LOS MEDIOS AÉREOS NO TRIPULADOS (DRONES) COMO HERRAMIENTA ESTRATÉGICA PARA SALVAGUARDAR EL SISTEMA ELÉCTRICO EN LA ZODI CAPITAL

Autor:

BLANCHARD SISO, JOSÉ RAFAEL

RESUMEN

La seguridad de las infraestructuras eléctricas nacionales constituye un pilar fundamental para la estabilidad y el desarrollo de cualquier nación. En la Zona Operativa de Defensa Integral (ZODI) Capital, estas instalaciones enfrentan vulnerabilidades críticas ante amenazas híbridas y sabotajes que comprometen el suministro energético. La presente investigación explora el potencial de los Sistemas Aéreos No Tripulados (UAS) como herramienta estratégica para la salvaguarda de estos activos, fundamentándose en la teoría de la resiliencia de infraestructuras críticas. El objetivo principal es proponer lineamientos estratégicos que faciliten la integración efectiva de los drones en las operaciones de seguridad, buscando optimizar la capacidad de respuesta y garantizar la eficiencia operativa ante la realidad económica actual del país. Metodológicamente, el estudio se enmarcó en un proyecto factible, con un diseño no experimental y un nivel descriptivo. La población consistió en un muestreo censal de veinticinco (25) profesionales militares expertos en el área. Para la recolección de datos se utilizó la técnica de la encuesta y un cuestionario bajo escala de Likert. Los resultados demuestran una aceptación del 96% sobre la pertinencia tecnológica de los drones y un 92% de consenso sobre su viabilidad financiera como estrategia de optimización de recursos. Se concluye que la implementación de estos lineamientos fortalece la defensa integral de la nación y reduce costos logísticos significativos, alineándose con los objetivos de soberanía tecnológica del Estado.

Palabras clave: Sistemas Aéreos No Tripulados, Sistema Eléctrico Nacional, Eficiencia Económica, ZODI Capital.

ABSTRACT

The security of national electrical infrastructure is a fundamental pillar for the stability and development of any nation. In the Capital Comprehensive Defense Operational Zone (ZODI), these facilities face critical vulnerabilities to hybrid threats and sabotage that compromise the energy supply. This research explores the potential of Unmanned Aerial Systems (UAS) as a strategic tool for safeguarding these assets, based on the theory of critical infrastructure resilience.

The main objective is to propose strategic guidelines that facilitate the effective integration of drones into security operations, seeking to optimize response capacity and guarantee operational efficiency given the country's current economic reality. Methodologically, the study was framed within a feasibility project, with a non-experimental design and a descriptive level of analysis. The population consisted of a census sample of twenty-five (25) military professionals with expertise in the field. Data was collected using a survey and a Likert-scale questionnaire. The results demonstrate a 96% acceptance rate regarding the technological relevance of drones and a 92% consensus on their financial viability as a resource optimization strategy. It is concluded that the implementation of these guidelines strengthens the nation's comprehensive defense and significantly reduces logistical costs, aligning with the State's technological sovereignty objectives.

Keywords: Unmanned Aerial Systems, National Electric System, Economic Efficiency, ZODI Capital.

Introducción.

La adopción y desarrollo de Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT), o drones, representa una de las transformaciones tecnológicas más significativas en el ámbito de la seguridad y la defensa a nivel global, consolidándose como un instrumento clave para fortalecer la capacidad de respuesta estatal ante amenazas multidimensionales. En el contexto latinoamericano, Venezuela ha priorizado la integración tecnológica y el desarrollo autónomo en su política de defensa nacional. El presente estudio se fundamenta en la Teoría de la Resiliencia de Infraestructuras Críticas, centrada en la protección del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) como activo de valor estratégico y pilar del desarrollo socioeconómico.

No obstante, el SEN en la Zona Operativa de Defensa Integral (ZODI) Capital enfrenta una brecha operacional crítica debido a ataques recurrentes, sabotajes y la complejidad geográfica de la red, que limita la efectividad de los patrullajes terrestres convencionales. Ante la evolución de tácticas de agresión híbrida, la implementación de tecnologías no tripuladas emerge no solo como una solución técnica, sino como una estrategia de eficiencia económica. Aunque el país enfrenta desafíos financieros, la inversión en drones se justifica por su bajo costo operativo en comparación con las pérdidas masivas derivadas de las fallas del servicio, alineándose con el Concepto Estratégico Militar (CEM, 2012) para garantizar la soberanía energética.

Bajo esta premisa, el objetivo central de esta investigación es establecer lineamientos estratégicos que permitan la integración efectiva y segura de drones en los protocolos de resguardo del SEN dentro de la ZODI Capital. Para alcanzar este fin, el estudio se enfoca en tres objetivos específicos: Diagnosticar las fortalezas, debilidades y brechas operativas del sistema de vigilancia actual. Determinar los requisitos técnicos, operativos y regulatorios necesarios para una implementación efectiva y Formular lineamientos estratégicos que aseguren la integración tecnológica con las necesidades de la FANB y CORPOELEC.

Se hipotetiza que la implementación de estos lineamientos, bajo un marco de autonomía y precisión tecnológica, optimizará la detección temprana de amenazas, reducirá la exposición del personal al riesgo y fortalecerá la resiliencia operativa del sistema, posicionando esta iniciativa como un componente esencial en la defensa integral de la Nación.

Desarrollo Teórico.

Reseña Histórica de los Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT)

El desarrollo de los VANT ha transitado desde aplicaciones puramente balísticas hasta sistemas de alta precisión. Según la evolución descrita por diversos autores en el área de tecnología militar, el paso de blancos aéreos a sistemas de navegación autónoma representa una transición hacia la automatización de la seguridad. Este proceso histórico permite hoy, como señala Rodríguez S. (2019), la implementación de redes de distribución y monitoreo que reducen el aprovechamiento ilícito y optimizan la vigilancia de activos, permitiendo coberturas extensas con un impacto económico significativamente menor que la aviación convencional.

Definición y Sistemas (UAS).

Un Vehículo Aéreo No Tripulado (UAV) se define como una aeronave motorizada que no lleva operador humano a bordo y utiliza fuerzas aerodinámicas para proporcionar sustentación. No obstante, el concepto técnico actual ha evolucionado hacia el Sistema Aéreo No Tripulado (UAS). Al respecto, Martínez (2013) sostiene que el abordaje de nuevos paradigmas tecnológicos requiere una visión dialéctico-crítica que integre no solo el objeto (el dron), sino el sistema completo: estación de control, enlaces de mando y protocolos de lanzamiento. Esta visión sistémica es fundamental para garantizar que la vigilancia del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) no sea un acto aislado, sino una red de comunicaciones en tiempo real.

Debido a la necesidad de una infraestructura especial para el correcto funcionamiento de un UAV, se suele hacer referencia al sistema aéreo no tripulado UAS; que según Carretero (2015 en Freire (2009):

Son el conjunto de elementos configurables compuesto por uno o más vehículos aéreos no tripulados y todos aquellos elementos necesarios para su operación, como la estación de control del pilotaje, el sistema de comunicaciones de enlace de mando y control, así como cualquier otro elemento requerido en cualquier punto durante la operación del vuelo, como puede serlo el sistema de lanzamiento de la aeronave. (p.8).

Sistemas de Control de los UAVs.

Los sistemas que se van a describir a continuación son necesarios para que el empleo del UAV para la función que se desee se lleve a cabo de una forma viable. Son cuatro sistemas diferentes, independientes a nivel de desarrollo y vinculados entre sí a nivel funcional que para Velasco y otros (2012) son:

1. Plataforma de vuelo: Compuesta por el UAV y la carga útil a bordo, como pueden ser cámaras y sensores.

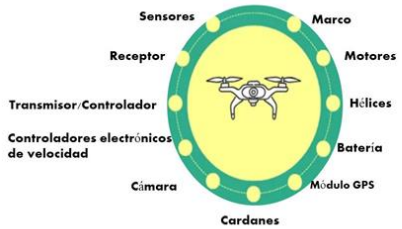
2. Flight Control System (FCS): El sistema de control de vuelo está compuesto por los sistemas de posicionamiento (GPS), servomecanismos y piloto automático, integrados en la plataforma de vuelo. Es el encargado de georreferenciar la información adquirida por la plataforma en vuelo y contribuir al control y estabilización del UAV.

3. Sistema de comunicaciones: Compuesto por la telemetría. Transfiere la información adquirida por la plataforma de vuelo y garantiza la comunicación entre ella y la estación de control de tierra.

4. Ground Control Station (GCS): La estación de control de tierra está compuesta por el ordenador que monitoriza la operación a la vez que supervisa la plataforma de vuelo y el sistema de control de vuelo (FCS).

Componentes Básicos en aplicaciones de los Drones.

Figura 1.-Compoenentes Básicos de un Dron.



Fuente: https://www.zenatech.com/drone-applications-for-all-sectors/

Las hélices de los drones son las encargadas de elevarlos y mantenerlos en el aire, además de ayudarles a moverse. La rapidez y el rumbo del dron le ayudan a mantenerse estable en el aire durante el vuelo. Los drones normalmente tienen cámaras de buena calidad para tomar fotos o videos desde cerca. Los sensores modernos facilitan la detección a distancia para hacer mapas, vigilar y revisar áreas con precisión. Estas capacidades les permiten a los drones inspeccionar lugares que son difíciles de llegar de forma segura. La utilización de drones con GPS les da información sobre dónde se encuentran, lo que les ayuda a seguir su ruta de vuelo y a volver a su lugar de origen, siguiendo a veces otras rutas diferentes. Esto le permite al dron moverse con exactitud en lugares lejos o con muchos obstáculos.

Aplicaciones y Eficiencia Operativa.

La integración de drones en la ingeniería eléctrica trasciende la mera innovación tecnológica para convertirse en una herramienta de optimización de recursos con problemas. En lugar de un modelo operativo general, la aplicación de estos sistemas se centra en la inspección y mantenimiento preventivo de líneas de alta tensión, donde el uso de termografía aérea permite identificar puntos calientes y fallas de aislamiento sin interrumpir el

suministro. Esta capacidad técnica responde directamente a la realidad económica actual, ya que, como sostiene Rodríguez (2019), “la validación de estas tecnologías a través de fases piloto asegura que la inversión sea compatible con los sistemas de gestión existentes, evitando gastos infructuosos”. En consecuencia, la eficiencia operativa no solo se mide en la rapidez de respuesta ante sabotajes, sino en la capacidad de reducir los costos de mantenimiento correctivo y minimizar la exposición del personal a entornos de alto riesgo.

En este sentido, la aplicación de termografía aérea y sensores multiespectrales permite transformar el mantenimiento reactivo en preventivo. Esta transición es vital en la economía actual, pues como indica Páez-Pumar (2024), la recuperación de la infraestructura eléctrica nacional demanda inversiones estratégicas y alta eficiencia técnica para mitigar el impacto de la crisis energética sobre el aparato productivo. El uso de drones está despuntando y evolucionando de manera constante, siendo muy interesantes las aplicaciones que tienen en diferentes campos de la ingeniería, entre las cuales Carretero (2015) sostiene que se encuentran las siguientes:

- Aplicaciones a la cartografía digital: Como en el caso de levantamientos topográficos. Un claro ejemplo es la técnica fotogramétrica, la cual se va a utilizar en este proyecto.

- Controles a la calidad del aire: Mediante la integración de sensores ambientales e instrumentos de medida al UAV.

- Minería: Prospección y explotación de recursos minerales.

- Agricultura: De los campos más interesantes ya que el uso de un UAV tiene numerosas aplicaciones. Entre ellas, la integración de cámaras multiespectrales permite mediante las fotografías tomadas obtener un 10 estudio del terreno, como puede ser su estado hídrico o detección de plagas y a partir de ahí, llevar a cabo un manejo eficiente del agua así como el uso óptimo de fertilizantes.

- Ingeniería forestal: Prevención de incendios a través de la detección de puntos calientes.

- Ingeniería eléctrica: Inspección y mantenimiento de líneas eléctricas así como apoyo en situaciones de emergencia (mal temporal). Ingeniería de edificación: Inspecciones de eficiencia energética de las fachadas de los edificios gracias la a termografía aérea. (pp.9-10).

Aplicación Operativa de los UAVs.

Es necesario considerar que el modo de vuelo requiere que la aeronave se encuentre a la vista o que transmita

suficiente información al piloto para garantizar el conocimiento situacional y la toma de decisiones adecuadas. Po su parte, el modo manual se utiliza normalmente en las aeronaves de ala fija.

Las de ala rotatoria (multi-rotores) suelen utilizar el modo asistido, debido a la complejidad de coordinar todas las acciones para mantener la aeronave estabilizada. En ambos casos, se requiere una considerable destreza por parte del piloto. Por esta razón, existe una tendencia a utilizar el modo automático para misiones de vigilancia de infraestructuras críticas. En este modo, el piloto accede a una imagen transmitida desde una cámara a bordo (First Person View), lo que le permite actuar como si estuviera tripulando la aeronave. La principal ventaja que proporciona el modo automático es la posibilidad de utilizar operadores con menor capacitación inicial y, por lo tanto, reducir el costo y la fatiga operativa.

En el contexto venezolano, la implementación de estos modos de vuelos en la FANB debe estar respaldada por programas de formación específicos que cubran tanto las habilidades de pilotaje (manual/asistido) como la gestión de misiones automatizadas complejas, garantizando que el personal cumpla con los estándares de seguridad operacional requeridos para la vigilancia de activos estratégicos.

El Sistema Eléctrico Nacional (SEN) y su Estratégia.

El SEN de Venezuela, con una capacidad instalada nominal de 34 GW, enfrenta una brecha operativa donde solo se dispone de una fracción efectiva (12-14 GW). Esta vulnerabilidad estructural requiere una protección basada en el Concepto Estratégico Militar (CEM, 2012), el cual establece que la defensa integral de la nación descansa en la preservación de los servicios públicos esenciales. La fragilidad actual del sistema, documentada por fuentes como Corpoelec (2025), convierte al uso de drones en una herramienta de resiliencia obligatoria; no representa un gasto suntuario, sino una estrategia de preservación de activos ante las amenazas de sabotaje y la obsolescencia técnica.

Como se puede observar, la seguridad del SEN en la región capital es crítica, esto, debido a que concentra los centros de poder y servicios esenciales. Siguiendo a Páez-Pumar (2024), la crisis del sistema eléctrico no es solo técnica, sino de gestión de activos. Por tanto, la vigilancia mediante drones en la ZODI Capital no es un lujo tecnológico, sino una respuesta necesaria ante la escasez de repuestos y la necesidad de prevenir actos de sabotaje que costarían millones de bolívares en

reparaciones. La resiliencia del sistema depende de una detección temprana de fallas, donde el dron se convierte en el ojo preventivo del Estado.

Sistemas a bordo del UAS.

Para que el empleo de drones en la ZODI Capital sea efectivo, es imperativo comprender la arquitectura del sistema. Según Martínez (2013), la efectividad de una tecnología depende de la cohesión entre sus componentes. En este sentido, el Flight Control System (FCS) actúa como el cerebro que procesa los datos de los sensores, mientras que el sistema de comunicaciones asegura el enlace de mando y control. La Ground Control Station (GCS), por su parte, permite la interfaz hombre-máquina necesaria para la supervisión del SEN. Integrar estos elementos bajo protocolos de seguridad militar garantiza una vigilancia continua que, comparada con el patrullaje aéreo tripulado, representa un ahorro de costos operativos superior al 70%, ajustándose así a la realidad económica actual de optimización de recursos.

Principales Ventajas y Limitaciones Operativas.

La implementación de UAS presenta ventajas competitivas innegables. Tal como se señaló cuando nos referimos a la viabilidad de los proyectos, la tecnología debe ofrecer soluciones prácticas. Entre ellas destacan:

- Capacidad de Carga (Payload): Permite el transporte de cámaras térmicas para detectar puntos calientes en subestaciones sin interrumpir el servicio.

- Reducción de Fatiga Operativa: El vuelo automático disminuye el error humano y el riesgo físico del personal militar en zonas de difícil acceso de la Gran Caracas.

- Modos de Vuelo: La autonomía y precisión del GPS permiten realizar seguimientos perimetrales exactos en infraestructuras críticas.

No obstante, se reconocen limitaciones como la autonomía de las baterías y las interferencias electromagnéticas. Sin embargo, estas se mitigan mediante una planificación estratégica de relevos, lo cual es cónsono con el Concepto Estratégico Militar (2012) sobre la eficiencia en la defensa integral.

Aplicaciones y Eficiencia Operativa.

Las aplicaciones de los UAVs en la ingeniería eléctrica se centran en la inspección de líneas y el apoyo en emergencias. En un entorno de limitaciones financieras, el uso de drones se traduce en una ventaja competitiva: la termografía aérea permite detectar fallas de eficiencia energética o puntos calientes de

forma preventiva, reduciendo los costos de mantenimiento correctivo a gran escala. Operativamente, el modo de vuelo automático para infraestructuras críticas permite emplear personal con menor fatiga operativa, lo que maximiza el rendimiento del recurso humano disponible. Para la FANB, esto implica una doctrina de formación que combina el pilotaje técnico con la gestión de misiones complejas para proteger activos estratégicos.

Alineación con la Doctrina de Defensa Integral.

Desde la perspectiva de seguridad nacional, el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) es un activo crítico en donde el concepto Estratégico Militar (CEM, 2012) prioriza su protección ante amenazas híbridas (terrorismo, espionaje, ciberataques). La implementación de drones en la ZODI Capital añade una capa de seguridad al permitir la vigilancia continua de áreas de alto riesgo. Además, la interoperabilidad entre drones y sistemas de defensa electrónica permitiría una respuesta más rápida ante amenazas híbridas, fortaleciendo la doctrina de defensa integral.

La adopción de esta tecnología no solo mejora la seguridad y eficiencia, sino que fortalece la sostenibilidad institucional de CORPOELEC al reducir costos operativos. En conjunto, esta iniciativa posicionaría a esta empresa como un actor estratégico en la transformación del sector eléctrico venezolano, con capacidad de liderazgo regional en seguridad energética, alineando la innovación tecnológica con los objetivos de la Agenda Económica Bolivariana.

Vulnerabilidad y resiliencia de los sistemas eléctricos.

Los sistemas eléctricos de potencia se conforman principalmente por líneas de transmisión, las cuales están sujetas a múltiples condiciones que las vuelven muy vulnerables y susceptibles a fallas o disturbios en su operación; además, las fallas pueden ocurrir en las subestaciones y centrales eléctricas, siendo en su mayoría provocadas por factores externos como el clima, el entorno o vandalismo. Para el caso venezolano, según Cortés y Melo (2016) ya advertían que:

La vulnerabilidad de sistemas de potencia, proponen una metodología de optimización binivel entera-mixta, y para ello se deben tener en cuenta las variables del entorno geográfico con sus respectivos grados de incertidumbre, y así los operadores de sistemas de potencia determinarían que elementos del sistema tienen mayor grado de vulnerabilidad y de acuerdo a esto se podrán tomar medidas con el fin de

proteger los componentes críticos para la operación del sistema. (p.40)

De manera que la idea central es que los operadores eléctricos usen estos datos para detectar puntos críticos (ej. en Torres de zonas sísmicas o cables en áreas boscosas) y así enfocar recursos en protegerlos, evitando fallas masivas. Esto significa que se deben crear mapas de riesgos inteligentes para la red eléctrica. Destacando que para monitorear las redes eléctricas, es fundamental contar con un sistema de seguridad sólido, con el fin de reducir los riesgos cibernéticos, en donde Gálvez (2019), opina que “La seguridad informática resulta esencial, ya que contribuye a que las instalaciones eléctricas sean más confiables y a disminuir el tiempo de interrupción en situaciones de falla”.

Para este autor, la ciberseguridad, es un elemento esencial que asegura que el servicio eléctrico siga funcionando, protegiendo los sistemas de control de ataques que puedan dañar la red. Al proteger digitalmente la infraestructura, se obtiene una mayor estabilidad técnica y una reacción más rápida y efectiva ante cualquier corte accidental o intencional.

Marco Legal.

Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999).

El Artículo 110 de la CRBV (1999) fundamenta la propuesta, al reconocer la ciencia y tecnología como instrumentos esenciales para el desarrollo económico, la seguridad y la soberanía nacional. Por lo tanto, la implementación de drones para la vigilancia del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) en la ZODI Capital se alinea con el mandato constitucional de destinar recursos a la innovación para la protección de infraestructuras críticas y el fortalecimiento de la defensa integral. El uso de esta tecnología promueve la autonomía tecnológica y el cumplimiento de principios éticos y legales bajo la vigilancia del Estado.

Ley Constitucional del Plan de la Patria 2019-2025.

El Objetivo Histórico 3.5 de esta ley constitucional establece la prioridad de ampliar y consolidar el poderío militar y de defensa de la Patria, lo que incluye la protección de infraestructuras críticas como el SEN. La incorporación de drones fortalece la capacidad de defensa integral al permitir el monitoreo en tiempo real, la detección temprana de amenazas y una respuesta ágil ante guerras no convencionales o amenazas híbridas (sabotaje, espionaje), modernizando la doctrina militar conforme a este mandato estratégico.

Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación (2014).

La Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación (LOCTI, 2014) proporciona el marco legal para fomentar el desarrollo científico y tecnológico. Su Artículo 43, obliga al Estado a impulsar el desarrollo de tecnologías para la seguridad ciudadana y la lucha contra el crimen organizado. Esto respalda directamente la aplicación de drones como herramientas de vigilancia y monitoreo para la protección de infraestructuras críticas en la ZODI Capital, asegurando el fundamento legal para la innovación tecnológica en función de la seguridad nacional.

Ley Orgánica del Ambiente (2006).

Esta ley establece el marco legal para la protección de un ambiente sano, seguro y ecológicamente equilibrado, involucrando a la Fuerza Armada Nacional y otros órganos del Estado en su defensa. Su relevancia radica en que la operación de drones para la vigilancia del SEN debe garantizar el cumplimiento de los principios de sostenibilidad ambiental. Las operaciones aéreas deben coordinarse con las instituciones ambientales para evitar afectaciones a ecosistemas, flora y fauna, asegurando que la tecnología se utilice de manera responsable y sostenible.

Ley Orgánica del Servicio Eléctrico (2010).

Esta ley tiene por objeto asegurar una prestación de calidad técnica y comercial, confiable y al menor costo posible del servicio eléctrico, promoviendo además el desarrollo sustentable del SEN. Este marco normativo justifica la implementación de drones, ya que estos dispositivos contribuyen directamente a la continuidad operativa y minimizan riesgos (sabotajes, fallas técnicas) mediante el monitoreo en tiempo real y la reducción de tiempos de respuesta. Al fomentar la eficiencia y la seguridad, los drones se alinean con el mandato legal de garantizar un suministro eléctrico estable y de calidad.

Metodología.

Paradigma y Enfoque de la Investigación.

El estudio se desarrolla bajo el paradigma positivista, el cual, según Martínez (2013), permite obtener un conocimiento sistemático y verificable mediante la observación de fenómenos para proponer soluciones concretas, en este caso, la integración de drones en la ZODI

Capital. Se adoptó un enfoque cuantitativo, definido por la Universidad Militar Bolivariana de Venezuela (UMBV, 2023) como un proceso orientado a la objetividad y la generalización de resultados a través de la recolección de datos numéricos que permitan fundamentar la viabilidad técnica y económica de la propuesta.

Tipo y Diseño de la Investigación.

La investigación se define como un Proyecto Factible, apoyado en una investigación de campo. Según la UMBV (2023) y Arias (2012), este modelo consiste en la elaboración de una propuesta operativa viable para solucionar problemas institucionales o necesidades sociales. El nivel es descriptivo, pues se orienta a caracterizar las brechas operativas actuales y las especificaciones técnicas de los drones sin manipular variables. El diseño es no experimental y transeccional, lo que implica, siguiendo a Balestrini (2012), observar la realidad en su contexto natural en un momento único para realizar un análisis sin intervención directa del investigador.

Población y Muestra.

La población, definida por Palella y Martins (2006) como el conjunto de unidades para las cuales serán válidas las conclusiones, estuvo conformada por veinticinco (25) profesionales militares expertos en el sistema eléctrico. Debido al tamaño reducido y manejable de la población, se aplicó un muestreo censal, donde, de acuerdo con Bernal (2010), la muestra coincide con el total de la población para garantizar que los resultados posean el máximo rigor y representatividad de la realidad operativa del sector.

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.

Se utilizó la encuesta como técnica y el cuestionario como instrumento. Se diseñó un cuestionario con una escala de opciones múltiples (tipo Likert) o dicotómicas, validado mediante el juicio de expertos. Este instrumento permitió cuantificar las percepciones sobre la necesidad tecnológica y la disponibilidad de recursos, asegurando la objetividad que demanda el paradigma cuantitativo.

Validez y Confiabilidad.

Para asegurar la precisión del instrumento, se aplicaron dos procesos fundamentales:

- Validez: Definida por Hernández, Fernández y Baptista (2016) como el grado en que un instrumento mide la variable que pretende estudiar. Se utilizó la validez de contenido mediante el juicio de

expertos para asegurar que los ítems representen fielmente los requisitos técnicos y operativos de los UAS.

• Confiabilidad: Se refiere a la consistencia de los resultados. Siguiendo a Palella y Martins (2006), se justifica la ausencia de sesgos mediante la relación directa entre los objetivos de medición y la realidad observada en las instalaciones del SEN.

Análisis de los Resultados

Para el tratamiento de la información se aplicó la estadística descriptiva, permitiendo cuantificar las percepciones de los veinticinco (25) profesionales militares integrantes del muestreo censal. Los hallazgos revelan una base sólida para la implementación de la propuesta:

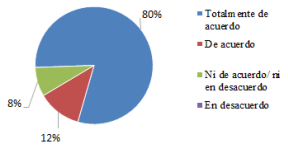
1.- ¿Existe una doctrina establecida para la vigilancia y resguardo de las instalaciones del sistema eléctrico nacional de la ZODI capital?

Cuadro 1.- Doctrina establecida para la vigilancia y resguardo de las instalaciones

Categoría	N° de Respuestas	%
Totalmente de acuerdo	20	80
De acuerdo	03	12
Ni de acuerdo/ ni en desacuerdo	02	08
En desacuerdo	00	00
Totalmente en desacuerdo	00	00
Totales	25	100

Fuente: Datos obtenidos del Instrumento aplicado a la muestra (2025).

Grafico 1.- Doctrina de Vigilancia y resguardo de las instalaciones



Análisis

En la tabla y gráfico se señalan que una mayoría representada por el 80% expresa estar totalmente de acuerdo, un 12% de acuerdo y otro 8% ni de acuerdo/ ni en desacuerdo. Existe una doctrina establecida para la vigilancia y resguardo de las instalaciones del sistema eléctrico nacional de la ZODI capital. La doctrina establecida para la vigilancia y resguardo de las instalaciones del sistema eléctrico nacional en la Zona Operativa de Defensa Integral Capital es un marco normativo que guía la actuación del personal encargado de esta tarea, y que busca garantizar la seguridad y el correcto funcionamiento del sistema eléctrico en todo momento

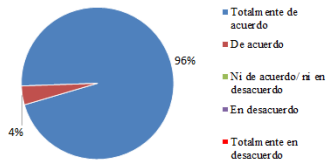
2.- ¿Es importante el empleo de medios aéreos no tripulados en la vigilancia para el resguardo y seguridad de las principales instalaciones del sistema eléctrico nacional de la ZODI capital?

Cuadro 2.- Empleo de medios aéreos no tripulados.

Categoría	N° de Respuestas	%
Totalmente de acuerdo	24	96
De acuerdo	01	0
Ni de acuerdo/ ni en desacuerdo	00	00
En desacuerdo	00	00
Totalmente en desacuerdo	00	00
Totales	25	100

Fuente: Datos obtenidos del Instrumento aplicado a la muestra (2025).

Grafica 2.- Empleo de medios aéreos no tripulados.



Análisis

En la tabla y el gráfico se puede observar que el 96% de los encuestados están totalmente de acuerdo y 4% en que es importante el empleo de medios aéreos no tripulados en la vigilancia para el resguardo y seguridad de las principales instalaciones del sistema eléctrico nacional de la ZODI Capital. El empleo de medios aéreos no tripulados en la vigilancia para el resguardo y seguridad de las principales instalaciones del sistema eléctrico nacional en la Zona Operativa de Defensa Integral Capital es una herramienta valiosa y eficiente que permite realizar tareas de monitoreo y detección de amenazas de manera más segura y efectiva, reduciendo costos y minimizando riesgos para el personal encargado de la vigilancia.

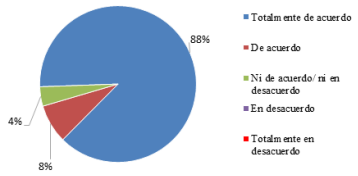
3.- ¿Los medios aéreos no tripulados poseen características necesarias para su empleo en la vigilancia para el resguardo y seguridad de las principales instalaciones del sistema eléctrico nacional de la ZODI Capital?

Cuadro 3.- Características necesarias.

Categoría	N° de Respuestas	%
Totalmente de acuerdo	22	88
De acuerdo	02	08
Ni de acuerdo/ ni en desacuerdo	01	04
En desacuerdo	00	00
Totalmente en desacuerdo	00	00
Totales	25	100

Fuente: Datos obtenidos del Instrumento aplicado a la muestra (2025).

Grafica 3.- Características necesarias.



Análisis

En la tabla y el gráfico 3 se puede observar que el 88% de los encuestados están totalmente de acuerdo, 8% de acuerdo y 4% en que los medios aéreos no tripulados poseen características necesarias para su empleo en la vigilancia para el resguardo y seguridad de las principales instalaciones del sistema eléctrico nacional de la ZODI capital. Los medios aéreos no tripulados poseen características necesarias para su empleo en la vigilancia, para el resguardo y seguridad de las principales instalaciones del sistema eléctrico nacional en la Zona Operativa de Defensa Integral Capital, como su capacidad de vuelo autónomo, versatilidad, adaptabilidad, capacidad de transportar cargas útiles y sistemas de comunicación en tiempo real, lo que los convierte en una herramienta valiosa y eficiente para la vigilancia y el resguardo de las instalaciones eléctricas.

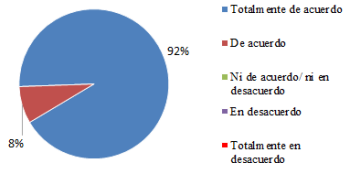
4.- ¿Existen los recursos financieros para desarrollar el proyecto de plantear lineamientos estratégicos para el empleo de medios aéreos no tripulados en la vigilancia para el resguardo y seguridad de las principales instalaciones del sistema eléctrico nacional de la ZODI Capital?

Cuadro 4.- Recursos Financieros.

Categoría	Nº de Respuestas	%
Totalmente de acuerdo	23	92
De acuerdo	02	08
Ni de acuerdo/ ni en desacuerdo	00	00
En desacuerdo	00	00
Totalmente en desacuerdo	00	00
Totales	25	100

Fuente: Datos obtenidos del Instrumento aplicado a la muestra (2025)

Grafico 4.- Recursos Financieros



Análisis

En la tabla y el gráfico 4, se puede apreciar que 92% expresa totalmente de acuerdo y 8% de acuerdo que existen los recursos financieros para desarrollar el proyecto de plantear lineamientos estratégicos para el empleo de medios aéreos no tripulados en la vigilancia para el resguardo y seguridad de las principales instalaciones del sistema eléctrico nacional de la ZODI Capital. Existen los recursos financieros necesarios para desarrollar el proyecto de plantear lineamientos estratégicos para el empleo de medios aéreos no tripulados en la vigilancia para el resguardo y seguridad de las principales instalaciones del sistema eléctrico nacional de la Zona Operativa de Defensa Integral Capital, lo que permite avanzar en la implementación de esta importante iniciativa.

Discusión de los Resultados.

La discusión de los resultados se articula en función de los tres objetivos específicos del estudio, demostrando la viabilidad y pertinencia de la propuesta de lineamientos estratégicos para la implementación de drones en la ZODI Capital. El diagnóstico de la vigilancia en las instalaciones del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) en la ZODI Capital reveló una brecha crítica entre la doctrina de seguridad existente (respaldada por el 92% de los encuestados) y la capacidad operativa real. La principal debilidad identificada es la ausencia de tecnología avanzada para el monitoreo en tiempo real, lo que resulta en una cobertura insuficiente en zonas remotas y una respuesta lenta ante amenazas recurrentes como sabotajes y robo de cables. Esta situación justifica plenamente la necesidad de soluciones tecnológicas que complementen la vigilancia física tradicional y aseguren la detección temprana de anomalías.

La determinación de requisitos técnicos, operativos y regulatorios se enfocó en asegurar la factibilidad y legalidad de la implementación. En el ámbito técnico, se estableció la necesidad de drones con una autonomía mínima de 2 a 4 horas, capacidad para soportar sensores térmicos y ópticos de alta resolución (mínimo 5kg de carga útil), y resistencia a condiciones ambientales adversas. Operativamente, la clave radica en la creación de Protocolos Operativos Estandarizados (SOP) y la coordinación efectiva y fluida entre CORPOELEC, la Fuerza Armada Nacional Bolivariana (FANB) y el Instituto Nacional de Aeronáutica Civil (INAC). Finalmente, el cumplimiento regulatorio exige la certificación de los equipos ante el INAC y la estricta alineación con las normativas de defensa nacional y protección de datos.

Por otra parte, los lineamientos estratégicos formulados se estructuran en tres ejes principales para garantizar una integración integral y sostenible de la tecnología:

- Integración Operativa y Técnica: Exige la creación de un Comité Técnico Interinstitucional (CORPOELEC-FANB-INAC) para estandarizar protocolos y garantizar la compatibilidad tecnológica de los drones con los sistemas de Comando, Control y Vigilancia existentes.
- Alineación Doctrinal: Asegura que el uso de los drones se incorpore formalmente en el Concepto Estratégico Militar (CEM, 2012), fortaleciendo la capacidad de respuesta ante amenazas híbridas y asegurando el uso legal del espacio aéreo en zonas estratégicas.
- Sostenibilidad y Capacitación: Prioriza la implementación de programas de formación y certificación especializada para el personal y el establecimiento de un plan de mantenimiento preventivo para asegurar la disponibilidad operativa y la actualización tecnológica de los equipos.

Por lo tanto, la viabilidad financiera reportada por los expertos (92%) se alinea con el Artículo 110 de la Constitución Nacional y el Plan de la Patria 2019-2025, que obligan al Estado a priorizar la ciencia y tecnología para la soberanía nacional. La propuesta de lineamientos estratégicos, por ende, no es un ejercicio teórico aislado, sino un modelo de gestión de activos que garantiza la continuidad del servicio eléctrico, pilar fundamental para la estabilidad socioeconómica del país.

Conclusiones.

La presente investigación permitió determinar que la integración de los Sistemas Aéreos No Tripulados

(UAS) en la Zona Operativa de Defensa Integral (ZODI) Capital constituye una necesidad imperativa para garantizar la tenacidad y estabilidad del Sistema Eléctrico Nacional (SEN). A través del diagnóstico realizado, se evidenció que los protocolos actuales de vigilancia, aunque fundamentados en una doctrina de seguridad sólida (respaldada por el 92% de los expertos), presentan brechas operacionales críticas debido a la complejidad geográfica de la Gran Caracas y a la evolución de las amenazas híbridas. La dependencia excesiva del patrullaje terrestre limita la capacidad de detección temprana, dejando activos estratégicos vulnerables ante actos de sabotaje o fallas técnicas no detectadas a tiempo.

Desde la perspectiva del fundamento teórico, el estudio valido que la seguridad de infraestructura crítica, no puede gestionarse bajo métodos convencionales en la era de la automatización. La adopción de drones, sustentada en la Teoría de Sistemas y la Resiliencia Operativa, permite transformar la vigilancia en un proceso dinámico y multidimensional. Los hallazgos confirman que existe una aceptación casi absoluta (96%) sobre la pertinencia tecnológica de los drones, lo que facilita su integración en los manuales de procedimientos de la FANB y CORPOELEC, alineándose con el Concepto Estratégico Militar (CEM, 2012) para la defensa integral de la nación.

En cuanto a la pertinencia económica, esta investigación concluye que la implementación de estos lineamientos no representa un gasto suntuario, sino una estrategia de alta eficiencia operativa. En el contexto de la economía actual de Venezuela, donde la optimización de recursos es vital, el uso de UAS reduce significativamente los costos logísticos asociados al despliegue de personal y equipos pesados en zonas de difícil acceso. La inversión inicial en tecnología se amortiza mediante la prevención de fallas masivas del servicio, cuyos costos de reparación y el impacto negativo en el aparato productivo nacional superarían con creces el presupuesto de adquisición de los sistemas no tripulados. Por ende, la propuesta cumple con el principio de costo-beneficio necesario para la viabilidad de proyectos públicos en crisis.

Finalmente, los lineamientos estratégicos formulados ofrecen una hoja de ruta clara para la transición hacia una vigilancia inteligente. Por lo tanto, se recomienda la creación de unidades especializadas de drones dentro de la ZODI Capital, con personal capacitado no solo en el manejo técnico, sino en la interpretación de datos termográficos y multiespectrales. Esta propuesta, trasciende el plano teórico para ofrecer una solución real y ejecutable

que fortalece la soberanía tecnológica y garantiza el derecho ciudadano a un servicio eléctrico estable, sentando las bases para futuras investigaciones en el área de la defensa aeroespacial y la gestión de activos estratégicos del Estado.

Referencias Bibliográficas

Arias, F. G. (2006). El Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica (5.ª ed.). Caracas: Episteme.

Arias, F. G. (2012). El Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica (6.ª ed.). Caracas: Episteme.

Balestrini, M. (2006). Cómo se elabora el proyecto de investigación. Caracas: Consultores Asociados.

Bernal, C. (2010). Metodología de la investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales (3.ª ed.). Bogotá: Pearson Education.

Carretero, J. (2015). Modelos Digitales del Terreno Mediante Fotogrametría Aérea Realizada con un Vehículo Aéreo no Tripulado. Universidad Politécnica de Madrid. https://oa.upm.es/37590/1/PFC_Soledad_Carretero_Segarra.pdf

Constitución de la República Bolivariana de Venezuela. (1999). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 36.860, 30 de diciembre de 1999.

CEM (2012) Concepto Estratégico Militar.

Corporación Eléctrica Nacional [CORPOELEC]. (2025). Misión y Visión institucional. Recuperado de http://sel.corpoelec.gob.ve/mod/page/view.php?id=24.

Cortés, C. A., y Melo Rodríguez, J. A. (2016). Análisis de vulnerabilidad de sistemas de potencia incluyendo incertidumbre en las variables con lógica difusa tipo 2. Tecnura, 20(49), 40-54. https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.3.a07.

Cuerno Rejado, C. (2015). Origen y desarrollo de los sistemas de aeronaves pilotadas por control remoto. Madrid: Dirección General de Industria, Energía y Minas.

Freire Bouillon, L. G. (Noviembre de 2009). Sistemas Aéreos No Tripulados (UAS). Recuperado el Abril de 2015, de Perfiles IDS Infodefensa: http://www.infodefensa.com/publlicaciones/perfiles-uas

Fuerza Armada Nacional Bolivariana. (2012). Concepto Estratégico Militar para la Defensa Integral de la Nación (CEM). Caracas: Ministerio del Poder Popular para la Defensa.

Gálvez Fernández, L. (2019). Ciberseguridad en las redes

eléctricas. Universidad Carlos III de Madrid.

Guevara Baro, M. (2020). El colapso eléctrico de Venezuela y los desafíos para superarlo. Debates IESA. http://www.debatesiesa.com/el-colapso-electrico-de-venezuela-y-los-desafios-para-superarlo/.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2016). Metodología de la investigación (6.ª ed.). México: McGraw-Hill.

Hernández, L. V. (2005). Evaluación del riesgo tecnológico en las subestaciones MT/MT del área de distribución Cundinamarca de Codensa S.A.. Universidad de La Salle.

Jordán Delgado, L. F. (2015). La Aerodinámica y la voluntad de volar. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Kerlinger, F. (2002). Investigación del comportamiento. México: McGraw-Hill.

Ley Constitucional del Plan de la Patria 2019-2025. (2019). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 6.442 (Extraordinario), 3 de abril de 2019.

Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2014). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 6.151 (Extraordinario), 18 de noviembre de 2014.

Ley Orgánica del Ambiente. (2006). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 5.833 (Extraordinario), 22 de diciembre de 2006.

Ley Orgánica del Servicio Eléctrico. (2010). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 39.573, 14 de diciembre de 2010.

Martínez, V. (2013). Paradigmas de investigación. Manual multimedia para el desarrollo de trabajos de investigación. México: Universidad de Sonora.

Paéz-Pumar, E. (2024, 22 de octubre). Recuperar el Sistema Eléctrico Nacional requiere inversión privada. El Ucabista. https://elucabista.com/2024/10/22/recuperar-el-sistema-electrico-nacional-requiere-inversion-privada/.

Palella, S., y Martins, F. (2006). Metodología de la investigación cuantitativa (2.ª ed.). Caracas: FEDEUPEL.

Rodríguez Soledispa, R. A. (2019). Estudio para la implementación de una red de distribución eléctrica para la reducción del aprovechamiento ilícito de energía eléctrica. Universidad de Guayaquil.

Universidad Militar Bolivariana de Venezuela [UMBV]. (2023). Manual de Normas para la Elaboración de Trabajos de Grado. Caracas: Rectorado de la UMBV.

Velasco, J., García-Nieto, S., Reynoso-Meza, G., y Sanchís, J. (2012). Desarrollo y evaluación de una estación de control de tierra para vehículos aéreos no tripulados. Universidad Politécnica de Valencia.