información en métodos mixtos permite corroborar convergencia, correspondencia o confirmación al contrastar datos:

Tanto cualitativos como cuantitativos, según el tipo de información, así como la comparación de diferentes fuentes de información en torno a un tema en particular. Así mismo, la triangulación permite verificar o no los resultados y descubrimientos en aras de una mayor validez interna y externa del estudio (p. 538).

Se selecciona este enfoque, ya que permite explorar mejor y explotar mayor cantidad de datos e informaciones (Todd et al., 2004). El enfoque seleccionado obedece a que es factible lograr un mayor al presentar resultados a ciertos tipos de audiencia que pueden ser reticentes. Para ejemplificar, un dato estadístico podría tener mayor aceptación entre investigadores cualitativos que si se presenta con fragmentos de entrevistas. Además, la triangulación proporciona “una imagen más precisa” (p. 8) de lo que está ocurriendo en el hecho objeto de investigación.



Instrumentos

Para la recolección de información objeto de estudio, se realizó una revisión de documentos, seleccionando fuentes primarias como: Manual de Gestión de la Seguridad Operacional MAGSO, Manuales de Seguridad y Defensa de Bases MASED, Manual de Gestión de la Doctrina MAGDO, Guía para el empleo de UAS, Apreciación de Seguridad y Defensa de Bases del GAAMA y Mapa de Riesgos del GAAMA. Dicha revisión documental estuvo orientada a identificar aspectos relacionados con las categorías fundantes del trabajo de investigación: riesgos, activos de alto valor, vigilancia perimetral, uso de SUAS, dispositivos de seguridad, automatización de drones. Para Gómez et al. (2017), la revisión de documentos, como técnica para recolectar datos, “ayuda en la construcción del conocimiento, amplía los constructos hipotéticos (...) y enriquece” (p. 53) la interpretación de la realidad. De lo anterior se desprende que los documentos de doctrina de la FAC permiten entender cómo los diagnósticos de seguridad, la gestión de los riesgos y la protección de los activos de alto valor de una unidad militar como la BFA del GAAMA, pueden soportar la propuesta de un procedimiento de vigilancia perimetral a partir del uso de SUAS con patrones de vuelo autónomos.

Además de la revisión documental, la aplicación de dos entrevistas, instrumentos de carácter cualitativo y cuantitativo, con las cuales se pretende conocer la opinión, el conocimiento y los antecedentes relacionados con la seguridad y defensa de la BFA. Una de las entrevistas es estructurada, ya que este tipo de entrevista tiene la particularidad, según Hernández et al. (2014), de que los “temas son específicos y el margen para salirse de éstos es mínimo” (p. 411), mientras que la entrevista semiestructurada tiene la opción de incluir nuevas preguntas o alterar el orden de las mismas, de acuerdo al criterio del entrevistador. Las entrevistas semiestructuradas tienen como particularidad que durante el desarrollo de las mismas se van formulando o reformulando



preguntas para tener claridad conceptual sobre el tema de investigación. Esta característica se corresponde con lo señalado por Hernández et al. (2014), en el sentido de que

Las entrevistas semiestructuradas (...) se basan en una guía de asuntos o preguntas y el entrevistador tiene la libertad de introducir preguntas adicionales para precisar conceptos u obtener mayor información sobre los temas deseados (es decir, no todas las preguntas están predeterminadas) (p. 460).

En la tabla 10 se definen los tipos de entrevista y sus características:

Tabla 10

Tipos de entrevistas aplicadas y sus características

Tipo de entrevista	Características
Estructurada	<ul style="list-style-type: none">• Sigue una guía específica de preguntas• El orden de las preguntas es inalterable• No es pertinente omitir preguntas• No permite agregar nuevas preguntas• Los temas son específicos• El margen de salida de los temas es mínimo.
Semiestructurada	<ul style="list-style-type: none">• Son más flexibles que las entrevistas estructuradas• Las preguntas pueden reformularse a medida que se obtiene más información• Hay lugar a nuevas preguntas que pueden surgir por necesidades inmediatas



- Ofrecen información cuantificable
 - Las respuestas pueden analizarse como texto
 - El orden de las preguntas puede variar de acuerdo con el conocimiento del entrevistado y el criterio del entrevistador
-

El fin de la aplicación de estos instrumentos es determinar factores de riesgo, amenazas y conveniencia y oportunidad de los procedimientos de maniobras para la vigilancia perimetral con SUAS, para dar cumplimiento al objetivo específico 1 y lograr un acercamiento a lo planteado en el segundo objetivo específico.

A partir de los aspectos doctrinarios señalados en el Manual de Seguridad y Defensa de Bases de la FAC y el desarrollo de una entrevista semiestructurada, se determina cuáles son los riesgos para la seguridad operacional de la base aérea del GAAMA, y se definen cuáles son los activos de alto valor con que cuenta la unidad, de conformidad con los dos primeros objetivos específicos propuestos en el presente trabajo.

La entrevista semiestructurada parte de una serie de cuestionamientos, requerimientos o preguntas en las que el entrevistador tiene la libertad de introducir nuevos asuntos o reformular las preguntas “para precisar conceptos u obtener mayor información” (Hernández et al., 2014, p. 460).

El fin de aplicar una entrevista semiestructurada es el de validar los resultados que se relacionan en el capítulo 4 sobre los riesgos y los Activos de Alto Valor de la BFA del GAAMA, y orientar los criterios y pasos para estandarizar los procedimientos de maniobras para la vigilancia perimetral con SUAS, de conformidad con lo planteado en el objetivo 2. Lo anterior, debido a que las entrevistas aportan información sobre la pertinencia de dichas maniobras.



Las preguntas de ambos instrumentos son formuladas de acuerdo con los seis tipos de preguntas según la clasificación de Mertens (2010), quien en su texto sobre integración de los métodos cuantitativos, cualitativos y mixtos señala que en entrevistas en las que se involucran las ciencias sociales, es pertinente que las preguntas estén orientadas a aspectos demográficos, comportamentales, cognitivos y actitudinales (p. 243), y que estén distribuidas de tal forma que se puedan apreciar: a las opiniones del entrevistado, para definir su grado de objetividad; b. sus sentimientos y su posible subjetividad; c. los conocimientos específicos sobre una realidad; d. las situaciones que impliquen un resultado sensorial frente al objeto de estudio; e. la ocurrencia de hechos; y, f. su experiencia o comportamiento en el contexto del objeto de estudio. En la tabla 11 se muestra la clasificación de Mertens según el tipo de pregunta, y la distribución de preguntas hechas a los expertos.

Tabla 11

Distribución de preguntas con base en la clasificación Mertens

Tipo de pregunta con base en la clasificación de Mertens	Entrevista estructurada	Entrevista semiestructurada
a. Opinión o valoración	Preguntas 1 y 8	Pregunta 1
b. Expresión de sentimientos	Pregunta 3	Pregunta 5
c. Conocimientos	Pregunta 4 y 9	Pregunta 2
d. Sensoriales	Preguntas 6 y 7	Pregunta 6
e. Antecedentes	Preguntas 2 y 5	Pregunta 3
f. Experiencia o comportamiento	Pregunta 10	Pregunta 4



Población y Muestra

De acuerdo con los planteamientos formulados, el contexto del presente ejercicio investigativo es la Base de la Fuerza Aérea – Grupo Aéreo Amazonas, ubicado en el municipio de Leticia, Amazonas, en el kilómetro 3 de la antigua vía Leticia – Tarapacá. En la unidad laboran 166 uniformados, distribuidos en 40 oficiales, 53 suboficiales y 73 soldados. Además, prestan servicios administrativos 30 no uniformados. Para seleccionar a las personas a quienes se les aplicaron los instrumentos se procede a un muestreo simple o aleatorio, el cual "consiste en elegir a un grupo demográfico objetivo" (Parra, 2023). Esto permite que, dentro de la población, los sujetos seleccionados correspondan a una muestra que pueda garantizar acceso suficiente a información valiosa para el estudio. Así las cosas, la muestra seleccionada para el presente trabajo corresponde al 1,8% del total del parte del personal (02 oficiales y 01 suboficial). El criterio para seleccionar esta muestra no representativa es debido a que las entrevistas se aplican a personas que por su cargo, experiencia, tiempo en la unidad y acceso directo a la información requerida, pueden realizar aportes valiosos para la generación de nuevos conocimientos; además, se reduce la posibilidad de interpretaciones personales. En la tabla 12 se relacionan los detalles de la muestra y los instrumentos:



Tabla 12

Distribución de la muestra, instrumentos y análisis

Población	Muestra	Instrumentos	Procedimiento de análisis
Oficiales, suboficiales y soldados BFA - GAAMA	2 Oficiales del Escuadrón de Seguridad y Defensa de Bases 1 Suboficial (Equipo de Detección de Sustancias)	Entrevista semiestructurada Entrevista estructurada Textos de doctrina militar FAC Documentos internos BFA-GAAMA Diario de campo	Triangulación de información Revisión documental y análisis de textos Revisión de notas

Procedimiento para Identificar y Valorar los Riesgos y HVA

Un primer paso para identificar los riesgos y los activos de alto valor consiste en preguntarle a los entrevistados si conocen la definición de estos conceptos.

Con base en las respuestas, se les pide a los expertos que valoren, a partir de su conocimiento y los antecedentes, el nivel de riesgo y el grado de vulnerabilidad de los HVA.

A continuación, se indaga por las medidas pasivas y activas para garantizar la seguridad y defensa de la base.



Se consulta a los entrevistados sobre la idoneidad de los funcionarios, los sistemas electrónicos de seguridad, las medidas que se adoptan y los escenarios ideales para controlar los riesgos y proteger los activos de alto valor.

Los participantes son indagados por los conceptos de automatización, vigilancia perimetral y uso de SUAS para apoyar las actividades afines a la seguridad y defensa de la base.

Teniendo en cuenta que no se puede acceder de forma directa a documentos de carácter restringido, como el mapa de riesgos y la apreciación de situación de seguridad y defensa de la base, a los entrevistados se les solicita información adicional que pueda ser de conocimiento público, sobre situaciones relacionadas con los riesgos, los activos de alto valor y la vigilancia perimetral de la base.

En lo concerniente a la identificación y control de riesgos e identificación y protección de activos de alto valor, se listan los mismos; y haciendo uso de un diario de campo se procede a recolectar información relacionada con los objetos de materialización y posible modalidad de materialización de los riesgos, y sobre la identificación, ubicación (coordenadas) y descripción de los activos de alto valor.

Posteriormente, se realiza análisis inferencial de los textos y triangulación de la información, tanto de los riesgos y HVA identificados, como de los manuales y demás documentos institucionales.

Análisis y Triangulación de la Información

Para hacer más fácil la organización de la información para analizarla, se realiza una matriz de triangulación de datos, que actúa como procesador de la información de las entrevistas



(Canal PROFE BARBI, 2019). Algunas de las características de una matriz de triangulación, según la fuente citada anteriormente, son:

- a) Procesamiento de datos e informaciones que resultan de aplicar entrevistas.
- b) Esta matriz es un instrumento.
- c) Compara las preguntas abiertas que se le hacen a cierta cantidad de expertos.
- d) La cantidad de expertos que se compara deber ser mínimo dos y máximo ocho personas.
- e) La primera columna puede catalogarse como indicador, categoría o variable.
- f) No se recomienda comparar menos de cinco preguntas abiertas. El número máximo es indeterminado, ya que, al utilizarse para entrevistas semiestructuradas, pueden surgir nuevas preguntas.
- g) La segunda columna se asigna a las respuestas del primer experto; la tercera columna, a las respuestas del segundo experto, y así, sucesivamente, según el número de expertos entrevistados.
- h) Se debe tener en cuenta que se resume la respuesta, según lo que atañe a la pregunta, al indicador, categoría o variable. Para ampliar la información, las respuestas completas se presentan como anexos.
- i) La última columna de la matriz corresponde a los resultados derivados de la comparación que se hace de las informaciones y datos suministrados por los expertos. Atendiendo a razones de formato, cuando se comparan los datos de más de tres fuentes de información, es posible que los resultados no se ubiquen en la última columna, sino en una fila inferior o en un texto inmediatamente después de la matriz de triangulación.

Una matriz es un instrumento en el que se cruzan informaciones obtenidas de diversas fuentes de información (ya sea entrevistas o revisión documental), conformada por filas y



columnas. “Los renglones o filas significan ítems, indicadores o reactivos, y las columnas representan características, propiedades o atributos de cada ítem” (Hernández et al., 2014, p. 258). La matriz que se presenta combina y reúne datos cualitativos y cuantitativos, puede contener datos que respondan a variables y categorías, pero también a casos aislados.

Una vez realizadas las entrevistas se procede a triangular la información, con el fin de resaltar patrones, regularidad, similitudes, relaciones, contraste, tendencias o diferencias, que permitieron tener un primer diagnóstico para identificar los riesgos que afectan la seguridad integral y establecer los Activos de Alto Valor (HVA High Value Assets) que son motivo de vulnerabilidad dentro de la BFA, sede del GAAMA, así como detalles sobre la conveniencia y automatización de SUAS para apoyar la vigilancia perimetral, de acuerdo con lo planteado los objetivos específicos.

Los resultados de esta primera triangulación son nuevamente sometidos a comparación y contraste en una segunda matriz, con los textos objeto de revisión, como el Manual de Gestión de Seguridad Operacional -MAGSO-, Manual de Seguridad y Defensa de Bases -MASED-, Manual de Gestión de Doctrina y Lecciones Aprendidas -MAGDO, la Guía de procedimientos para uso de UAS, la Apreciación de Situación y Seguridad y Defensa de Bases Aéreas -ASDBA- y el Mapa de Riesgos.

Diseño de la Guía para Operación de SUAS a través de Patrones Autónomos de Vuelo

El resultado esperado de la segunda triangulación es conocer sin con base en las disposiciones institucionales y doctrina militar expedidos por la Fuerza Aérea Colombiana se determina la conveniencia y oportunidad en la automatización de SUAS para apoyar la vigilancia



perimetral, y a partir de los resultados de estas actividades, se procede a documentar la guía de procedimientos para las actividades de vigilancia perimetral en la BFA-GAAMA. (Anexo 4)

- a) Para diseñar dicha guía, se propone de forma preliminar el diseño de un patrón de vuelo y la programación de un patrón de vuelo autónomo de un SUAS. El insumo para estos dos pasos iniciales parte de las opiniones de los entrevistados.
- b) El formato de la guía es similar a los formatos controlados por la Jefatura Seguridad y Defensa de Bases, JES. Como orientación, se tomará la guía de código GA-JESD-PRO-001 *“Protocolo de actuación por detección de UAS o vehículos autónomos o remotamente tripulados, sobre aeródromos o zonas restringidas de la FAC, donde no existan contramedidas electrónicas”*.
- c) Los pasos del procedimiento obedecen a las etapas del planear, hacer, verificar y actuar del sistema de gestión integral, estableciendo puntos de control en algunos de ellos.
- d) Finalmente, se documenta la guía en un formato en el que se especificará por cada uno de los pasos del procedimiento, la actividad, la descripción y el responsable.



Capítulo 4. Resultados y Análisis

Análisis de Resultados

Una vez aplicados los instrumentos y hecha la revisión documental, conforme a lo proyectado en el primer objetivo específico, se logra identificar que la BFA del GAAMA cuenta con dos riesgos para la seguridad y defensa de la base, que estos riesgos podrían materializarse sobre once puntos críticos dentro del perímetro de la unidad, y que los agentes externos o internos podrían representar un peligro a partir de 15 diferentes modalidades de afectación. En lo que respecta a los activos de alto valor, HVA, se pudieron identificar 8 elementos que hacen parte de la infraestructura aérea, los servicios públicos, logística de guerra e hidrocarburos, que presentan vulnerabilidad frente a posibles intenciones de afectación.

A partir de los resultados de las entrevistas, la revisión documental y el diario de campo, fue posible diseñar un patrón de vuelo y realizar la propuesta de programación de automatización de un vuelo autónomo de SUAS, en concordancia con el segundo objetivo específico; mientras que se logra tener acceso a información a partir de la cual se diseñó la guía “Procedimiento para operación de SUAS a través de patrones autónomos de vuelo en el GAAMA”, de conformidad con el objetivo específico No. 3.

Los resultados ampliados se presentan a continuación:



Situación de Seguridad del GAAMA

A partir de la información relacionada en la matriz de antecedentes de riesgos materializados,¹ y con el fin de contextualizar la situación de seguridad que afecta al GAAMA, es pertinente mencionar los siguientes eventos, que afectan directamente las actividades a ejecutar:

El 01 de agosto del 2018, la BFA fue vulnerada en su seguridad. Entre las 02:00 y 03:00 de la mañana de ese día, el centinela del Puesto 10, reportó la cercanía de una silueta que se dirigía hacia él. Cuando intentó reaccionar, el intruso lo atacó y se inició un forcejeo entre ambos, produciéndose tres disparos: un proyectil que impactó en una de las piernas del soldado y dos disparos al aire realizados con el fusil de dotación. Posterior a esto, el intruso huyó por la cancha de fútbol, cerca de las instalaciones del ESDEB 405.

En diciembre del año 2020, tres jóvenes ingresaron al perímetro de seguridad de la BFA por el punto denominado Mojón 6, cerca al puesto de guardia No. 10; el ESDEB 405 reacciona de acuerdo a lo establecido e interceptan a estas personas, quienes manifiestan haberse extraviado y pertenecer a la comunidad de San Miguel, la cual colinda con los predios legales de la BFA.

¹ Esta información está contenida en la apreciación de situación de seguridad y defensa base aérea (ASDBA) del GAAMA. Sin embargo, por tratarse de un documento de carácter SECRETO según la clasificación asignada con base en la Ley de Inteligencia y Contrainteligencia (Ley 1621 de 2013), solo fue posible tener acceso a la información a través de comunicación personal con la Oficial Jefe Sección Gestión del Riesgo.



Establecimiento de un Panorama de Riesgos del GAAMA

A partir de la revisión textual del mapa de riesgos del año 2021, se pudo evidenciar que del total del inventario de riesgos definidos para el GAAMA, dos corresponden a situaciones potenciales que pueden afectar la seguridad y defensa de la BFA, -SDBA-, y que podrían minimizarse o mitigarse a partir de la implementación de un procedimiento automatizado de vigilancia perimetral mediante el uso de SUAS. Los dos riesgos identificados corresponden a Atentado o ataque al componente físico del PAEC y Violación a los controles de seguridad de la BFA. La descripción del primero de ellos hace referencia a una situación de ataque contra el CFPAEC. Busca descontinuar las operaciones de la fuerza aérea para obtener superioridad relativa o generar un golpe de opinión ante la población, como mecanismo para ejercer presión política o social. A su vez, el segundo riesgo identificado está descrito como la potencial vulneración del sistema de seguridad establecido en la BFA o plataforma aérea de la FAC (GAAMA, Mapa de riesgos 2022). En la figura 7 vemos la cantidad de objetos de materialización por cada uno de los riesgos, según el nivel de tolerabilidad (nivel de riesgo), mientras que en la tabla 13 se observa en detalle los riesgos, objeto de materialización y modalidad de materialización.



Figura 7

Niveles de tolerabilidad de los riesgos de la BFA-GAAMA según objetos de materialización

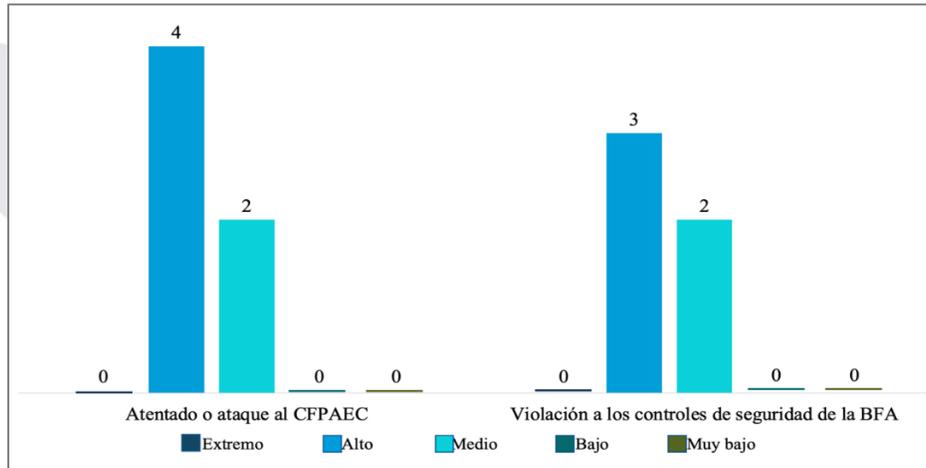


Tabla 13

Riesgos para la SDBA, objeto y modalidad – BFA GAAMA

Riesgo	Objeto de materialización	Modalidad
Atentado o ataque al CFPAEC	Plataforma aérea	Aire-tierra
	Bases aéreas	Armas NBQR
	Industria aeronáutica	Armas tiro parabólico o directo
	EPP y EE	Artefacto explosivo
	ACS	Incursión en masa
		Sabotaje
	ZDS	Agresión física
	Secuestro	



Violación a los controles de seguridad de la base	Perímetro de seguridad	Detención de combatientes
	Controles de acceso	Ingreso o salida de armas / municiones / explosivos
	Zona controlada	Vulneración de procedimientos
	Zona restringida	Ingreso o salida de sustancias
	Plataforma aéreas FAC	Ingreso o salida de personal
		Ingreso o salida de flora de divisas
		Omisión de instructivos

Definición de los Activos de Alto Valor (HVA) del GAAMA.

Dentro del componente físico se tuvo conocimiento sobre los HVA con que cuenta el GAAMA. La importancia de estos radica en que cualquier materialización de un peligro o amenaza podría implicar una ruptura en toda la cadena de funcionamiento del PAEC.

En las figuras 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 y 15 se identifican los HVA y los motivos por los cuales son definidos como de alto valor.





Figura 8

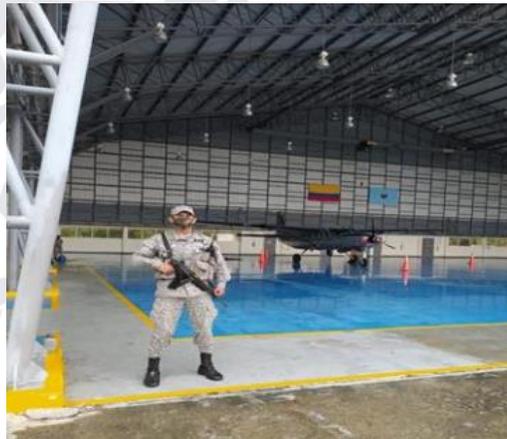
Rampa militar del GAAMA



Ubicada en las coordenadas geográficas 4°11'07" S - 69°56'13" W. En este punto se reúne la mayor cantidad de aeronaves, generando concentración de recursos aeronáuticos.

Figura 9

Hangar del GAAMA



Es la infraestructura utilizada para resguardar las aeronaves asignadas al GAAMA cuando no están en operación; cuenta con servicio de seguridad permanente y acceso restringido. Se encuentra en las coordenadas 4°11'07"S - 69°56'13"W.



Figura 10

Depósito de armamento del GAAMA



Está ubicado en las coordenadas $4^{\circ}11'19''$ S - $69^{\circ}56'07''$ W. En esta instalación se almacenan fusiles, municiones y armamento terrestre de corto alcance, destinado a la defensa de la BFA. Su neutralización impediría realizar una defensa efectiva de la base.

Figura 11

Polvorín del GAAMA



Ubicado en las coordenadas $4^{\circ}10'54''$ S - $69^{\circ}56'06''$ W. Este edificio está destinado al almacenamiento de explosivos y municiones aéreas.



Figura 12

Planta eléctrica del GAAMA



Generador que permite independencia de fluido eléctrico. Su destrucción o neutralización impediría la continuidad operacional del GAAMA, además de generar daños considerables. Está ubicado en las coordenadas 4°11'13" S - 69°56'07" W.

Figura 13

Depósito de combustibles del GAAMA



Ubicado en las coordenadas 4°11'13"S - 69°56'07"W. Almacena combustible para ser empleado como suministro de la planta eléctrica y sustentar las operaciones del GAAMA.



Figura 14

Plata de tratamiento de agua potable



Está ubicado en las coordenadas $4^{\circ}11'20''\text{S}$ - $69^{\circ}56'15''\text{W}$. Instalaciones donde se realiza la remoción de residuos sólidos y potabilización del agua que consumen los funcionarios del GAAMA.

Figura 15

Tanque de combustible aeronáutico



Se encuentra localizado en las coordenadas $4^{\circ}11'07''\text{S}$ - $69^{\circ}56'13''\text{W}$. Contenedor de combustible para realizar operaciones aéreas y reserva. Su destrucción o neutralización, además de generar daños considerables al GAAMA, impediría la continuidad operacional de la BFA.



Triangulación de Información

Una vez realizadas las entrevistas a los tres uniformados que laboran en la BFA GAAMA y cuyos cargos están relacionados directamente con el tema de investigación propuesto, se procedió a triangular los datos, con el fin de resaltar patrones, regularidad, similitudes, relaciones, contraste, tendencias o diferencias. Allí se pudieron identificar los riesgos que afectan la seguridad integral y establecer los Activos de Alto Valor (HVA High Value Assets) que son motivo de vulnerabilidad dentro de la BFA, sede del GAAMA.

En la tabla 14 se resaltan los resultados de la triangulación de las informaciones, de conformidad con seis indicadores derivados de las preguntas formuladas en las entrevistas:

Tabla 14

Matriz de triangulación de información concurrente con base en las entrevistas.

Indicador	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Resultado
Nivel de riesgo para la defensa y seguridad de la BFA – GAAMA	Riesgo alto porque el cerramiento perimetral solo tiene 100 metros de malla eslabonada y hay antecedentes de incursión.	Riesgo medio ya que hay incidencia de bandas delincuenciales; también hay riesgo de pérdida de material de guerra.	No hay riesgos que puedan ser valorados como extremos ni bajos.	La seguridad física es débil y puede afectarse el CFPAEC.



Antecedentes de eventos reportados de vulneración a la seguridad	Se reportaron una incursión en 2018 y dos en 2020. En una de ellas resultó lesionado un centinela.	Una en la que hubo el intento de hurto del fusil de dotación a un soldado.	La apreciación de situación señala que hay riesgo por antecedentes de violación a la seguridad.	Hay antecedentes de vulneración a la seguridad y presencia de agentes externos.
Activos de Alto Valor (High Value Assets - HVA)	Aspectos de infraestructuras física y la falta de un SES ponen en riesgo los HVA.	Se puede presentar el robo o pérdida de armamento o munición.	Si se afecta uno solo de los HVA, se puede ver afectado todo el PAE de la unidad militar.	La afectación de los HVA es latente.
Medidas activas de seguridad y vigilancia perimetral	Se requiere mejorar el SES e implementar un sistema de control de acceso efectivo. Video vigilancia perimetral incompleta.	Los equipos no son los indicados para proveer la seguridad que se requiere. Los equipos de video vigilancia perimetral son obsoletos e insuficientes.	Se debe aprovechar mejor las capacidades tecnológicas. Se cuenta con herramientas, pero no se usan adecuadamente.	Aunque hay medidas activas de seguridad, estas deben fortalecerse.
Idoneidad y cantidad del recurso humano	Déficit en la planta de oficiales, suboficiales y soldados.	Sí hay personal suficiente en la base. El personal no cuenta con el	Se debe concientizar al personal; a veces es muy relajado con la seguridad.	La planta de personal es adecuada, pero podría aumentarse.



El personal cuenta con la capacidad mínima requerida para proteger el CFPAEC

entrenamiento militar para proteger los activos de alto valor.

Se requiere mayor despliegue de la doctrina y entrenamiento para la seguridad y defensa.

La vigilancia automatizada permitiría mejorar la percepción de seguridad.

Se debe apoyar la seguridad

Si bien ya hay un procedimiento establecido para el uso de UAS en la protección del

CFPAEC, para el caso específico del GAAMA, es

El uso de SUAS automatizados en vigilancia

pertinente que haya un protocolo de actuación automatizado.

perimetral es conveniente y pertinente para apoyar la seguridad de la base, conjurar amenazas y generar percepción de seguridad.

Uso de SUAS y automatización

Los SUAS son un recurso para la reacción inmediata y eficaz ante algún tipo de amenaza; permite vigilar puntos inaccesibles

perimetral con drones vinculados a CCTV.

Sería pertinente que entre las capacidades distintivas para la seguridad perimetral hubiera uso de drones automatizados ya



que el
procedimiento no se
interrumpiría en
caso de que los
operadores tengan
alguna situación
administrativa.

Los resultados que se muestran en la última columna de la tabla anterior también son sometidos a triangulación con las disposiciones institucionales y doctrina militar expedidos por la Fuerza Aérea Colombiana. En la tabla 15 se relacionan, de manera transversal, los resultados de la triangulación de la información de las entrevistas con cada uno de los textos institucionales revisados, y transversalmente se presenta una conclusión con relación a cada indicador:

Tabla 15

Matriz de triangulación de resultado de entrevistas y revisión de textos

Riesgos / La seguridad física es débil y puede afectarse el CFPAEC					
MAGSO	MASED	MAGDO	Guía UAS	ASDBA	Mapa Riesgos
Los equipos de gestión del riesgo deben formular estrategias y efectuar	Los riesgos para la SDBA tienen los siguientes objetos de materialización:	Existe una relación entre riesgos y desarrollo tecnológico, y riesgos y	Antes de iniciar un vuelo, el operador deberá verificar el ambiente operacional,	Cuando el sistema de seguridad ha sido vulnerado, esto quiere decir que se materializó	Objetivo: fortalecer la seguridad y defensa para la protección del CFPAEC



recomendaciones para mitigar los riesgos y mejorar continuamente el SGSO.	Plataformas aéreas, bases aéreas, industria aeronáutica, EPP y EE, ACS, ZDS, perímetro de seguridad, control de acceso, zona controlada, zona restringida y plataformas aéreas	conocimiento y responsabilidad. Las decisiones que permitan tener mayor control sobre los riesgos deben ser permanentes.	considerando riesgos tanto en la superficie como en el aire.	uno de los riesgos de seguridad y defensa de bases.
---	--	--	--	---

Conclusión: el nivel de riesgo en la seguridad y defensa de la BFA oscila entre alto y moderado. La seguridad física es débil y puede afectarse el CFPAEC.

Antecedentes / Hay antecedentes de vulneración a la seguridad y presencia de agentes externos

MAGSO	MASED	MAGDO	Guía UAS	ASDBA	Mapa Riesgos
Sin información disponible	Las operaciones de seguridad de bases deben tener las siguientes características: prevención,	Los eventos de violación a la seguridad deberán ser documentados como lecciones aprendidas.	El alcance del procedimiento de uso de UAS incluye ejercer vigilancia y reconocer amenazas	En la apreciación se debe incluir la matriz de antecedentes de riesgos materializados, en la que se	Deterioro de relaciones con países de frontera. Presencia de GDO, GDCO,



disuasión,	potenciales,	considera el	inmigrantes
detección,	para generar las	registro histórico	ilegales.
retardo,	alertas	de los riesgos que	
denegación y	pertinentes ante	se hayan	
resiliencia. La	posibles	materializado en	
denegación	incursiones.	la BFA, cuando	
apela a medidas		ya el riesgo pasó	
pasivas para		de ser una	
evitar la		posibilidad que	
incursión de la		ocurra a un	
amenaza a la		acontecimiento	
BFA		ya ocurrido.	

Conclusión: los antecedentes recientes de incursión al GAAMA y la presencia permanente de agentes externos pueden vulnerar la seguridad operacional y la seguridad de la BFA.

HVA / La afectación de los activos de alto valor es latente.

MAGSO	MASED	MAGDO	Guía UAS	ASDBA	Mapa Riesgos
En el procedimiento de cultura justa, se tendrá en cuenta toda información que advierta algún sabotaje (obstrucción o daño	El concepto de “defensa equilibra-da” señala que cada uno de los activos de alto valor debe tener un sistema de defensa	Sin información disponible	En las operaciones con uso de UAS, se deben propender por identificar amenazas que puedan afectar al componente físico del PAE.	En unidades militares y de seguridad, las medidas pasivas incluyen un conjunto de elementos utilizados para la protección del CFPAEC; estos	Disminución y/o pérdida de la continuidad operacional de la unidad militar. Pérdida y/o daños costosos



intencionado de un sistema o servicio)	proporcional y justo.	permiten retardar el ingreso no autorizado a la BFA.
--	-----------------------	--

Conclusión: los activos de alto valor de la BFA del GAAMA requieren una vigilancia permanente

Medidas activas / Aunque hay medidas activas de seguridad, estas deben mejorarse y fortalecerse de forma diferencial.

MAGSO	MASED	MAGDO	Guía UAS	ASDBA	Mapa Riesgos
La seguridad es un principio institucional a cargo de todos los miembros de la fuerza, en todas las actividades y procedimientos.	Las maniobras de vigilancia en la seguridad de bases deben ser apoyadas mediante desarrollos tecnológicos.	Sin información disponible	Sin información disponible	Los SES y el centinela son las principales medidas actividades de seguridad, y como tal, deben estar dotados de todos los elementos y capacidades para generar alertar y evitar incursiones a la BFA.	El incumplimiento a los procedimientos existentes hace que las medidas activas de seguridad pierdan eficiencia.

Conclusión: es necesario mejorar o robustecer la seguridad con procedimientos estandarizados y con capacidades distintivas basadas en desarrollos tecnológicos en el GAAMA.



Idoneidad y cantidad de personal / La planta deberían aumentar. Se requiere mayor despliegue de la doctrina y entrenamiento para la seguridad y defensa.

MAGSO	MASED	MAGDO	Guía UAS	ASDBA	Mapa Riesgos
En 2016 se proyectó el Centro Nacional de Seguridad Operacional para centralizar, entre otras, la capacitación en seguridad.	Se presenta la doctrina operacional que rige la ejecución táctica y metodologías para desarrollar la seguridad y defensa del CFPAEC.	Los eventos de capacitación son una buena oportunidad para compartir las lecciones recientes.	En la operación de UAS, son claves de éxito la comunicación efectiva y constante con el prestador de los servicios de tráfico aéreo de la BFA, la capacitación y pericia de los operadores de UAS y la coordinación entre dependencias, escuadrones o grupos.	La UTSDDB de planear actividades para formar, capacitar y entrenar a todo el personal de la UMA en habilidades militares para que ellos puedan desarrollar destrezas que permitan desempeñarse eficientemente en funciones de seguridad.	Falta invertir en capacitación y tecnología para la seguridad y defensa de la infraestructura de la FAC.

Conclusión: Aunque hay personal que no cuenta con el entrenamiento militar para proteger los activos de alto valor, son claves de éxito la capacitación y pericia de los operadores de UAS.



SUAS y automatización / El uso de SUAS automatizados en vigilancia perimetral es conveniente y pertinente para apoyar la seguridad de la base, conjurar amenazas y generar percepción de seguridad.

MAGSO	MASED	MAGDO	Guía UAS	ASDBA	Mapa Riesgos
Sin información disponible	Mediante la optimización de los procedimientos y la implementación de controles se reducen los riesgos, lo cual resulta ser más accesible y sencillo para superar las debilidades, antes de aplicar medidas más costosas y difíciles.	Sin información disponible	Las operaciones con aeronaves no tripuladas ofrecen altas condiciones de confiabilidad y seguridad.	Sin información disponible	El riesgo “violación a los controles de seguridad” señala que una de las causas e la falta de inversión en capacitación y medios tecnológicos para la seguridad y defensa de la infraestructura de la FAC.

Conclusión: el uso de SUAS automatizado en actividades de vigilancia perimetral en la BFA del GAAMA es conveniente, pertinente, de bajo costo, efectivo y de alto impacto para la protección del CFPAEC, y para minimizar o mitigar los riesgos y proteger los activos de alto valor.



De acuerdo con las anteriores conclusiones, se logró establecer que el nivel de riesgo de la BFA-GAAMA es medio-alto, dado que en un lapso de tiempo inferior a cinco años se han presentado algunas incursiones, lo que hace vulnerable la seguridad de la base, requiriéndose, para la protección del CFPAEC y los activos de alto valor, una vigilancia permanente. De allí que sea importante robustecer las medidas de seguridad haciendo uso de las capacidades institucionales, de tal forma que a las actividades humanas se sumen los desarrollos tecnológicos de forma permanente. Por consiguiente, se concluye la conveniencia para la propuesta de un procedimiento de automatización de SUAS para apoyar la vigilancia perimetral.

Procedimiento de Operación de SUAS a través de Patrones Autónomos de Vuelo en el GAAMA

El objetivo de proponer un procedimiento para proteger el CF del Poder Aéreo, Espacial y Ciberespacial de la FAC asignado al GAAMA y Activos Estratégicos del Estado contenidos dentro de la BFA, mediante el empleo de UAS (Unmanned Aircraft Systems), radica en la necesidad de fortalecer las medidas activas y pasivas de seguridad. El alcance de dicho procedimiento sería desde la planificación de la operación para ejercer vigilancia del Área de Interés (AIN), reconocimiento de amenazas potenciales, activación de alerta y realización de coordinaciones al interior de la BFA y externas (PONAL, CGAMA, BITER 26, 26ava BRIGADA EJC, FISCALÍA, Aeropuerto Internacional Alfredo Vásquez Cobo, etc.), hasta la ejecución de maniobras y actividades por parte del personal del Escuadrón de Seguridad y Defensa de Bases (ESDEB 405), para neutralización de las amenazas detectadas. Reporte de finalización de la misión.



Es importante aclarar que la programación de los patrones de vuelo automatizados para el caso del GAAMA, se ejecutarán a través de la plataforma SUAS DJI MAVIC PRO 2, con el cual se cuenta en el escuadrón de Seguridad y Defensa de Bases 405. Para ello, es absolutamente necesario establecer una configuración de vuelo con GPS a través de waypoints que son grupos de coordenadas que señalan un punto concreto en el espacio físico terrestre). En la figura 16 se muestra la secuencia propuesta para el patrón de vuelo en la vigilancia perimetral, mientras que en las tablas 16 y 17 se exponen, respectivamente, los pasos para la programación de dicho patrón autónomo y el procedimiento para operación de SUAS a través de patrones autónomos de vuelo en el GAAMA (Anexo 3):

Figura 16

Propuesta de patrón de vuelo para el Grupo Aéreo del Amazonas





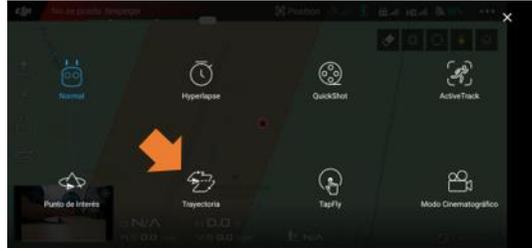
Tabla 16

Pasos para la programación de patrones de vuelo autónomos en SUAS

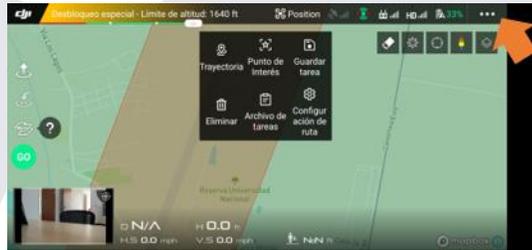
No.	Actividad	Imagen
1	Verificar el SUAS	
2	Verificar y encender el controlador de vuelo	
3	Conectar el controlador a la aeronave	



- 4 Ingresar al modo de navegación en la pantalla del dispositivo controlador y desplegar el menú de opciones, seleccionando la opción TRAYECTORIA



- 5 Desplegar el menú para definir la configuración de la ruta



- 6 Configurar el tipo de ruta de tipo poligonal



- 7 Configurar el modo de finalización de tarea en RTH

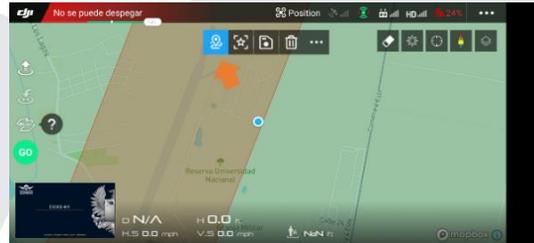




8 Configurar el modo de orientación en **ORIENTACIÓN AJUSTABLE**



9 Marcar waypoint de acuerdo a la ruta de vigilancia que se requiere cubrir



10 Marcar la ruta con los números de los waypoint de acuerdo a la planificación realizada, señalando la altura, trayectoria y velocidad.



11 Configurar la tarea y dar inicio





12 Iniciar el vuelo en un punto seguro



Tabla 17

Pasos y requisitos para el procedimiento de operación de SUAS a través de patrones autónomos de vuelo en el GAAMA

No.	Actividad	Tareas básicas	Responsable
1	Requisitos de tráfico aéreo.	Comunicación permanente entre el operador del UAS, quien debe estar certificado para ello, y el controlador del	Comandante
1	operación	En la planificación de la operación debe garantizarse que el UAS tenga póliza de seguros, y que haya un patrón de vuelo.	ESDEB 405
2	Realizar verificación previa a la operación	Verificación del ambiente operacional, considerando riesgos, condiciones de meteorología locales reinantes, restricciones de vuelo, espacio aéreo, ubicación de personas, predios y cualquier otro posible peligro en tierra.	Comandante ESDEB 405
		Quienes participen en la operación del UAS-SUAS deberá estar informado sobre las condiciones de	



operación, planes de emergencia, roles, responsabilidades, y peligros probables.

Verificar el funcionamiento de la comunicación entre la estación de control en la superficie y el dron, y que la aeronave cuenta con la carga de energía requerida para la operación.

El tiempo total de vuelo en una operación no será superior al 80% de la autonomía total del dron.

Tener en cuenta las limitaciones declaradas por el fabricante.

Prohibir que la aeronave sea operada por alguien bajo efectos de alcohol o drogas de cualquier tipo.

La operación no debe interferir en misiones aéreas tripuladas.

Se debe contar con orden de operaciones y con autorización del prestador del servicio de tráfico aéreo en la BFA

Informar al ESCOM y al servicio de la TWR, la intención de realizar la operación de vuelo informando el tipo de

3 Informar operación UAS
UAS

UAS, las horas previstas de salida y llegada, sectores a operar en la BFA, altura y tiempo estimado de operación Piloto UAS y demás información útil para el control de tránsito aéreo.

Tener en cuenta el procedimiento para operar aeronaves pilotadas a distancia (RPA) en las unidades militares



aéreas, que no obedezcan a las misiones de la Dirección de Aeronaves Remotamente Tripuladas (DIART).

4	Aprobar operación con UAS	Se verifica la planificación y si no se considera interferencia o riesgo para las operaciones aéreas, se da autorización, informando por correo institucional a la UTSDDB, a través del CMOSD. Se debe confirmar las condiciones de meteorología para un vuelo seguro. Verificación técnica del UAS e identificación de condiciones riesgosas para el vuelo. Comprobar la carga total de energía de las baterías. Pruebas de comunicación. Informar la operación a los servicios internos. Identificar e informar zonas de vuelo prohibidas.	Comandante del ESCOM y servicio TWR
5	Realizar pre vuelo	Efectuar pruebas de los componentes y sensores del UAS y verificar su ensamblaje seguro. Programar patrones de vuelo. Ubicar el UAS en la zona de despegue. Despejar la zona de despegue de personas, animales o elementos que puedan interferir en la operación. Encender el UAS y el controlador y verificar la conexión. Ajustar la configuración de GO HOME. Verificar la señal de GPS o controlador por satélite. Iniciar vuelo.	Piloto UAS



- Informar periódicamente al servicio TWR y al comandante del ESDEB 405 sobre el estado del UAS y la información obtenida por los sensores del mismo, para que, cuando haya amenazas, se ejecuten maniobras y actividades defensivas, de acuerdo con lo contemplado en los planes operacionales.
- La información obtenida con el UAS debe ser almacenada para que sirva como elemento material de operación con probatorio ante posibles investigaciones. **Piloto UAS**
- 6 Realizar UAS Si se evidencia la comisión de delitos que no se consideren como amenaza para la protección del CFPAEC, se debe informar inmediatamente al servicio del Centro de Monitoreo en Seguridad y Defensa (CMOSD) y al Comandante del ESDEB 405 para que se realicen coordinaciones pertinentes con la Policía Nacional.
- Informar la culminación de la operación.
- Efectuar pos vuelo teniendo en cuenta que se debe apagar el UAS y el controlador, y la posterior inspección física de operación con la aeronave para verificar su estado y el de los sensores. **Piloto UAS**
- 7 Terminar la UAS Se deben retirar las hélices y limpiarlas, apagar los sensores, y hacerle limpieza a UAS.
- Diligenciar bitácora UAS de acuerdo con el formato bitácora UAS establecido para la misma, dejando constancia de las **Piloto UAS**
- 8



		novedades y registrando el tiempo de vuelo con el fin de llevar un registro de horas por aeronave.	
		Se realiza reunión con el Comandante del Escuadrón de Seguridad y todas las personas comprometidas con el	Comandante
9	Efectuar de briefing	vuelo del UAS para informar novedades y cursos de acción. Se evalúan las causas de los eventuales errores cometidos y se proponen soluciones para evitar su repetición en el futuro.	escuadrón de seguridad del ESDEB 405
		1.- La operación de UAS mediante patrones automatizados es nuevo para la Fuerza Aérea Colombiana, por lo cual es importante que en la medida que se avance con este tipo de sistemas, se genere doctrina pertinente a una operación SEGURA y CONFIABLE, siempre en pro de la mejora de la operación y por sobre todo PERMITIENDO la seguridad de las aeronaves convencionales.	
10	Recomendaciones	2.- Tener en cuenta que la operación del UAS en un aeródromo militar es especialmente riesgosa para la misma operación aérea militar, ya que ese tipo de plataformas aéreas (UAS) ejecutan maniobras que no son usuales, tales como: pasadas bajas, iniciales, tráfico militares, llaves alta y baja, tráfico rectangular, formaciones e instrucción de vuelo con alumnos, polígonos, paracaidismo, etc. Por ende, son claves de	



éxito: la comunicación efectiva y constante con el prestador de los servicios de tráfico aéreo en la bfa, la capacitación y pericia de los operadores de uas y la coordinación de actividades entre dependencias y escuadrones de la BFA.

3.- Para la operación las condiciones de meteorología deben ser superiores a los mínimos meteorológicos y el UAS a la vista del operador.

4. Los operadores de cualquier tipo de UAS deben tener conocimientos mínimos en:

- Regulaciones aéreas locales.
 - Meteorología aeronáutica
 - Procedimientos radiotelefónicos
 - Reglamentación aeronáutica
 - Procedimientos aeronáuticos
 - Servicios de información aeronáutica
 - Tener certificación para la operación del UAS cualquiera que sea su tipo
 - Ambientación a las operaciones aéreas.
-



Capítulo 5. Conclusiones y Recomendaciones

A partir de la propuesta investigativa en la que se planteó como objetivo general realizar un diagnóstico para apoyar la seguridad mediante maniobras de vigilancia perimetral automatizada el Grupo Aéreo Amazonas, GAAMA, de la Fuerza Aérea, empleando SUAS (Small Unmanned Aircraft Systems), se concluye que en la BFA hay un inventario de riesgos que pueden afectar la seguridad y defensa de la base, y los mismos podrían materializarse en atentados o ataques contra el CF del PAEC en mencionada unidad, o violaciones a los controles de seguridad. A su vez, el GAAMA cuenta con varios activos de alto valor, HVA, que presentan vulnerabilidades, y cuya afectación podría causar una ruptura en la cadena de funcionamiento operacional de la BFA, por lo que se concluye la pertinencia de apoyar la vigilancia perimetral de la base mediante el empleo de SUAS o drones de forma automatizada.

Otra de las conclusiones fue la pertinencia del diseño de un patrón de vuelo automatizado en el perímetro de la BFA del GAAMA, y la presentación de unos pasos para programar que dicho vuelo, mediante el uso de la plataforma SUAS DJI MAVIC PRO 2 y la configuración del programa GO HOME, sea autónomo.

También se concluye que la propuesta de una guía de procedimiento para realizar maniobras de vigilancia perimetral mediante la automatización de SUAS, si bien se tuvo en cuenta como contexto la BFA del GAAMA, la propuesta es clave para proteger del Componente Físico del Poder Aéreo, Espacial y Ciberespacial no sólo en esa Unidad Militar Aérea, sino en las otras Bases, pudiendo fungir como documento doctrinal estandarizado para procedimientos de seguridad.



Así pues, el aporte principal de esta tesis reside en la estructuración de un procedimiento detallado que describe, paso a paso, la forma para realizar maniobras de vigilancia con SUAS, particularizando la automatización del modelo de dron DJI MAVIC PRO 2, ya que es el que se ha asignado a la mayoría de los Grupos y Escuadrones de Seguridad y Defensa de Bases. La generación de este producto (guía de procedimiento) contribuye a robustecer los mecanismos para ejecutar maniobras de seguridad y vigilancia, y permite aprovechar todas las capacidades tecnológicas institucionales, bajo los principios de austeridad e inmediatez.

El empleo de drones en las operaciones y maniobras de seguridad y defensa de bases es un hito para la Fuerza Aérea Colombiana y configura un nuevo pilar para el sostenimiento y proyección de la especialidad Defensa de Bases. Su éxito radica en la adaptabilidad de las plataformas aéreas, pudiendo cargar diferentes sensores y ejecutando un amplísimo espectro de actividades, las cuales requieren menos recursos que las operaciones convencionales (reduciendo costos), necesitan menos personal, disminuyen considerablemente la exposición al riesgo y cubren mayores distancias en menor tiempo, logrando así, un mejor acceso a información sensible para la toma de decisiones.

El procedimiento final propuesta está alineado a la doctrina militar vigente, y este permitirá estandarizar, a nivel táctico, la realización de maniobras de vigilancia perimetral automatizada con SUAS en la BFA sede del GAAMA, resultado trascendente de esta investigación, ya que aborda y puntualiza formalmente, las operaciones semiautónomas como un procedimiento en la cotidianidad de la seguridad y defensa de bases aéreas.

Es relevante proponer acciones innovadoras y elementos dinamizadores que contribuyan a consolidar una seguridad sólida, profesional, actual, visionaria y acorde a las amenazas o



factores de inestabilidad que coaccionan la continuidad operacional y la integridad de quienes protegemos constitucionalmente la seguridad, la defensa y la soberanía nacional.

A pesar de contar con recursos limitados, herramientas como la planteada aquí, son las que permiten anticipar el accionar delictivo, cumpliendo la misión constitucional de manera eficaz, integrando esfuerzos alrededor de tecnologías de fácil consecución, polivalentes, con bajos costos de mantenimiento, una operación sencilla que no requiere un alto grado de capacitación y que permite un alto nivel de efectividad.



Referencias

- Álvarez, J.A. (2019). *Estandarización de procedimientos en el aprovechamiento de los Sistemas Electrónicos de Seguridad en las bases de la Fuerza Aérea Colombiana*. [Tesis de Maestría - EFPAC]. <https://hdl.handle.net/20.500.12963/374>
- Arango, C. M. (2021). Vehículos Autónomos y Remotamente Controlados (VART), elemento dinamizador de las guerras invisibles. *TAKTIKA*, pp. 43 – 44.
- Araújo, E. & García, R. (2013). Desarrollo del sistema de navegación autónoma para el “UAV 1” de la Escuela Naval de Cadetes “Almirante Padilla”. *Revista Derrotero*. (7), pp. 87 – 98.
- Autoridad Aeronáutica de Aviación de Estado – AAAES. (2022). *Sistemas Aéreos No Tripulados (UAS) y Sistemas Contra UAS (C-UAS) - GUÍA*. Fuerza Aeroespacial Colombiana. <https://aaaes.fac.mil.co/es/normatividad>
- Beltrán, O. & Alfonso, J. (2021). Inteligencia, vigilancia y reconocimiento IR-FLIR en los vehículos aéreos no tripulados de la Inteligencia Militar. *Revista Perspectivas en Inteligencia*. 13(22), pp. 203 – 225.
- Canal PROFE BARBI. (3 de julio de 2019). *Matriz de Triangulación de Resultados* [Vídeo]. Youtube. <https://youtu.be/6AsHaymZ8Lk>
- Cárdenas, J., López, J. & Solarte, C. (2019). *La necesidad del empleo de UAV en seguridad fronteriza*. Escuela de Armas Combinadas del Ejército.
- Carrillo, G. A. (2018). *Sobrevolando la seguridad ciudadana con la nueva tecnología Dron en Bogotá*. Universidad Militar Nueva Granada.
<https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/20397>



- Castro, L. D. (2022). *INFODRON*. INFODRON: <https://www.infodron.es/>
- Cesce. (2021). *¿Qué es el riesgo operacional?*. <https://www.cesce.es/es/w/asesores-de-pymes/que-es-el-riesgo-operacional>
- Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional. (2012). *Documentos de seguridad y defensa. Los sistemas no tripulados*. [Archivo PDF]. España.
<https://publicaciones.defensa.gob.es/media/downloadable/files/links/P/D/PDF223.pdf>
- Cybersecurity and Infraestructura Security Agency [CISA]. (2023). *Cyber Secure: High Value Assets*. www.cisa.gov/files/CISAInsights-Cyber-SecureHighValueAssets_S508C
- Delgado, V. (2016). Historia de los drones. *Eldron*. <http://eldrone.es/historia-de-los-drones/>
- Díaz, J. A. & Zapata, A. (2020). Uso de plataformas offshore y vehículos no tripulados para vigilancia del territorio marítimo colombiano. *Derrotero la Revista de la Ciencia y la Investigación*. 14, pp. 45 – 62.
https://www.escuelanaval.edu.co/sites/default/files/derroteroxarticulos/ed15-1/ediciones/Revista_Derrotero_Ed._14.pdf
- DonWeb. (2018). *Los drones están en la mira*. <https://agencia.donweb.com/en-argentina-los-drones-estan-en-la-mira/>
- DRONES, E. (2020). *The Tethered Drone Company*. ELISTAIR DRONES.
https://elistair.com/?gclid=Cj0KCQjwg_iTBhDrARIsAD3Ib5jcGuANSDYsk4DTNwNwgVYf9HhCzcXUrLV3t3mjeNNkOdsyTIGQM0EaAsUoEALw_wcB
- Espitia, A., Agudelo, J. A. & Buitrago, Ó. (2020). Innovaciones tecnológicas en las fuerzas militares de los países del mundo: una revisión preliminar. *Revista Científica General José María Córdova*, 18(29), pp. 213 – 235. <http://dx.doi.org/10.21830/19006586.537>



- FAC. (2018). *Manual de Gestión de la Doctrina y Lecciones Aprendidas -MAGDO*. Imprenta y Publicaciones Fuerzas Militares. 3ra Ed.
- FAC. (2019). *Manual de Seguridad y Defensa de Bases -MASED*. Editorial IGEFA, 2da Ed. Departamento Estratégico de Doctrina Aérea y Espacial.
- FAC. (2020a). *Manual de Gestión de la Seguridad Operacional -MAGSO*. Editorial IGEFA, 2da Ed. Departamento Estratégico de Doctrina Aérea y Espacial.
- FAC. (2020b). *Procedimiento para el empleo de UAS en operaciones de protección al Componente Físico del Poder Aéreo y Espacial de la FAC*.
- García, N. (2020). Esenergy vende al Gore de Valparaíso dos drones de vigilancia DJI para la PDI de Chile. *INFODRON*. [https://www.infodron.es/texto-diario/mostrar/3528812/esenergy-vende-gore-valparaiso-drones-vigilancia-dji-pdi-chile#:~:text=El%20Gobierno%20Regional%20\(Gore\)%20de,monto%20estimado%20de%2037.000%20d%C3%B3lares](https://www.infodron.es/texto-diario/mostrar/3528812/esenergy-vende-gore-valparaiso-drones-vigilancia-dji-pdi-chile#:~:text=El%20Gobierno%20Regional%20(Gore)%20de,monto%20estimado%20de%2037.000%20d%C3%B3lares)
- Gómez, D., Carranza, Y. & Ramos, C. (2017). Revisión documental, una herramienta para el mejoramiento de las competencias de lectura y escritura en estudiantes universitarios. *Revista Chakiñan de Ciencias Sociales y Humanidades*, 1, pp. 46 – 56. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2550-67222017000300046&lng=es&tlng=es
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. & Baptista Lucio, M. P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill - Interamericana de Editores, S.A., 6ta Ed.
- Herranz, F., Calvo, C. & Calvo, P. (2014). *Perfiles IDS de los UAV a los RPAS*. Madrid: I D S.
- Higuera, J. F., Barón, D. F., Orduy, J. E., & Araque García, D. M. (2022). Estimación de coeficientes de fricción de vehículos en superficies utilizando drones - Unmanned



Aircraft Systems. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 14(3), pp. 24 – 40.

<https://doi.org/10.22335/rlct.v14i3.1646>

Iglesias, M. A. (2013). La era de los drones. *Atenea*, pp. 56 - 57.

INFODEFENSA. (2022). INFODEFENSA.COM: <https://www.infodefensa.com/tag/drones>

Interagency Security Committee – ISC. (2021). *The Risk Management Process. An Interagency Security Committee Standard*. Cybersecurity and Infrastructure Security Agency. P. 4

Lastra, F., Trujillo, J., Velasco, F., Revestido, E., Vega, L. & Rodríguez E. (2015). Arquitectura de control modular y escalable para la navegación de sistemas autónomos no tripulados. *Revista Derrotero*. (9), pp. 111 – 121.

Marulanda, F.M. (2018). *Retos y Tendencias de la Transformación Digital para la Empresa Colombiana: Desafío de personas no de tecnología*. [Tesis de especialización - Universidad Militar Nueva Granada].

<https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/17490>

Merino, F. F. (2016). *Los sistemas no tripulados*. Centro superior de estudios para la Defensa Nacional, Ministerio de Defensa España.

Mertens, D.M. (2010). *Research and evaluation in education and psychology. Integrating diversity with quantitative, qualitative and mixed methods*. 5ta Ed.

<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=6RR7DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT17&dq=research+and+evaluation+in+education+and+psychology+MERTENS+2010&ots=dfJ1ErA2lP&sig=cCVLAFsbvYJoMdi8j5M83i5HuN4#v=onepage&q&f=false>

Morales, A. (2021). La inteligencia artificial y su impacto en la seguridad. *Ventas de Seguridad*.

<https://www.ventasdeseguridad.com/2021101512965/articulos/analisis-tecnologico/la-inteligencia-artificial-y-su-impacto-en-la-seguridad.html>



Palacio, A. & Nuñez, M. (2020). Administración del riesgo estratégico en algunas grandes empresas privadas de Colombia. *AD-minister*, (36), pp. 67-96.

<https://doi.org/10.17230/ad-minister.36.4>

Parra, A. (2023). *Técnicas de investigación cuantitativa para recolectar datos*. QuestioPro.

<https://www.questionpro.com/blog/es/tecnicas-de-investigacion-cuantitativa/#:~:text=Las%20encuestas%20y%20los%20cuestionarios,la%20confianza%20de%20los%20participantes>

Ramallo, F. (2015). *El “metrocóptero”, el dron de la Policía Metropolitana, ya vuelve en la ciudad*. Infotechnology. [https://www.cronista.com/infotechnology/cultura-geek/El-](https://www.cronista.com/infotechnology/cultura-geek/El-Metrocoptero-el-dron-de-la-Policia-Metropolitana-ya-vuela-en-la-Ciudad-20150317-0002.html#:~:text=En%20este%20%20C3%20BAltimo%20plano%20C%20la,en%20varios%20Ocasos%20de%20emergencia)

[Metrocoptero-el-dron-de-la-Policia-Metropolitana-ya-vuela-en-la-Ciudad-20150317-0002.html#:~:text=En%20este%20%20C3%20BAltimo%20plano%20C%20la,en%20varios%20Ocasos%20de%20emergencia](https://www.cronista.com/infotechnology/cultura-geek/El-Metrocoptero-el-dron-de-la-Policia-Metropolitana-ya-vuela-en-la-Ciudad-20150317-0002.html#:~:text=En%20este%20%20C3%20BAltimo%20plano%20C%20la,en%20varios%20Ocasos%20de%20emergencia)

Reyes Pineda, C. (2016). *Sistema de vigilancia perimetral asistido por vehículos aéreo no tripulado para monitoreo de amenazas a la seguridad* [Tesis de Grado – Universidad de San Carlos de Guatemala].

Santana, E. (2017). *Propuesta de sistema multi UAV para aplicaciones de cobertura aérea* [Tesis de Doctorado- Universidad Autónoma de Barcelona].

Security, V. (2019). *Servicios de Seguridad con Drones*. VISAN. <https://visan.net.co/vigilancia/>

Suárez, L. (2017). *Seguridad trasnacional por medio de drones de última tecnología en las fronteras ecuatorianas y venezolanas*. Universidad Militar Nueva Granada.

<https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/16022>



Todd, Z., Nerlich, B., McKeown, S. & Clarke, D. (2004). *Mixing Methods in Psychology. The Integration of Qualitative and Quantitative Methods in Theory and Practice. Psychology Press*. Editorial Taylor and Francis Group. <https://doi.org/10.4324/9780203645727>

Valencia, A. M. (2020). Fu-Go: la curiosa historia de los globos japoneses que bombardearon EE.UU. en la segunda Guerra Mundial. *BBCnews mundo*.
<https://www.bbc.com/mundo/noticias-53341393#:~:text=%22El%20ej%C3%A9rcito%20japon%C3%A9s%20los%20llam%C3%B3%20'Fu%20Go'.&text=Los%20registros%20se%20blan%20que%20los, varios%20minutos%20y%20posteriormente%20explotaba>

Villamizar, F. & Salcedo, M. (2021). *Propuesta de vigilancia y seguridad urbana empleando dispositivos uav (unmanned aerial vehicle) en la ciudad de Cúcuta*. Universidad Francisco de Paula Santander.

Normativas

Constitución Política de Colombia. (1991). Capítulo 7 De la fuerza pública. Art. 216 y 217.

http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/constitucion_politica_1991_pr007.html#216

Decreto 1070 de 2015 por el cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Defensa. 26 de mayo de 2015.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=76837>

Decreto 2937 de 2010 por el cual se designa a la Fuerza Aérea Colombiana como autoridad aeronáutica de la aviación de Estado y ente coordinador ante la autoridad Aeronáutica Civil Colombiana y se constituye el Comité Interinstitucional de la Aviación de Estado.



05 de agosto 2010.

https://web.mintransporte.gov.co/jspui/bitstream/001/4111/1/Decreto_2937_2010.pdf

Disposición 061 de 2017 [Fuerza Aérea Colombiana]. Por la cual se reestructura la organización de las dependencias de la Fuerza Aérea Colombiana, se reasignan las respectivas Tablas de Organización y Equipo (T.O.E.). 22 de diciembre de 2017.

Ley 1437 de 2011 por la cual se expide el Código de Procedimiento Administrativo y de lo Contencioso Administrativo. 18 de enero de 2011.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=41249>

Ley 1955 de 2019 por el (sic) cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. “Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad”. 25 de mayo de 2019.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=93970>

Ministerio de Defensa Nacional. (2023). Política de Seguridad, Defensa y Convivencia – Garantías para la Vida y la Paz – 2022-2026. [Archivo PDF].

<https://www.mindefensa.gov.co/irj/portal/Mindefensa/contenido?NavigationTarget=navurl://ff87245ff0c224398710a1bff3300098>

Resolución No. 001 de 2018 por la cual se delegan unas funciones relacionadas con la Autoridad Aeronáutica de Aviación de Estado. Fuerza Aérea Colombiana. 12 de diciembre de 2018.

Resolución 04201 de 2018 por la cual se incorporan a la RAC 91 unas disposiciones sobre operación de sistemas de aeronaves no tripuladas UAS y se enumeran como Apéndice 13 y se adoptan otras disposiciones. Unidad Administrativa Especial Aeronáutica Civil. 27 de diciembre de 2018.

Resolución 001 de 2020 por el cual se modifican unos apartes y capítulos del “Reglamento Aeronáutico Colombiano de Aviación de Estado” (RACAE) FAC-3.17-0 Primera



Edición (Público), y a su vez se adopta e incorpora a este unas normas RACAE. Fuerza
Aérea Colombiana. 30 de julio de 2020.





Anexos

Anexo 1: Entrevistas

Primera entrevista

Fecha	Entrevistado	Cargo	Tipo de entrevista
21/12/ 2021	TE. Karen Judith Galiano Morón	Jefe Sección Gestión del Riesgo ESDEB-405 GAAMA	Estructurada (antecedentes, conocimientos; Mertens, 2010).

Cuestionario y respuestas

1. De acuerdo con el contexto de seguridad de la ciudad de Leticia, ¿cuál es el nivel de riesgo que tienen las instalaciones del GAAMA y los Activos de Alto Valor alojados en ellas?

Las instalaciones del GAAMA y los AAV allí destacados tienen un nivel de riesgo alto, pero, más que por el contexto de seguridad de la ciudad, es nivel se establece por aspectos de infraestructura física, porque solo existen 100 metros de malla eslabonada en el cerramiento perimetral, hay carencia de un sistema de SES, además de antecedentes recientes de incursión al perímetro de seguridad de la BFA.

2. ¿Conoce eventos que hayan comprometido la seguridad del GAAMA? Si su respuesta es positiva, descríbalos brevemente.

Sí, sé de tres. En agosto del 2018 se registró la incursión de un individuo no identificado, por la parte posterior del ESDEB 405 (que es el puesto de facción 10). En esa ocasión el centinela de servicio fue despojado de su arma de dotación y con ella misma fue herido por el sujeto. En diciembre de 2020, no recuerdo exactamente qué día, también ingresaron tres muchachos por el sitio que denominamos MOJÓN 6. Este también está cerca del puesto 10, por donde dos años antes también había ingresado un sujeto que hirió a un centinela. Entonces podríamos decir que el puesto 10 y sus puntos inmediatos son más vulnerables en la seguridad perimetral. También el 20 de octubre del 2020 se presentó un caso



de un señor suboficial que ingresó a la zona operativa de la BFA saltando las rejas del despacho para ingresar a esta área.

3. *¿Considera que actualmente el GAAMA cuenta con medidas pasivas suficientes para afrontar el nivel de riesgo?*

No, las medidas pasivas actuales son deficientes y se encuentran en un alto estado de deterioro.

Desafortunadamente no se ha contado en los últimos años con los recursos económicos ni los materiales para arreglarlas o crear nuevas, ya que el presupuesto asignado se prioriza para actividades misionales y no para la seguridad física.

4. *Con base en su conocimiento, ¿las medidas activas para seguridad son suficientes?*

No, se hace necesario mejorar y robustecer el sistema electrónico de seguridad [SES] del GAAMA, ya que no hay sistema de video vigilancia en algunos puntos críticos de la BFA. También hay carencia de un sistema de control acceso efectivo que permita la identificación y verificación del personal y el material que ingresa y sale de la BFA.

5. *¿El GAAMA cuenta con video vigilancia perimetral al 100%?*

No

6. *¿El GAAMA cuenta con la cantidad suficiente de personal para brindar protección y seguridad?*

No, existe déficit tanto en la planta de oficiales, suboficiales y soldados asignados al ESDEB-405.

7. *¿El nivel de entrenamiento del personal del GAAMA le permite asumir efectivamente la protección de sus Activos de Alto Valor?*

Sí, el personal cuenta con la capacitación mínima requerida para poder cumplir con la misión de proteger el CFPAEC destacado en el GAAMA.

8. *¿Qué medidas activas consideraría óptimas para incluir dentro de los sistemas de seguridad?*

Máquina de rayos X, arco detector, cámaras térmicas, sistema de control acceso peatonal.

9. *¿Está familiarizada con el concepto de vigilancia automatizada?*



No mucho, lo poco que sé, es que trata de un sistema de seguridad inteligente, integrado y avanzado que mejora la percepción de seguridad.

10. *¿Qué efecto cree que generaría la inclusión de drones dentro de los procedimientos de protección al GAAMA?*

La implementación de las S-UAS ha permitido el desarrollo de operaciones coordinadas y conjuntas en la ciudad de Leticia, facilitando la vigilancia, seguimiento y grabación de determinadas situaciones específicas. Son un recurso que permite una reacción rápida y eficaz de acuerdo a la aparición de algún tipo de amenaza, además permite la verificación en algunos puntos inaccesibles.

Segunda entrevista

Fecha	Entrevistado	Cargo	Tipo de entrevista
27/12/ 2021	T2. Ángel Alexánder Rubio	Cdte. Equipo de Detección de Sustancias del GAAMA	Estructurada (antecedentes, conocimientos y opinión; Mertens, 2010).

Cuestionario y respuestas

1. *De acuerdo con el contexto de seguridad de la ciudad de Leticia, ¿cuál es el nivel de riesgo que tienen las instalaciones del GAAMA y los Activos de Alto Valor alojados en ellas?*

El riesgo en el GAAMA, es medio ya que el factor dominante es el microtráfico, la pelea de bandas por controlar sectores y la explotación del recurso natural, el cual permite que se pueda materializar riesgo por el robo o pérdida de armamento o munición

2. *¿Conoce eventos que hayan comprometido la seguridad del GAAMA? Si su respuesta es positiva, descríbalos brevemente.*

Sí, el intento de robo de un fusil a un centinela por el sector a la frontera con Brasil.



3. *¿Considera que actualmente el GAAMA cuenta con medidas pasivas suficientes para afrontar el nivel de riesgo?*

No cuenta con las medidas pasivas suficientes ya que la base presenta falta de malla perimétrica y que a su alrededor se encuentran casas de invasión y la frontera con Brasil.

4. *Con base en su conocimiento, ¿las medidas activas para seguridad son suficientes?*

No son suficientes ya que contamos con equipos que no son los indicados para proveer la seguridad que se requiere.

5. *¿El GAAMA cuenta con video vigilancia perimetral al 100%?*

El GAMMA Cuenta con una cobertura del 100% pero los equipos no son los indicados para cubrir un área ya que por las condiciones de vegetación y clima las cámaras no cuentan con sistemas de iluminadores infrarrojos para mejorar la visibilidad en la noche. Así mismo, las cámaras son de muy baja calidad.

6. *¿El GAAMA cuenta con la cantidad suficiente de personal para brindar protección y seguridad?*

Sí, el GAAMA, cuenta con el personal para brindar seguridad.

7. *¿El nivel de entrenamiento del personal del GAAMA le permite asumir efectivamente la protección de sus Activos de Alto Valor?*

El GAAMA cuenta con el personal adecuado, lo que no tiene es el entrenamiento y el enfoque militar requerido para realizar la función de protección de activos de alto valor.

8. *¿Qué medidas activas consideraría óptimas para incluir dentro de los sistemas de seguridad?*

Un sistema de CCTV con analítica que cubra el perímetro de las BFA que tenga con conexión remota de drones para realizar vigilancia a profundidad y dos equipos de reacción equipados y entrenados para maniobrar en cualquier reacción.

9. *¿Está familiarizado con el concepto de vigilancia automatizada?*

Sí.



10. *¿Qué efecto cree que generaría la inclusión de drones dentro de los procedimientos de protección al GAAMA?*

Impactarían de forma positiva porque permite llegar de forma rápida y eficaz para verificar una vulneración al sistema de seguridad, ya que por la vegetación no es fácil tener acceso algunos sitios o se retardaría la llegada de la reacción

Tercera Entrevista

Fecha	Entrevistado	Cargo	Tipo de entrevista
21/12/ 2021	MY. Camilo Mendoza Arango	Comandante ESDEB-405 GAAMA	Semiestructurada (opinión y conocimientos; Mertens, 2010).

Cuestionario y respuestas

1. *¿Cómo definiría lo que es un riesgo y un activo de alto valor?*

Riesgo es toda acción probable que puede vulnerar o afectar la seguridad física o virtual de una unidad militar y el componente aéreo. En otras palabras, un riesgo es la probabilidad de que algo ocurra y que pueda afectar la integridad de nuestros hombres y mujeres, la estabilidad institucional o la infraestructura, es decir, los blancos de alto valor y los activos de alto valor. Estos últimos son todos los elementos tangibles para las actividades operacionales y de apoyo, como por ejemplo las plataformas de maniobras, los hangares, el armerillo, los depósitos de combustible para las aeronaves, los sitios donde permanecen los equipos de telecomunicaciones. Usualmente, para cada uno de los activos de alto valor debe haber una vigilancia permanente a cargo de centinelas o de los profesionales que estén de servicio, porque de afectar un solo activo se puede afectar toda la cadena del PAE.



También hay otros riesgos que tienen que ver con la posibilidad de que se presente hechos de corrupción, o de fuga de información o que vayan contra la imagen y el prestigio de la institución.

2. ¿Cómo se definen los riesgos que presenta la BFA-GAAMA?

En todas las BFA del territorio nacional se tiene establecido el diligenciamiento de la *Apreciación de Situación Seguridad y Defensa de Bases Aéreas [ASDBA]*. La planeación y ejecución de la apreciación está a cargo de varios oficiales y suboficiales que conforman el equipo de análisis de gestión de riesgo de la unidad militar aérea, y básicamente en este documento se plasma toda la información sobre las capacidades enemigas, que se obtiene a través de informes de inteligencia. También se identifican todos los riesgos, tanto para la seguridad física como operacional y también para la seguridad de información, las vulnerabilidades y cómo se pueden materializar los riesgos.

3. ¿Cuáles son los riesgos actuales del GAAMA relacionados con la seguridad de la BFA?

Bueno, hay que aclarar que en el mapa de riesgos de la unidad hay definidos diez riesgos asociados a la vulnerabilidad de la información, los equipos, los recursos, temas de logística, corrupción y la seguridad; todo esto solamente en lo que tiene que ver con la gestión de apoyo. Pero específicamente en la seguridad y defensa de la base, los riesgos del GAAMA que se formularon son dos: los de ataques o atentados contra el CF-PAEC y la violación a los controles de seguridad de la BFA. Aunque esa información está en el mapa de riesgos, la parte específica de seguridad de la base también se plasma en la apreciación de situación, que se actualiza mínimo una vez al año o cuando haya situaciones que lo amerite, como por ejemplo que se vulnere la seguridad o que haya alguna modificación estructural a la BFA. La que tenemos actualmente fue elaborada el año pasado, o sea que este año no se ha actualizado todavía la apreciación, pero los riesgos son los actuales y permanentes para la unidad.

4. ¿Cuáles fueron las fuentes primarias para establecer el grado de certeza de los riesgos?



A la apreciación de situación no se puede tener acceso ya que allí hay contenido de la apreciación de inteligencia de la unidad, y conforme a la Ley de Inteligencia y Contrainteligencia, este documento es de carácter SECRETO, y solamente pueden tener acceso a él las personas que esté autorizadas en el portafolio de receptores, pero eso es controlado directamente desde la Jefatura de Inteligencia Aérea y Espacial; en este caso para la apreciación de la BFA-GAAMA, esta es de uso exclusivo del Comandante o Jefe Sección Gestión del Riesgo. De todas maneras, sí es pertinente decir que los riesgos actuales están en nivel alto, ya que hay antecedentes recientes de vulneración a la seguridad perimetral y seguridad de las instalaciones.

5. *¿Qué recomendaciones propondría para evitar que se materialicen los riesgos identificados?*

Lo primero es concientizar a todo el personal uniformados, desde los soldados hasta los oficiales superiores, sobre las consecuencias para la integridad personal de no gestionar los riesgos; a veces somos muy relajados con nuestra propia seguridad, porque como no estamos en una zona donde la presencia de grupos de delincuencia organizada o grupos de delincuencia común o terrorismo creemos que no nos van a afectar. Lo otro, es aprovechar nuestras capacidades tecnológicas, ya que a pesar de que contamos con un buen soporte de recursos tecnológicos, eventualmente limitamos su uso. También es pertinente replantear la forma en que se presta la seguridad, los turnos, mejorar o cambiar los puestos de facción, replantear las rutinas, pues es posible que gente externa a las BFA sepan cuáles son nuestros horarios, rutinas, nuestras capacidades, y eso se pueda aprovechar en nuestra contra.

6. *¿Cree que el uso de los SUAS podría contribuir a minimizar la materialización de los riesgos en el GAAMA?*

Sí, con toda claridad. En parte a eso me refiero con el hecho de aprovechar mejor nuestras capacidades tecnológicas, aunque también se debería hacer una efectiva planeación de su uso. No solo usarlos por usarlos, pues si bien ya hay un procedimiento establecido para el uso de UAS en la protección del CFPAEC, para el caso específico del GAAMA, es pertinente que haya un protocolo de actuación



automatizado, para que cuando la persona encargada del control y supervisión tenga una situación administrativa como vacaciones, permisos, licencias, traslados o retiro de la fuerza, la persona que llegue a reemplazar sepa todo el marco de actuación, que no sea sino leer la guía y conozca todo el plan de vuelo, la ruta, los horarios y demás. También me parece importante que se proponga que en la vigilancia perimetral no sea siempre necesario realizarla con el componente humano o incluso con los semovientes caninos, ya que también hay sitios en el perímetro externo de la base que pueden proporcionar ventajas al enemigo, o sea, estos son los puntos críticos; en la apreciación de situación actualizada hay señalados siete puntos críticos y sería pertinente que entre las capacidades distintivas para la seguridad perimetral hubiera uso de drones automatizados.

7. Volviendo al tema de los riesgos, ¿cuáles son los niveles asignados a los riesgos de la seguridad en la BFA del GAAMA?

Los riesgos pueden clasificarse en extremos, altos, moderados, bajos o nulos. Pero dadas las características de la población de Leticia, y que no hay antecedentes de atentados terroristas o acciones directas por parte del enemigo, no hay riesgos extremos en seguridad y defensa de la base. Pero tampoco es prudente decir que el riesgo sea bajo o nulo, ya que hay eventos que no se pueden prever pero tampoco descartar.

Sería pertinente que también tuviera en cuenta que en el estudio de seguridad física de instalaciones se consultara la información sobre los activos de alto valor con que cuenta la base para tener un panorama real de los riesgos asociados a ellos.



Anexo 2: Glosario

Activo de Alto Valor – High Value Assets (HVA). Estructura, elemento, información o un sistema de información cuya importancia y criticidad para una organización es vital para que la misma realice su misión. La afectación a un HVA puede implicar que toda la cadena de funcionamiento de la organización se interrumpa.

Aeronave. Cualquier dispositivo mecánico que sea capaz de ser sostenido en el aire por reacciones del mismo que no involucren esas mismas reacciones ocurriendo en oposición a la superficie de la tierra y que sea apropiado para transportar pesos útiles, como objetos o personas.

Aeronave autónoma. Aquella cuya gestión del vuelo no requiere tripulación o la intervención del piloto.

Aeronave no tripulada - UAS. Aeronave que vuela sin piloto a bordo.

Aeronave pilotada a distancia - RPA. Aeronave no tripulada que se controla a distancia. Un RPA es un avión que tiene un "piloto remoto" encargado de pilotarlo desde una "estación de piloto remoto" que se encuentra fuera del avión (en tierra, en un barco, en otro avión, en el espacio, etc.). El piloto remoto monitorea el avión constantemente y está directamente a cargo de asegurarse de que vuele con seguridad todo el tiempo. A pesar de que una RPA puede usar una variedad de tecnologías de piloto automático, el piloto remoto siempre puede tomar el control del vuelo.

Aeronave remotamente tripulada - ART. Aviones no tripulados que sólo pueden utilizarse con fines militares, controlados a distancia desde una estación distante. Los ART están concebidos para ser recuperables como característica principal, aunque también podrían ser desechables. Son posibles cargas útiles tanto nocivas como no letales. Estos vehículos pueden tener alas fijas, alas giratorias o ser más ligeros que el aire. Con capacidad para operar tanto dentro de la línea de



visión (VLOS) como más allá de la línea de visión (BVLOS), también pueden ser operados a distancia o de forma autónoma.

Autónomo. Un UAS que vuela de forma autónoma, siguiendo un plan de vuelo preprogramado basado en numerosas coordenadas, sin la asistencia de un piloto u operador, se denomina UAS autónomo.

Carga útil UAS. el peso máximo que el vehículo puede levantar o transportar, además de su propio peso y el de sus baterías.

Drone - Dron. Término general utilizado para referirse a cualquier aeronave pilotada a distancia o no tripulada.

Enjambre. Un conjunto de UAS (drones) que operan bajo un sistema de control común y vuelan juntos de forma independiente..

Espacio aéreo segregado. A determinados usuarios se les da acceso a un espacio aéreo de dimensiones predeterminadas para su propio uso.

Hexacóptero. Aeronave no tripulada con seis rotores de propulsión.

Inteligencia Artificial: Combinación de algoritmos creados con el objetivo de construir ordenadores con capacidades comparables a las de los humanos.

Multirroto. Aeronave que tiene más de un rotor.

Operación autónoma. Vuelo durante el cual una aeronave no tripulada vuela sin que un piloto controle su rumbo.

Operación en línea de vista (VLOS). Operación en la que la aeronave pilotada por control remoto se mantiene directamente y sin ayuda en contacto visual con el piloto remoto (operador) o el observador del UAS.



Punto de origen. La posición GPS inicial del UAS, que se utiliza con frecuencia para la función de retorno a casa (RTH).

Riesgo. Es la probabilidad de que un suceso negativo pueda afectar a los activos, la información, el personal y los procesos de alto valor de una organización. El riesgo puede ser operativo, es decir, una amenaza para las operaciones relacionadas con la misión, o estratégico, es decir, una amenaza para la misión de la organización.

Sistema de aeronave no tripulada – Unmanned Aircraft System - UAS. la agrupación de la aeronave no tripulada controlada por control remoto y los componentes que la acompañan. Cuando un sistema de aeronave no tripulada es de tamaño diminuto, se denomina SUAS.

Sistema de aeronave pilotada a distancia (RPAS). La aeronave pilotada a distancia, el puesto o puestos de pilotaje a distancia correspondientes, las conexiones de mando y control necesarias y cualquier otra pieza incluida en el diseño del tipo.

Sistema de aeronave remotamente tripulada S-ART. Se refieren a un conjunto de componentes, como un avión, un sistema integrado de propulsión, aviónica, combustible, sistema de navegación, sistema de comunicaciones y puesto de control, que juntos permiten el funcionamiento de los ART. Las S-ART se caracterizan por el uso de la planificación, el mando, el control de la misión y las operaciones militares.

Vuelo automático. Operación en la que el piloto remoto (operador) puede participar en la gestión del vuelo, pero depende del sistema de automatización del UA para gestionar la operación..

Vuelo autónomo. Vuelo durante el cual una aeronave no tripulada vuela sin que un piloto controle su rumbo.

Waypoint. Dada una ubicación mediante un conjunto de coordenadas.



Zona peligrosa. Zona específica del espacio aéreo en la que a veces se permiten actividades que podrían poner en peligro el vuelo de las aeronaves.

Zona prohibida. No está permitido que los aviones vuelen dentro del espacio aéreo de dimensiones específicas por encima del territorio o los mares territoriales de un Estado.

Zona restringida. Un espacio aéreo con límites específicos sobre el territorio o los mares territoriales de un Estado está limitado a las aeronaves que vuelan en circunstancias particulares.





Anexo 3: Lista de Siglas

AAE: Altos Activos Estratégicos.

AE: Aviación de Estado.

AEI: Artefactos Explosivos Improvisados.

AIN: Área de Interés.

ART: Aeronave Remotamente Tripulada.

BAF: Base de la Fuerza Aérea.

CATAM: Comando Aéreo de Transporte Militar.

CCTV: circuito cerrado de televisión.

CFPAEC: Componente Físico del Poder Aéreo, Espacial y Ciberespacial.

CISA: Cybersecurity, Infrastructure Security Agency; Agencia de Ciberseguridad y Seguridad de Infraestructura.

FAC: Fuerza Aérea Colombiana.

GAAMA: Grupo Aéreo del Amazonas.

GAO: Grupos Armados Organizados.

GCS: Ground Control Station. Estaciones de control en tierra.

GDO: Grupos de Delincuencia Organizada.

HVA (High Value Assets): Activos de Alto Valor.

IA: Inteligencia Artificial.

MAGDO: Manual de Gestión de la Doctrina y Lecciones Aprendidas.

MAGSO: Manual para la Gestión de la Seguridad Operacional.

MASED: Manual de Seguridad y Defensa de Bases Aéreas.

PAEC: Poder Aéreo, Espacial y Ciberespacial.



PDS: Política de Seguridad, Defensa y Convivencia – Garantías para la Vida y la Paz – 2022-2026.

PND: Plan Nacional de Desarrollo.

RACAE: Reglamento Aeronáutico Colombiano de la Aviación de Estado.

RPAS: Remotelly Piloted Aircraft Systems – Aeronaves Piloteadas a Distancia.

SDBA: Seguridad y Defensa de Bases Aéreas.

SES: Sistemas Electrónicos de Seguridad.

SIVAR: Sistema Táctico de Vigilancia y Reconocimiento para Protección de la Fuerza.

SUAS (Small Unmanned Aircraft Systems): Sistema de aeronaves pequeñas no tripulado.

UAV: Unmanned Aircraft Vehicle.

UMA: Unidad Militar Aérea.

VANT: Vehículo Aéreo No Tripulado.



Anexo 4. Guía del procedimiento para la operación de SUAS a través de patrones autónomos de vuelo en el GAAMA

Objetivo	Establecer el procedimiento para proteger el Componente Físico del Poder Aéreo y Espacial de la FAC asignado al GAAMA y Activos Estratégicos del Estado contenidos dentro de la BFA, mediante el empleo de UAS (Unmanned Aircraft Systems).		
Alcance	Desde: Planificación de la operación para ejercer vigilancia del Área de Interés (AIN), reconocimiento de amenazas potenciales, activación de alerta y realización de coordinaciones al interior de la BFA y externas (PONAL, CGAMA, BITER 26, 26ava BRIGADA EJC, FISCALÍA, Aeropuerto Internacional Alfredo Vásquez Cobo, etc.) Hasta: Ejecución de maniobras y actividades por parte del personal del Escuadrón de Seguridad y Defensa de Bases (ESDEB 405), para neutralización de las amenazas detectadas. Reporte de finalización de la misión.		
Responsable	FAC: Comandante de la Unidad Militar Aérea - GAAMA.		
Recursos	Recursos tecnológicos Recursos Humanos Recursos Físicos		
PROVEEDORES	ENTRADAS		
Proceso de Gestión de Apoyo	Planes Estratégicos		
Instituciones del Orden Nacional	Planes Tácticos		
CLIENTES	SALIDAS		
Unidades Militares Aéreas	Protección del Poder Aéreo y Espacial		
Propias tropas	Ejecución de Operaciones de Defensa Tierra - Aire		
Presidencia de la República de Colombia	Seguridad de Personajes y Puestos Especiales		
Ministerio de Defensa Nacional	Ejecución de Operaciones de Defensa Tierra - Aire		
No.	Actividad	Descripción	Responsable



	EL ESDEB 405 deberá cumplir con los siguientes requisitos:		
	1.- Contar con un medio de comunicación primario VHF permanente que garantice y permita el intercambio frecuente de información entre el operador del UAS y el controlador de los servicios de tráfico aéreo en el GAAMA (TWR – ESCOM). Así mismo, deberá contar con un sistema de comunicación secundario en caso de que el sistema de comunicación principal falle.		
1	Requisitos de operación	<p>2.- Personal certificado para la operación de UAS.</p> <p>3.- Planificación de la operación</p> <p>4.- UAS incluido dentro de los seguros de la UMA.</p> <p>5.- Archivo patrones de vuelo. Estos deben definirse en coordinación con el Comandante del ESCOM, teniendo en cuenta las capacidades técnicas de los UAS, la necesidad táctica establecida en el estudio de seguridad, la cercanía de la pista del Aeropuerto Internacional Alfredo Vásquez Cobo, el BITER 26 y los asentamientos poblacionales fronterizos.</p> <p>PUNTO DE CONTROL</p>	<p>Comandante</p> <p>ESDEB 405</p>
	Así mismo, se deberá cumplir lo siguiente:		
2	Realizar verificación previa a la operación	<p>a.- Antes de iniciar un vuelo, el piloto del UAS deberá verificar el ambiente operacional, considerando riesgos hacia las personas y propiedades en la vecindad inmediata, tanto en la superficie como en el aire, incluyendo las condiciones meteorológicas locales reinantes, clase de espacio aéreo, restricciones de vuelo</p>	<p>Comandante</p> <p>ESDEB 405</p>



en la zona, la ubicación de personas y propiedades y cualquier otro posible peligro en la superficie.

b.- El piloto deberá cerciorarse de que cualquier persona que participe en la operación UAS se encuentre informada acerca de las condiciones de operación, procedimientos de emergencia, roles, responsabilidades, y peligros potenciales.

c.-El piloto deberá cerciorarse de que el sistema de enlace y comunicación entre la estación de control en tierra (control) y la UA (Unmanned Aircraft) esté funcionando apropiadamente.

d.-El piloto deberá cerciorarse de que la aeronave y su sistema de control a distancia cuentan con disponibilidad suficiente de la energía requerida para la ejecución de la operación.

e.- El piloto deberá cerciorarse de que el tiempo total de vuelo en una operación no exceda el 80% de la autonomía total establecida por el fabricante o constructor del UAS. Si este parámetro no ha sido definido por el fabricante o constructor, el explotador deberá

estimarlos con base en pruebas hechas por él al sistema.

f.- El piloto deberá cerciorarse de realizar la operación dentro de las limitaciones establecidas por el fabricante del UAS.

f.- Nadie podrá operar un UAS mientras esté bajo la influencia de bebidas alcohólicas o drogas, prescritas o



no, que puedan disminuir su capacidad para efectuar una operación segura.

El ESDEB 405, deberá planear la misión con el fin de no interferir en el normal desarrollo de las misiones aéreas tripuladas, y se encargará de elaborar la orden de operaciones (CÓDIGO SIERRA), solicitando posterior autorización al prestador de los servicios de tráfico aéreo en la BFA (TWR – ESCOM).

El piloto del UAS deberá informar al ESCOM y al servicio de la TWR, la intención de realizar una operación de vuelo informando como mínimo lo siguiente:

- a.- Tipo de UAS (clase A, B o C)
- b.- Hora prevista de salida
- c.- Sector o sectores a operar en la BFA
- d.- Altura de operación en pies
- e.- Tiempo estimado de operación

3

Informar operación
UAS

- f.- Hora prevista de llegada
- g.- Otros que sean de conocimiento para el control de tránsito aéreo

Piloto UAS

Así mismo, debe tener presente lo estipulado en el procedimiento OA-JEM-PR-019, para la operación de aeronaves pilotadas a distancia (RPA) en las unidades militares aéreas (UMAS). ajenas a las misiones de la dirección de aeronaves remotamente tripuladas (DIART).

PUNTO DE CONTROL



4	<p>Aprobar operación con UAS</p>	<p>Se verifica la planificación y si no se considera interferencia o riesgo para las operaciones aéreas, se da autorización, informando por correo institucional a la UTSDDB, a través del CMOSD.</p> <p>PUNTO DE CONTROL</p>	<p>Comandante del ESCOM y servicio TWR</p>
5	<p>Realizar pre vuelo</p>	<p>Efectuar pre vuelo e informar a TWR que se iniciará la operación según la hora establecida. Se debe:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.- Confirmar que las condiciones de meteorología del área de vuelo sean óptimas y permitan un vuelo seguro. 2.- Realizar verificación técnica del UAS identificando condiciones riesgosas para el vuelo. 3.- Comprobar que las baterías del UAS y el control, cuenten con carga eléctrica suficiente (100%). 4.- Efectuar prueba de medios de comunicación. 5.- Informar al Comandante del ESDEB, servicio CMOSD, Oficial de Servicio y oficial / suboficial de patrulla. 6.- Identificar e informar zonas de vuelo prohibidas. 7.- Efectuar pruebas de los sensores del UAS (cámaras de video, fotografía, fotogrametría, designadores lásericos, etc.) y verificar su ensamblaje seguro en la estructura del UAS. 8.- Programar patrones de vuelo de acuerdo a la aeronave y al procedimiento sobre pasos para programación de patrones de vuelo autónomos. 9.- Ubicar el UAS en la zona de despegue. 	<p>Piloto UAS</p>



-
- 10.- Despejar la zona de despegue de personas, animales o elementos que puedan generar riesgo para el UAS o para los que intervienen en la operación
 - 11.- Encender el UAS.
 - 12.- Encender el controlador del UAS y verificar la conexión.
 - 13.- Ajustar la configuración de GO HOME.
 - 14.- Verificar la señal de GPS o controlador por satélite.
 - 15.- Iniciar vuelo.
-

Se realiza el vuelo según los patrones establecidos, informando de manera periódica al servicio TWR y al Comandante del ESDEB 405 sobre el estado del UAS y la información obtenida por los sensores del mismo. Si dentro del vuelo del UAS se detectan amenazas contra el Componente Físico del Poder Aéreo y Espacial (CFPAEC) del GAAMA, se debe informar inmediatamente al Comandante del ESDEB 405, para

6 Realizar operación con UAS que se ejecuten maniobras y actividades defensivas, de acuerdo a lo contemplado en los planes operacionales. Piloto UAS

La información obtenida con el UAS debe ser almacenada para que sirva como elemento material probatorio, en caso de que surjan investigaciones y ponerse a disposición del ESCIN del GAAMA. Si se evidencia la comisión de delitos que no se consideren como amenaza para la protección del CFPAEC del GAAMA, se debe informar inmediatamente al servicio del Centro de Monitoreo en



	<p>Seguridad y Defensa (CMOSD) y al Comandante del ESDEB 405 para que se realicen coordinaciones pertinentes con la Policía Nacional.</p> <p>Al terminar la operación se debe informar al Comandante del ESDEB 405 y al servicio de la TWR, dejando en claro que ya no se efectuará vuelo de UAS.</p>	
<p>7 Terminar la operación con UAS</p>	<p>Efectuar pos vuelo teniendo en cuenta lo siguiente:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.- Apagar el UAS 2.- Apagar el controlador del UAS 3.- Realizar inspección física del UAS verificando su estado y el de los sensores 4.- Retirar hélices y limpiarlas 5.- Apagar sensores 6.- Limpiar el UAS 	<p>Piloto UAS</p>
<p>8 Diligenciar bitácora UAS</p>	<p>Se diligencia la bitácora UAS de acuerdo al formato establecido para la misma, dejando constancia de las novedades y registrando el tiempo de vuelo con el fin de llevar un registro de horas por aeronave.</p> <p>PUNTO DE CONTROL</p>	<p>Piloto UAS</p>
<p>9 Efectuar de briefing</p>	<p>Se realiza reunión con el Comandante del Escuadrón de Seguridad y todas las personas comprometidas con el vuelo del UAS para informar novedades y cursos de acción. Se evalúan las causas de los posibles errores cometidos y se proponen soluciones para evitar la comisión de los mismos errores en el futuro.</p>	<p>Comandante escuadrón de seguridad del ESDEB 405</p>



-
- 1.- La operación de este tipo de sistemas, mediante patrones automatizados es nuevo para la Fuerza Aérea Colombiana, por lo cual y teniendo como premisa los conceptos de seguridad emitidos por la Inspección de la FAC, es importante que en la medida que se avance con este tipo de sistemas, se genere doctrina pertinente a una operación **SEGURA** y **CONFIABLE**, siempre en pro de la mejora de la operación y por sobre todo **PERMITIENDO** la seguridad de las aeronaves convencionales.
- 2.- Tener en cuenta que la operación del UAS en un aeródromo militar es especialmente riesgosa para la misma operación aérea militar, ya que ese tipo de plataformas aéreas (UAS) ejecutan maniobras que no son usuales, tales como: pasadas bajas, iniciales, tráficos militares, llaves alta y baja, tráfico rectangular, formaciones e instrucción de vuelo con alumnos, polígonos, paracaidismo, etc. Por ende, son claves de éxito: la **COMUNICACIÓN EFECTIVA Y CONSTANTE** con el prestador de los servicios de tráfico aéreo en la BFA, la **CAPACITACIÓN Y PERICIA DE LOS OPERADORES DE UAS** y la **COORDINACIÓN** de actividades entre dependencias y Escuadrones de la BFA.
- 3.- Para la operación las condiciones meteorológicas deben estar por encima de los mínimos meteorológicos y el UAS a la vista del operador.

10 Recomendaciones



4. Los operadores de cualquier tipo de UAS deben tener conocimientos mínimos en:
- Regulaciones aéreas locales.
 - Meteorología aeronáutica
 - Procedimientos radiotelefónicos
 - Reglamentación aeronáutica
 - Procedimientos aeronáuticos
 - Servicios de información aeronáutica
 - Tener certificación para la operación del UAS cualquiera que sea su tipo
 - Ambientación a las operaciones aéreas.

Qué se controla	Paso donde se controla	Cómo se controla	Criterio de aceptación	Acción a tomar (si no cumple criterio de aceptación)	Registro de la acción tomada	Responsable del control
Cumplimiento de requisitos	1. Requisitos de operación.	Certificado de operador UAS	Planificación misión	No se inicia el trámite	Anotación en el libro de minuta o correo electrónico al supervisor de torre	ESCOM ESDEB
Presentación de la solicitud de operación con UAS.	3. Recepción y verificación de la solicitud	Comunicación por correo electrónico institucional	Diligenciamiento total del formato. Documentación anexa completa.	La documentación será devuelta para su ajuste y corrección	Anotación en el libro de minuta o correo electrónico al supervisor de torre	ESCOM ESDEB