

ISSN: 2711 – 1490 (En línea)

ESCUELA DE POSTGRADOS FAC
BRIEFING
SEGURIDAD OPERACIONAL

BOLETÍN No.6



AERONÁUTICA CIVIL
UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL



Centro de Estudios Aeronáuticos
Institución Universitaria



MAESTRÍA EN
**SEGURIDAD
OPERACIONAL**
ESCUELA DE POSTGRADOS FAC / SNIES 102978

Boletín No. 6 Briefing Seguridad Operacional Maestría en Seguridad Operacional

Editor MY. Diana Murillo

Comité Organizador

MY. Diana Murillo

Bryan Felipe Ramírez Segura

Erika Juliana Estrada Villa

Eliana Catalina Zuluaga Hernández

Carolina Cubillos

Ing. Angelica María Palacios Martínez

Betty Barrios Salcedo

Jorge Luis Céspedes Ospino

Diseño Aldemar Zambrano Torres

Información Técnica Publicación Producto de Investigación Grupo de investigación CELSO: Cultura, educación y liderazgo en Seguridad Operacional COL0198845

Sexta Edición, julio 2024. ISSN 2711-1490 Periodicidad anual, publicación digital Sitio Web:
<https://www.epfac.edu.co/es/oferta-academica/maestrias/maestria-enseguridad-operacional>

Bogotá, Colombia 2024 ©2024,

Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana Los autores son responsables de la información presentada y contenida en los resúmenes. La información de este documento no puede ser reproducida, almacenada o transmitida de manera alguna, ni por ningún medio, ya sea electrónico, químico, mecánico, óptico de grabación o fotocopia sin permiso del autor y/o Editor.

Contenido

Gestión de Riesgo en el Diseño de un Protocolo de Seguridad de Cohetes Suborbitales ..	5
Estudio de la Importancia de Estandarizar la Interfase Hombre- Maquina en las Aeronaves Remotamente Tripuladas De la Fuerza Aeroespacial Colombiana.....	10
Lineamientos Para Establecer la Regulación Aplicable a la Operación de Globos Estratosféricos en Colombia	15
Resultados Preliminares Propuesta para Evaluar los Niveles de Riesgo en Aeronaves Remotamente Pilotadas en la Fuerza Aérea Colombiana	22
Competencias no Técnicas en el Control de Tráfico Aéreo: Un Enfoque Vital para la Seguridad y Eficiencia Operativa.....	29
Comparación entre Metodología OACI y Metodología ARMS para la Gestión del Riesgo en Aviación	39
Resultados Preliminares de Estrategias para la Reducción de la Accidentalidad de la Aviación Agrícola en Colombia	46
Cambio de Cultura Organizacional para Mejorar la Investigación de Accidentes en la Industria Aeronáutica: Estrategia de la Autoridad Aeronáutica	53

Editorial

En esta edición del boletín de investigación formativa y científica, el comité editorial de la Maestría en Seguridad Operacional compiló los resúmenes de importantes investigaciones de los estudiantes de cuarto semestre del programa, estudios que abordan temas de actualidad en el ámbito aeroespacial colombiano con propuestas que mitigan riesgos asociados a esta operación.

El enfoque de estos trabajos esta alineado con las tres líneas de investigación de la Maestría, las cuales son Gestión de la Seguridad Operacional, Factores Humanos e Investigación de Accidentes, lo que permite a los estudiantes encontrar soluciones a los problemas generados de la interacción hombre-maquina- medio ambiente y emitir recomendaciones con el fin de disminuir la ocurrencia de accidentes aéreos y espaciales, manteniendo un nivel aceptable de seguridad operacional.

Es motivo de orgullo, como directora de la Maestría en Seguridad Operacional de la Escuela de Posgrados FAC plasmar en este boletín las contribuciones estudiantiles y los grandes aportes a la seguridad operacional que consultarán en el medio académico, pero que tendrán aplicabilidad en el ámbito aeronáutico y espacial en nuestro país.

Los invito a leer y citar esta importante compilación que aportará a su desarrollo académico en el área de la seguridad operacional y le brindará herramientas de aplicación para la mitigación de riesgos en la operación.



MY. Diana Alejandra Murillo

Gestión de Riesgo en el Diseño de un Protocolo de Seguridad de Cohetes Suborbitales



Yonathan David Castro Duitama
yonathan.castro@fac.mil.co

Capitán de la Fuerza Aérea Colombiana, Oficial piloto del helicóptero UH-60L, Ingeniero Mecánico, Egresado de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suarez”, Colombia, Candidato a Magister en Seguridad Operacional de la Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea Colombiana, Colombia.
<https://orcid.org/0009-0004-2408-4701>.

Línea de investigación: Gestión de Seguridad operacional

Resumen

La investigación espacial se ha basado en la experiencia de los lanzamientos de cohetes suborbitales, diseñados para recopilar datos en condiciones que superan la estratosfera (Sambaluk, 2015). Este avance representó el inicio de un esfuerzo por realizar misiones de manera segura y eficiente, optimizando la recopilación de información crucial para la

ciencia. Se enfatizó la importancia de garantizar la seguridad del personal, la protección de los equipos y la reducción del impacto ambiental. Ante estos retos, los países líderes en la carrera espacial establecieron protocolos de seguridad operacional específicos para estos lanzamientos, asegurando que cada

misión se ejecutara bajo estrictas medidas de seguridad (Frank, 2018).

En este contexto, y ante la aspiración de Colombia de participar en la exploración espacial, la Fuerza Aérea Colombiana fue designada para dirigir la gestión del espacio exterior colombiano (Fuerza Aérea Colombiana., 2023). Esta designación impulsó el desarrollo de actividades orientadas a la investigación espacial. No obstante, se reconoció la falta de procesos y protocolos estandarizados que aseguren la seguridad en las operaciones espaciales, lo que llevó a la necesidad de establecer un protocolo de seguridad operacional específico para lanzamientos de cohetes suborbitales, con un énfasis primordial en la seguridad.

La identificación de peligros en los lanzamientos de cohetes suborbitales fue crucial para la seguridad operacional (Fuerza Aérea Colombiana, 2020). Se llevó a cabo un análisis detallado de componentes críticos como los motores, superficies de control, sistemas de recuperación y tipos de combustible utilizando la teoría de los sistemas complejos y la asociación de los peligros emergentes en un sistema (Dekker, Cilliers, & Hofmeyr, 2011). Además, se realizaron estudios y simulaciones para evaluar la estabilidad estática, centrándose en la posición del centro de gravedad y el centro de presión. Estas medidas fueron fundamentales para valorar los riesgos asociados y mantener un nivel de seguridad operacional aceptable (Biblarz, 2017).



Al analizar los peligros relacionados con el lanzamiento de cohetes suborbitales, se identifica los riesgos inherentes a esta actividad, utilizando las matrices de probabilidad y severidad establecidas por la FAC (Fuerza Aérea Colombiana, 2020). Se implementaron estrategias de gestión con el fin de establecer medidas de mitigación que aseguraran un nivel de seguridad adecuado. Como resultado, se definieron acciones de mitigación que fijaron un estándar de seguridad para entidades interesadas en realizar lanzamientos de cohetes en Colombia, previniendo así situaciones adversas o no deseadas.

Por consiguiente, los peligros asociados a los lanzamientos de cohetes suborbitales se clasificaron en tres fases: Pre-Lanzamiento, lanzamiento y Postlanzamiento. Se establecieron medidas de mitigación específicas, tales como la evaluación de las condiciones físicas del área de lanzamiento, el uso de deflectoras en las toberas para minimizar el impacto ambiental, y la realización de simulaciones de estabilidad del cohete para analizar su centro de gravedad y presión, así como la integridad de sus



componentes (NFPA, 2018). Se examinó también el tipo de motor y combustible, evaluando el empuje y verificando los sistemas de ignición y recuperación para asegurar que la carga útil o los sistemas de telemetría no presentaran riesgos durante el lanzamiento (Biblarz, 2017). también el tipo de motor y combustible, evaluando el empuje y verificando los sistemas de ignición y recuperación para asegurar que la carga útil o los sistemas de telemetría no presentaran riesgos durante el lanzamiento (Biblarz, 2017).

Finalmente, el protocolo para lanzamientos de cohetes suborbitales, adoptado por la Fuerza Aérea Colombiana, busca mantener estas actividades dentro de un margen de seguridad aceptable a nivel nacional. Esto garantiza que tanto entidades privadas como públicas puedan llevar a cabo

operaciones seguras, priorizando constantemente la seguridad operacional. Este enfoque no solo mejora las prácticas de seguridad existentes, sino que también establece un claro referente para futuras mejoras. Así, Colombia se proyecta como líder en desarrollo espacial en Latinoamérica, comprometida con la innovación y la seguridad, adaptándose dinámicamente a los avances tecnológicos.

Es importante destacar el carácter dinámico de las operaciones en el ámbito espacial y cómo los avances tecnológicos continuos influyen significativamente en la gestión de riesgos. La evolución de la tecnología espacial requiere una adaptación y actualización frecuente de los protocolos de seguridad, asegurando que sean acordes a los nuevos desafíos y oportunidades que surgen. Este proceso de actualización no solo permite identificar y abordar los nuevos peligros introducidos por innovaciones tecnológicas, sino que también facilita la revisión y, cuando es posible, la eliminación de riesgos previamente identificados que las tecnologías emergentes han logrado mitigar (Biblarz, 2017).

Palabras clave: Cohete suborbital, espacial, estabilidad, mitigación, protocolo, riesgo, seguridad operacional.

Risk Management in the Design of a Suborbital Rocket Safety Protocol

Abstract

Space research has relied on the experience of suborbital rocket launches, designed to collect data in conditions beyond the stratosphere (Sambaluk, 2015). This advance marked the beginning of an effort to carry out missions safely and efficiently, optimizing the collection of crucial information for science. The importance of ensuring the safety of personnel, the protection of equipment, and the reduction of environmental impact was emphasized. In response to these challenges, the leading countries in the space race established specific operational safety protocols for these launches, ensuring that each mission was executed under strict safety measures (Frank, 2018).

In this context, and given Colombia's aspiration to participate in space exploration, the Colombian Air Force was designated to lead the management of Colombian outer space (Fuerza Aérea Colombiana, 2023). This designation promoted the development of activities oriented toward space research. However, the lack of standardized processes and protocols to ensure safety in space operations was recognized, leading to the need to establish a specific operational safety protocol for suborbital rocket launches, with a primary emphasis on safety.

The identification of hazards in suborbital rocket launches was crucial for operational safety (Fuerza Aérea Colombiana, 2020). A detailed analysis of critical components

such as engines, control surfaces, recovery systems, and fuel types was carried out using the theory of complex systems and the association of emerging hazards in a system (Dekker, Cilliers, & Hofmeyr, 2011). In addition, studies and simulations were conducted to assess static stability, focusing on the position of the center of gravity and the center of pressure. These measures were fundamental to assessing the associated risks and maintaining an acceptable level of operational safety (Biblarz, 2017).

Analyzing the hazards related to suborbital rocket launches, the inherent risks of this activity are identified, using the probability and severity matrices established by the FAC (Fuerza Aérea Colombiana, 2020). Management strategies were implemented to establish mitigation measures that ensured an adequate level of safety. As a result, mitigation actions were defined that set a safety standard for entities interested in conducting rocket launches in Colombia, thus preventing adverse or unwanted situations.

Consequently, the hazards associated with suborbital rocket launches were classified into three phases: Pre-Launch, Launch, and Post-launch. Specific mitigation measures were established, such as the evaluation of the physical conditions of the launch area, the use of deflectors in the nozzles to minimize environmental impact, and the performance of rocket stability simulations to analyze its center of gravity and pressure, as well as the integrity of its

components (NFPA, 2018). The type of engine and fuel were also examined, evaluating the thrust and verifying the ignition and recovery systems to ensure that the payload or telemetry systems did not pose risks during the launch (Biblarz, 2017).

Finally, the protocol for suborbital rocket launches, adopted by the Colombian Air Force, seeks to maintain these activities within an acceptable national safety margin. This ensures that both private and public entities can carry out safe operations, constantly prioritizing operational safety. This approach not only improves existing safety practices but also establishes a clear benchmark for future improvements. Thus, Colombia is projected as a leader in space development in Latin America, committed to innovation and safety, and dynamically adapting to technological advances.

It is important to highlight the dynamic nature of operations in the space sector and how continuous technological advances significantly influence risk management. The constantly evolving nature of space technology requires frequent adaptation and updating of safety protocols, ensuring they are in line with new challenges and opportunities that arise. This updating process not only allows for the identification and addressing of new hazards introduced by technological innovations but also facilitates the review and, when possible, the elimination of previously identified risks that emerging technologies have managed to mitigate (Biblarz, 2017).

Keywords: Suborbital rocket, space, stability, mitigation, protocol, risk, operational safety.

References

- Biblarz, G. P. (2017). *Rocket Propulsion Elements Ninth Edition*. New Jersey: Wiley .
- Dekker, S., Cilliers, P., & Hofmeyr, J. (2011). The complexity of failure: Implications of complexity theory. *Safety Science*.
- Frank, C. P.-F. (2018). A flexible multi-disciplinary environment for performance, life-cycle cost, and safety evaluation of suborbital vehicles. *Aerospace Science and Technology*, 555-562.
- Fuerza Aérea Colombiana. (2020). *Manual de Gestión y Seguridad Operacional*. Bogota : Fuerza Aérea Colombiana.
- Fuerza Aérea Colombiana. (4 de Mayo de 2023). *Fuerza Aérea Colombiana*. Obtenido de Fuerza Aérea Colombiana.: <https://poderespacial.fac.mil.co/jefatur-a-de-operaciones-espaciales>
- NFPA. (2018). *National Fire Protection Association COD 1127*. Obtenido de National Fire Protection Association COD 1127: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/nfpa-1127-standard-development/1127>
- Sambaluk, N. M. (2015). *The Other Space Race: Eisenhower and the Quest for Aerospace Security*. Washington: Naval Institute Press.

Estudio de la Importancia de Estandarizar la Interfase Hombre- Maquina en las Aeronaves Remotamente Tripuladas De la Fuerza Aeroespacial Colombiana



Andrés Eduardo Contreras Rozo
andres.contreras@epfac.edu.co

Mayor Retirado de la FAC con 20 años de servicio, donde se graduó como Administrador Aeronáutico de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suarez”, candidato a Magister de la Maestría de Seguridad Operacional en la Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea, a lo largo de su carrera como Oficial, desempeño varios cargos entre los cuales fue jefe de la Oficina de Seguridad Operacional del CACOM- 2, fue Comandante de Escuadrón de RPAS y piloto de Aeronaves Remotamente Tripuladas Scan Eagle y Hermes 450.

Línea de investigación: Gestión de la Seguridad Operacional

Resumen

El objetivo del artículo es estudiar la importancia de estandarizar el diseño de las aeronaves remotamente tripuladas, partiendo del gran desarrollo tecnológico y producción del sector aeronáutico en estas aeronaves y convirtiéndose en parte esencial para las labores del hombre,

aportando en la vida de personas como el militar, comercial, agrario.

Tomando en cuenta los sistemas con los que cuenta la Fuerza Aeroespacial Colombiana como son el sistema *Scan Eagle* de fabricación americana y por otro lado el sistema Hermes 450 de fabricación israelí se identifica las diferencias en

diseño, siendo más específicos y para el caso de este estudio, es la diferencias en diseño que tienen los sistemas, en el desarrollo de la interfaz Hombre- Máquina (Tang & Zhang, 2013).

La importancia de estandarizar esta interfase permite el desarrollo tecnológico de estas aeronaves, derivadas de la aviación tripulada y que en muchos sectores como lo son de producción y operación, se pueden considerar como punto de partida para que los RPA puedan incorporarse de manera más segura a la aviación de los diferentes países del mundo.

Para la OACI 2015, como principal organismo de regulación aérea en el mundo, recomienda a sus integrantes, un marco normativo y regulatorio para las aeronaves que sean piloteadas remotamente dentro de las cuales en el manual para los RPA de la organización, al generar un certificado tipo y de aeronavegabilidad, cada entidad perteneciente a los estados afiliados a la OACI determinen los requisitos mínimos para dar la certificación tipo a una sistema remotamente tripulada, de la misma manera sugiere el que los estados determinen que indicaciones sensoriales que deben de tener los diseños de las estaciones que en tierra que le permitan a los pilotos de estas aeronaves mejorar la toma de decisiones en especial en situaciones de emergencia, de la misma manera sugiere que se tomen las herramientas utilizadas en la aviación tripulada.

Para ellos se realizó un estudio de diseño descriptivo con enfoque cuantitativo de método probabilístico, donde a partir de

una encuesta realizada a un personal de pilotos de RPAS, oficiales activos que vuelan los sistemas *Scan Eagle* y *Hermes* en la Fuerza Aeroespacial Colombiana para identificar los factores que influyen en el entrenamiento y en la operación de sistemas que son diseñadas de manera diferentes con el fin de analizar y definir la importancia de la estandarización de la interfase entre Hombre- Máquina para ello se tomó una población entre los pilotos de aeronaves remotamente tripulada que hayan volado y tengan experiencia en la operación de los sistemas *Scan Eagle* Y *Hermes 450* para conocer su concepto sobre el diseño que tienen estos sistemas y el aporte que tiene a mitigar los riesgos errores de factor humano.



En este estudio se identificó que la interfaz del *Scan Eagle* tiene un diseño más completo aportando con más alertas sensoriales que les permiten a los pilotos tener una mejor toma de decisiones, su diseño también les permite desempeñarse de mejor manera en situaciones de alta complejidad disminuyendo cargas de trabajo, pero que a su vez aumentan la alerta situacional del piloto. El sistema *Hermes 450* tiene carencias en su diseño, partiendo de solo tener alertas sensoriales visuales que dificultan la reacción del

piloto ante una situación de complejidad como una emergencia. Por último, la fortaleza de uno y de otro sistema genera para el personal de pilotos dificultades para realizar una transición en un entrenamiento más seguro, generando mayor cantidad de errores durante su aprendizaje y operación.

Dentro del estudio se concluyó que la carencia en la regulación para estandarizar los sistemas RPA no solo en el caso de la Fuerza Aeroespacial Colombiana, sino también en lineamientos regulatorios a nivel mundial. En la adquisición para la FAC de RPA se debe contemplar la normatividad que le permita contratar empresas que diseñen las interfases Hombre Maquina con los mismos requisitos sensoriales que disminuyan la y que se asemejen con los sistemas que ya se operan en la institución en todos los sistemas adquiridos. Permitiendo que oficiales pilotos tengan una transición más eficiente, a la de una operación más eficiente.

En el caso particular de la interfaz Hombre Maquina la falta de regulación en los fabricantes, genera que se comercialicen de diferentes maneras, en muchas ocasiones con muchas carencias como es el caso del Hermes 450, que incrementan la probabilidad que los pilotos caigan en errores dificultando su aprendizaje y porque no, generen un accidente.

Así mismo el estandarizar la interfase de las aeronaves remotamente tripuladas permite que los pilotos puedan tener una mejor toma de decisiones, se familiaricen con la interfase de manera más rápida para llevar a cabo operaciones militares y

civiles más seguras y por último que los pilotos tengan una transición más eficiente frente a una interfaz que genere más confianza entre la interacción que realiza Hombre y Maquina



Tomar como punto de partida los diseños de las HMI de las aeronaves tripuladas que aporten las regulaciones y estándares para la implementación de señales sensoriales, así como la distribución adecuada de la interfase que le permita incrementar el desempeño del piloto durante la operación de la aeronave y reducir las cargas que puedan generar un riesgo en la seguridad en el momento de encontrar en espacios segregados como no segregados

Palabras claves: Tecnología, Aeronaves Remotamente Tripuladas, Diseño Ergonómico, Innovación, Aviación

Research on the Importance of Standardizing the Man-Machine Interface in Remotely Piloted Aircraft of the Colombian Aerospace Force

Abstract

The main objective of this study is to highlight the relevance of the acceptance and implementation of new technologies, specifically remotely piloted aircraft, acquired by the Colombian Air Force. These aircraft have significantly contributed to maintaining institutional order in the country. Additionally, the progress in international regulations related to these technologies is addressed, which has not yet been fully incorporated into regular aviation.

This article also explores the different regulations in the implementation of interfaces between man and machine that are implemented in conventional aviation but are currently not developed in the design of technologies such as remotely piloted aircraft, which are rapidly being incorporated into various aviation activities.

Considering the systems used by the Colombian Air Force, such as the American-made Scan Eagle system and the Israeli-made Hermes 450 system, the differences in design are identified, specifically focusing on the differences in the design of the systems, particularly in the development of the Human-Machine Interface (Tang & Zhang, 2013).

Standardizing this interface is important for contributing to the technological development of these aircraft, which derive from manned aviation and can serve as a starting point for RPAs to be

safely integrated into aviation in general across different countries worldwide.

According to ICAO 2015, as the main global aviation regulatory body, it recommends to its members a regulatory framework for remotely piloted aircraft. In the organization's RPA manual, it recommends that when generating a type certificate and airworthiness certification, each state's regulatory body should follow the same procedures and requirements as those required in manned aviation. Additionally, the state is responsible for supervising the integration of system components, which must be securely installed, leading to minimum compliance requirements for the systems and standard requirements for all aircraft to be used as part of a state's aviation.

To this end, a descriptive design study with a quantitative probabilistic approach was conducted, where data was collected through a survey to identify the importance of standardizing the Human-Machine Interface. The study involved a population of pilots of remotely piloted aircraft who have flown and have experience operating Scan Eagle and Hermes 450 systems to understand their perception of the design of these systems and their contribution to mitigating human factor errors.

The study identified that the Scan Eagle interface has a more comprehensive design, providing more sensory alerts that enable pilots to make better decisions, perform better in highly complex situations, reduce workload, and increase



pilot situational awareness. On the other hand, the Hermes 450 system lacks in its design as it only has visual sensory alerts, which hinder the pilot's reaction to complex situations, such as emergencies. The strengths and weaknesses of each system create challenges for pilots in transitioning to safer training, leading to more errors during their learning and operation.

The study concluded that the lack of regulation to standardize RPA systems is not only a concern for the Colombian Air Force but also global regulatory guidelines. When acquiring RPAs for the Colombian Air Force, it is necessary to consider regulations that allow them to contract companies to design Human-Machine Interfaces with the same sensory requirements that reduce errors and align with the systems already operated within the institution for all acquired systems. This enables pilot officers to have a more efficient transition and operation.

In the case of the Human-Machine Interface, the lack of regulation among manufacturers results in various commercialization's, often with significant deficiencies as seen in the Hermes 450, increasing the likelihood of pilots making errors that hinder their learning and potentially lead to accidents.

Standardizing the interface of remotely piloted aircraft allows pilots to make better decisions, familiarize themselves with the interface more quickly to carry out safer military and civilian operations, and have a more efficient transition to an interface that instills more confidence in the interaction between man and machine.

By using the designs of Human-Machine Interfaces from manned aircraft as a starting point, regulations and standards can be established for the implementation of sensory signals and proper interface distribution to enhance pilot performance during aircraft operation and reduce risks that may compromise safety in segregated and non-segregated spaces.

Key words: Technology, Remotely Piloted Aircraft, Ergonomic Design, Innovation, Aviation.

Referencias

OACI. (2015). *Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS)*.

Tang, Z., & Zhang, A. (2013). *Human-Machine-Cooperation Design Methodology for Civil Aircraft Cockpit*.

Lineamientos Para Establecer la Regulación Aplicable a la Operación de Globos Estratosféricos en Colombia



Harol Stivel González Ochoa
harol.gonzalez@epfac.edu.co

Primer oficial de la aeronave Boeing 767 en la aerolínea Latam Cargo Colombia, Oficial retirado de la Fuerza Aérea Colombiana, administrador aeronáutico, piloto comercial de avión con más de 4.000 horas de vuelo, dentro de las aeronaves voladas se encuentra el Airbus 320 series, ATR 42/72, Y-12E, Cessna T-37B y Cessna 172; especialista en procesos de implementación y administración del programa de análisis de datos FDA y en áreas a fines al sistema de gestión de seguridad operacional.

Línea de investigación: Gestión de la Seguridad Operacional

Resumen

El lanzamiento de globos estratosféricos sin la implementación de requerimientos técnicos y operacionales, como el diseño adecuado, la recuperación de la carga útil, la instalación de equipos de vigilancia y rastreo, y los procesos de notificación para integrar esta industria en el espacio aéreo

compartido, son un riesgo para la seguridad operacional.

Cada año, se lanzan más de 500.000 globos meteorológicos de altura en todo el mundo, llamando la atención tanto a investigadores como a entidades privadas y gubernamentales. Además, se realizan

más de 3,000 vuelos educativos y de aficionados anualmente.

Estos dispositivos han demostrado avances significativos en la ciencia y su uso, por lo que es crucial garantizar el cumplimiento de protocolos, leyes y regulaciones vigentes para garantizar los niveles aceptables de seguridad operacional, la integración de la industria de la aviación con la industria aeroespacial hace necesario realizar un debido proceso de identificación de peligros y gestión del riesgo con relación al uso del espacio del espacio aéreo compartido. (Federal Aviation Administration (FAA), 2023).

Por todo lo anterior y considerando que se ha identificado el lanzamiento de globos estratosféricos en el espacio aéreo colombiano, de manera controlada y no controlada, surgen las siguientes preguntas relacionadas a su operación:

- ¿Existe una regulación aplicable o procedimiento guía para que organizaciones públicas y privadas puedan realizar el lanzamiento de globos estratosféricos en Colombia?
- ¿Colombia cuenta con áreas designadas para realizar el lanzamiento de globos estratosféricos?
- ¿El lanzamiento no controlado de globos estratosféricos podría generar un accidente de aviación?
- ¿El lanzamiento no controlado de globos estratosféricos puede poner en riesgo la seguridad nacional?
- ¿Los globos deben tener unos requisitos técnicos para su lanzamiento?

- ¿La operación de los globos estratosféricos puede poner en riesgo la vida de las personas que lo lanzan?

En consecuencia y sin identificar una reglamentación de referencia aplicable al estado colombiano que permita dar respuesta a las preguntas anteriormente planteadas; se estableció el objetivo de identificar los lineamientos de referencia para establecer la regulación aplicable a la operación de globos estratosféricos en Colombia. Para el proceso de investigación se adoptó un enfoque sistemático siguiendo las directrices PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta Analyses). La estrategia de investigación se estructuró en torno a una pregunta de investigación precisa, "¿Cuáles son los lineamientos de referencia para establecer la regulación aplicable a la operación de globos estratosféricos en Colombia?". Esta se subdividió en dos preguntas específicas: "¿Cuáles son los posibles riesgos de la operación de globos estratosféricos?" y "¿Cuál es la regulación para la operación de globos estratosféricos?" .



En cuanto al proceso de identificación de peligros y gestión de los riesgos la Organización de Aviación Civil Internacional OACI y de acuerdo con su anexo 19 gestión de la seguridad operacional, establece como método efectivo de mitigación del riesgo el establecimiento de regulaciones, certificaciones, licenciamientos, procesos de entrenamiento y mejoras tecnológicas que permitan conducir la operación de globos estratosféricos de forma segura. Este principio debe ser la base para el desarrollo de procedimientos y regulaciones adecuadas en Colombia.

Es esencial mantener la rigurosidad en los procesos y aplicar medidas efectivas de mitigación de riesgos. Además, considerar aspectos como la controlabilidad y maniobrabilidad, el control ambiental y el soporte vital, las cargas, los factores de seguridad, los sistemas de descenso y de escape, las condiciones meteorológicas, la radiación, las operaciones en gravedad reducida y la instrumentación o aviónica como equipos requeridos dentro del proceso de adquisición de datos, monitoreo y rastreo en el uso del espacio aéreo compartido.

En cuanto a la regulación, las operaciones en el espacio aéreo cercano representan uno de los desafíos más prometedores del sector aeroespacial en el futuro. Tanto entidades gubernamentales como académicas han mostrado un creciente interés en este campo. Sin embargo, tanto a nivel global como en Colombia, la falta de un marco jurídico claro y definido a menudo limita la planificación y ejecución de proyectos.

Una investigación de la facultad de derecho de la Universidad de Pensilvania ha presentado y orientado el panorama respecto al régimen jurídico del espacio, sugiriendo una nueva categorización del mismo como Espacio de Utilización Exclusiva (EUS), inspirándose en el precedente de la Zona Económica Exclusiva (ZEE) (Liu & Tronchetti, n.d.), el estudio plantea que debería establecerse en torno a la altitud entre 18 y 100 km sobre el nivel del mar, siendo un área intermedia entre el espacio aéreo y el espacio exterior planteando los siguientes parámetros respecto al EUS:

- Debe ser establecido por el estado subyacente preservando los intereses y la seguridad nacional y estableciendo la soberanía.
- No debe pertenecer al territorio del estado por encima del cual se establece. *“Así, aunque la porción de la parte del espacio aéreo que va desde el nivel de superficie hasta una altitud de 18 km puede considerarse parte del espacio aéreo nacional del Estado subyacente, no podría decirse lo mismo de la zona comprendida entre 18 y 100 km, aunque el Estado subyacente goce de amplios derechos de gestión y uso”* (Liu & Tronchetti, n.d.).
- No deberá socavar los derechos del estado subyacente sobre su espacio aéreo nacional.
- El estado subyacente conserva derechos prioritarios.
- El estado subyacente está facultado para regular y hacer cumplir la seguridad sobre su territorio.

- El estado subyacente tendrá el derecho a establecer los requisitos de seguridad y protección que un operador deberá cumplir.
- El estado subyacente y el operador deben acordar las condiciones de despliegue y funcionamiento de las plataformas de gran altitud antes del inicio de las operaciones.
- El estado sobre cuyo territorio se establezca un EUS tiene derecho a denegar el despliegue de plataformas extranjeras de gran altitud, basándose en la amenaza a su seguridad nacional.
- Los terceros países/operadores extranjeros deberían tener derecho a desplegar sus plataformas de gran altitud en un EUS con previa notificación y aprobación del el Estado subyacente (Liu & Tronchetti, n.d.).

trabajo de investigación presenta un punto de partida, que sirve de base para establecer los lineamientos necesarios para la conducción de la operación de los globos estratosféricos en Colombia, realizando una adecuada identificación de peligros y gestión del riesgo desde el punto de vista regulador, en este caso, la comisión nacional del espacio; priorizando los intereses del gobierno nacional y la seguridad del territorio, pero no negándose al desarrollo científico de las partes interesadas.

Palabras clave: Globo, altitud, desempeño, espacio, seguridad y gestión del riesgo.



En conclusión, el desarrollo del presente

Guidelines to establish the regulations applicable to the operation of stratospheric balloons in Colombia

Abstract.

The uncontrolled launch of stratospheric balloons without due implementation of technical and operational requirements, such as adequate design, payload recovery, installation of surveillance and tracking equipment, as well as notification processes that allow this industry to be integrated. Sharing the airspace would represent a risk to operational safety.

Each year, more than 500,000 high-altitude weather balloons are launched around the world, attracting the attention of researchers, private and government entities alike. In addition, more than 3,000 educational and amateur flights are conducted annually. These devices have demonstrated significant advances in science and their use, so it is crucial to ensure compliance with current protocols, laws and regulations to guarantee acceptable levels of operational safety, the integration of the aviation industry with the aerospace industry, makes it necessary to carry out a due process of hazard identification and risk management about the use of shared airspace. (Federal Aviation Administration (FAA), 2023).

For all the above and considering that the launch of stratospheric balloons in Colombian airspace has been identified, in a controlled and uncontrolled manner, the following questions arise related to their operation:

- Is there an applicable regulation for public and private organizations to

launch stratospheric balloons in Colombia?

- Does Colombia have areas designated to launch stratospheric balloons?
- Can the uncontrolled launch of stratospheric balloons cause an aviation accident?
- could have national security risk due to uncontrolled launch of stratospheric balloons?
- Should balloons have technical requirements for their launch?
- Can the operation of stratospheric balloons put the lives of the people who launch them at risk?

In consequence, and without identifying a reference regulation applicable to the Colombian state that allows answering the questions highlight above; The general objective of the investigation process would be the identify reference guidelines to establish the regulation applicable to the operation of stratospheric balloons in Colombia. For the research process, a systematic approach was adopted following the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) guidelines. The research strategy was structured around a precise research question, "What are the reference guidelines to establish the regulations applicable to the operation of stratospheric balloons in Colombia?" This was subdivided into two specific questions: "What are the possible risks of stratospheric balloon operations?" and "What is the applicable regulation for the operation of the stratospheric balloons?"



Regarding the process of hazard identification and risk management, the International Civil Aviation Organization ICAO and according to its Annex 19 operational safety management, establishes as an effective risk mitigation method the establishment of regulations, certifications, licensing, training processes and technological improvements that allow the operation of stratospheric balloons to be conducted safely. This principle must be the basis for the development of adequate procedures and regulations in Colombia.

It is essential to maintain clear processes and apply effective risk mitigation measures. In addition, due consideration topics such as controllability and maneuverability, environmental control and life support, loads, safety factors, descent and escape systems, meteorological conditions, radiation, reduced gravity operations and instrumentation or avionics as required equipment within the data acquisition, monitoring and tracking process in the use of the shared airspace.

Regarding regulations, operations in nearby airspace represent one of the most biggestenges for the aerospace sector in the future. government and academic organizations have shown growing interest in this field. Nevertheless, around the world and in Colombia, the lack of a clear and defined legal framework often limits project planning and execution.

An investigation by the University of Pennsylvania Law School has presented and oriented the roadmap regarding the

legal structure of the space, suggesting a new categorization of it as Exclusive Use Space (EUS), inspired by the precedent of the Exclusive Economic Zone (EEZ) (Liu & Tronchetti, n.d.), the study suggests that it should be established around the altitude between 18 and 100 km above sea level, being an intermediate area between airspace and outer space, proposing the following parameters regarding the EUS:

- It must be established by the underlying state preserving national interests and security and establishing sovereignty.
- It should not belong to the territory of the state above which it is established. "Thus, although the portion of the airspace from the surface level to an altitude of 18 km can be considered part of the national airspace of the underlying State, the same could not be said of the area between 18 and 100 km., although the underlying State enjoys broad management and use rights" (Liu & Tronchetti, n.d.).
- It must not undermine the rights of the underlying state over its national airspace.
- The underlying state retains priority rights.
- The underlying state is empowered to regulate and enforce security over its territory.
- The underlying state will have the right to establish the safety and security requirements that an operator must comply with.
- The underlying state and the operator must agree on the conditions of deployment and operation of high-altitude platforms before the start of operations.



- The state over whose territory an EUS is established has the right to deny the deployment of foreign high-altitude platforms, based on the threat to its national security.
- Third countries/foreign operators should have the right to deploy their high-altitude platforms in an EUS with prior notification and approval of the underlying State (Liu & Tronchetti, n.d.)

<https://scholarship.law.upenn.edu/jil/vol40/iss3/1>

Kaltenhäuser, S., & Stilwell, R. (2018). The NearSpace Interface between Air and Space Traffic Management. In *69 th International Astronautical Congress (IAC)*

In conclusion, the development of this research work presents a starting point, which serves as a basis for establishing the necessary guidelines for conducting the operation of stratospheric balloons in Colombia, carrying out an adequate identification of dangers and risk management from the regulatory point of view, in this case, the national space commission; prioritizing the interests of the national government and the security of the territory, but not denying the scientific development of the interested parties.

Keywords: Ballons, altitude, performance, space, security and safety

Referencias

Federal Aviation Administration (FAA). (2023). *Weather Balloon Safety & Regulations*.

Declaración PRISMA 2020: Una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas | Revista Española de Cardiología. (s. f.). Recuperado 16 de octubre de 2023, de <https://www.revespcardiol.org/es-declaracion-prisma-2020-una-guia-articulo-S0300893221002748>

Liu, H., & Tronchetti, F. (n.d.). *THE EXCLUSIVE UTILIZATION SPACE: A NEW APPROACH TO THE MANAGEMENT AND UTILIZATION OF THE NEAR SPACE*.

Resultados Preliminares Propuesta para Evaluar los Niveles de Riesgo en Aeronaves Remotamente Pilotadas en la Fuerza Aérea Colombiana



Héctor Mauricio Malagón Ospina
hector.malagon@fac.mil.co

Teniente Coronel de la Fuerza Aérea Colombiana, Oficial Piloto de ARP, Administrador Aeronáutico, egresado de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”, Colombia, Candidato a Magister en Seguridad Operacional de la Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea Colombiana, Colombia, Especialista en Seguridad y Defensa Nacional, Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto”, Colombia. Especialista en Administración de Recursos Humanos, Universidad de Bogotá “Jorge Tadeo Lozano”, Colombia.

<https://orcid.org/0009-0002-7178-8889>.

Línea de investigación: Gestión de la Seguridad Operacional

Resumen

El desarrollo de las Operaciones Aéreas con Aeronaves Pilotadas Remotamente ha constituido el reto más ambicioso en relación con el avance exponencial de nuevas tecnologías de vigilancia a la

gestión de riesgos en este tipo de operaciones según la FAA (2023). En este sentido, es de vital importancia generar estrategias que alerten el comportamiento en seguridad operacional e implementación de instrumentos de gestión en la seguridad (2020) que



garanticen mecanismos de acción frente a aspectos susceptibles de mejora en Factores Humanos, Técnicos y Operacionales para los RPA (Remote Piloted Aircraft).

La Fuerza Aérea Colombiana ha introducido el desarrollo de Operaciones Aéreas durante los últimos 18 años con Aeronaves Pilotadas Remotamente, tiempo en el cual ha avanzado la doctrina de maniobra integrándose a la aviación tripulada donde se ha aprendido de los errores y pérdida de equipos RPA según Acosta (2022), lo que en consecuencia ha motivado una evolución acelerada en materia de seguridad en la integración de ambas capacidades dada la apremiante necesidad de resultados tangibles en seguridad y defensa nacional.

Como resultado de los eventos de seguridad, se han generado recomendaciones de operación, así como mejorado procedimientos y puntos de control en entrenamiento, mas no ha sido desarrollada una estrategia que brinde alertas anticipadas para mitigar los índices de no ocurrencia. (2020)

Para abordar esta problemática, esta investigación emplea la metodología mixta según Hernández & Mendoza (2018), donde se realizó un análisis descriptivo de la estadística de eventos, el comportamiento de las flotas en MTBF (Mean time Between Failure) posteriormente se generó un instrumento a evaluarse mediante el método Likert (2018) donde se evalúa la percepción de los pilotos del sistema respecto a las maniobras con mayor criticidad y finalmente el desarrollo de un grupo focal con el fin de conjugar el resultado del análisis estadístico, la percepción de los pilotos y un último concepto de expertos, con el fin de realizar un levantamiento de información conforme a los datos de ocurrencia uniendo la experiencia total de los tripulantes, para de esta manera detallar aspectos que permiten generar conclusiones redundantes en la mejora de operación para el sistema en cumplimiento de la normativa vigente, conforme lo establece AAAES (AERONÁUTICA DE AVIACIÓN DE ESTADO) (2022).

Fundamentado en lo anterior, se analizó la problemática relacionada con los eventos de seguridad fue analizada desde el 2014 hasta el 2022 con 469 eventos del equipo SCANEAGLE y 27 eventos del equipo HERMES 450 y 900, periodo en el cual se caracterizaron y clasificaron identificando aspectos relevantes de los accidentes, repetitivos a lo largo del tiempo y otros, lo que permitió obtener un diagnóstico de los reportes generados tanto de investigaciones como de novedades



ocurridas durante la operación y una tendencia generalizada sobre el comportamiento asociado a las fallas presentadas Factor Técnico para el caso de las rupturas de winglet para el equipo SCANEAGLE.

Una vez analizada la información se logró identificar para el equipo SCANEAGLE que 96 de los 469 eventos registrados en los reportes de eventos, correspondían a eventos no repetitivos mientras que el resto de población de reportes correspondían al desarrollo de eventos de ruptura de winglets y en algunos casos, en su mayoría, a factor técnico. En relación con el equipo Hermes 450 y 900, de los 27 eventos operacionales encontrados, 17 corresponden a factor no determinado, 5 por factor técnico, 3 por factor operacional y 1 por factor Humano.

Esta estadística muestra que HERMES no ha operado constantemente por su alistamiento desde el año 2014 hasta el 2022 en razón a dificultades logísticas,

impidiendo que el alistamiento de la aeronave garantice el entrenamiento de los pilotos nuevos, aunado a que las fallas de los componentes limitaban el desarrollo de operaciones, dificultándose el entrenamiento continuado operacional y el desarrollo de habilidades propias de los pilotos internos y externos.

Para lo anterior, se analizó el comportamiento medio entre fallas, reconociendo recurrencia entre estas y la multiplicidad de factores de riesgo según la OACI (2020), se debió indagar a los pilotos sobre la recurrencia de estas novedades y que sistemas de vuelo se consideran más críticos al sortear emergencias para ambos equipos, y las prioritarias para detectar situaciones previas a la ocurrencia de estos eventos, incluyendo la experiencia operativa no contenida en manuales de la casa fabricante OACI (2020).

Finalmente, se utiliza el panel de expertos con el fin de obtener datos basados en experiencia y profesionalización de procedimientos con personal experto, lo que permitirá transversalizar métodos que permitan definir cursos de acción mejorados frente a circunstancias de seguridad o la identificación de aspectos de interés previsible ante los riesgos basados en conocimiento especializado FAA (1998).

Allí se identifica que la Fuerza se repitió sobre eventos de seguridad que se atribuían técnicos a situaciones que para algunos casos podían evitarse sustituyendo piezas ordenadas por la

casa fabricante que no se cambiaban hasta que se cambiaba el cambio de algunos componentes.

Entre múltiples fallas, no se contaba con una herramienta que permitiera brindar una estrategia de mitigación basada en el desarrollo de alternativas de prevención frente a los eventos que tuvieran manera de haberse documentado y que permitieran observar un patrón estándar de comportamiento.

En la conclusión de la presente investigación, se tiene como propósito generar una estrategia de mejoramiento que permita anticiparse a las fallas de los equipos, detectar problemas que puedan ser transversales en los equipos que puedan afectar organizacionalmente OACI (2019), que influyan en aspectos Humanos, Técnicos y Operacionales, en donde mediante la identificación de los comportamientos patrón bajo el estándar de una tabla de identificación de riesgos basados en severidad y probabilidad, se puedan identificar condiciones basadas en patrones de conducta históricos con el fin de que estos no se repitan FAA (2023)

Finalmente se busca con esta herramienta de identificación de riesgos cuales son los más probables y sobre cuales se debe prestar mucha más atención en aras de evitar la ocurrencia de eventos de seguridad donde se afecte la vida útil de la flota, los cuales se puedan clasificar como riesgos Aceptables, Tolerables y no aceptables OACI (2020)

Palabras clave: Factor, Hermes, Humano, RPA, Seguridad Operacional, Riesgos, Técnico, Operacional.

Preliminary Results of the Proposal to Assess Risk Levels in Remotely Piloted Aircraft in the Colombian Air Force

Abstract

The development of Aerial Operations with Remotely Piloted Aircraft has constituted the most ambitious challenge about the exponential advance of new surveillance technologies for risk management in this type of operations according to the FAA (2023). In this sense, it is of vital importance to generate strategies that alert operational safety behavior and implementation of safety management instruments (2020) that guarantee action mechanisms against aspects susceptible to improvement in Human, Technical and Operational Factors for RPA. (Remote Piloted Aircraft).

The Colombian Air Force has introduced the development of Air Operations during the last 18 years with Remotely Piloted Aircraft, time which the maneuver doctrine has advanced by integrating into manned aviation where it has learned from the mistakes and loss of RPA equipment according to Acosta. (2022), which has consequently motivated accelerated evolution in security matters in the integration of both capabilities given the pressing need for tangible results in matters of security and national defense.

As a result of the safety events, operating recommendations have been generated, as well as improved procedures and control points in training, but a strategy has not been developed that provides early

warnings to mitigate the occurrence by increasing the non-occurrence rates.

To address this problem, this research uses the mixed methodology according to Hernández & Mendoza (2018), where a descriptive analysis of event statistics was carried out, subsequently an instrument was generated to be evaluated using the Likert method (2018) where perception is evaluated. of the pilots of the system regarding the most critical maneuvers and finally the development of a focus group to combine the result of the statistical analysis, the perception of the pilots and a final concept of experts, to survey information according to the occurrence data, uniting the total experience of the crew members, to detail aspects that allow generating redundant conclusions in the improvement of operation for the system in compliance with current regulations, as established by AAAES (2022).

Based on the above, the problem related to security events was analyzed from 2014 to 2022 with 469 events from the SCANEAGLE team and 27 events from the HERMES 450 and 900 team, a period in which they were characterized and classified, identifying relevant aspects. of accidents, repetitive over time and others, which allowed obtaining a diagnosis of the reports generated from both investigations and developments that occurred during the operation and a general trend on the behavior associated with the failures

presented Technical Factor for the case of winglet breaks for the SCENEAGLE team.

Once the information was analyzed, the SCANEAGLE team could identify that 96 of the 469 events recorded in the event reports corresponded to non-repetitive events, while the rest of the report population corresponded to the development of winglet rupture events and in some cases, mostly due to a technical factor, about the Hermes 450 and 900 equipment, of the 27 operational events found, 17 correspond to an undetermined factor, 5 to a technical factor, 3 to an operational factor and 1 to a human factor.

This statistic shows that HERMES has not operated constantly due to its readiness from 2014 to 2022 due to logistical difficulties, preventing the readiness of the aircraft from guaranteeing the training of new pilots, coupled with the fact that component failures limited the development of operations, making difficult the continued operational training and the development of skills of internal and external pilots.

For the above, the average behavior between failures was analyzed, recognizing recurrence between these and the multiplicity of risk factors according to the ICAO (2020), it was necessary to ask the pilots about the recurrence of these situations and which flight systems are considered of greater criticality at the time of dealing with emergencies for both teams, as well as those that, due to their characteristics, are

considered a priority to detect situations before the occurrence of these events, thus including the operational experience not contained in the manuals of the manufacturing company ICAO (2020).

Finally, the panel of experts is used to obtain data based on experience and professionalization of procedures with expert personnel, which will allow the mainstreaming of methods that allow defining improved courses of action in the face of security circumstances or the identification of foreseeable aspects of interest in the face of security circumstances. risks based on specialized knowledge FAA (1998).

There it is identified that the Force for a prolonged period maintained a condition of repetition on security events that were attributed to technical situations that in some cases could be avoided by replacing parts ordered by the manufacturer that were not changed until they were carried out. the change of some components.

Among multiple failures, no tool would allow providing a mitigation strategy based on the development of prevention alternatives for events that could have been documented and that would allow a standard pattern of behavior to be observed.

In the conclusion of this research, the purpose is to generate an improvement strategy that allows anticipating equipment failures, detecting problems that may be transversal in the teams that may affect

organizationally ICAO (2019), that influence human aspects. , Technical and Operational, where by identifying pattern behaviors under the standard of a risk identification table based on severity and probability, conditions can be identified based on historical behavior patterns so that these are not repeated FAA (2023)

Finally, with this risk identification tool, we search for which are the most probable and on which much more attention should be paid to avoid the occurrence of safety events that affect the useful life of the fleet, which can be classified as Acceptable, Tolerable and unacceptable risks ICAO (2020)

Key words: Factor, Hermes, human, RPA, operational safety, risk, ScanEagle, technical.

Referencias

AAAES. (2022). *Reglas de vuelo y operación para sistemas aéreos no tripulados y sistemas de aeronaves remotamente pilotadas RACAE 94*. Bogotá: Fuerza Aérea Colombiana.

Acosta, N. (2022). *Análisis comparativo de la operación de rpas con respecto a accidentes e incidentes para su regulación en Colombia*. Santiago de Cali: Escuela Militar de Aviación.

Federal Aviation Administration, Office of Aviation Medicine. (1998). *Maintenance Resource Management handbook*. Trucker GA: Federal Aviation Administration.

Fuerza Aérea Colombiana. (2020). *Manual de Seguridad Operacional FAC-10.2R*. Bogotá D.C: Fuerza Aérea Colombiana.

Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación, las rutas*

cualitativa, cuantitativa y mixta. Ciudad de México: MC Graw Hill.

Inspección General Fuerza Aérea Colombiana. (2022). *Programa Airmanship*. Bogotá: Fuerza Aérea Colombiana.

OACI. (2019). Análisis profundo de los factores humanos e institucionales en la investigación de accidentes e incidentes de aviación. *asamblea — 40º período de sesiones comisión técnica, 1-2*.

OACI. (2020). *Manual de Gestión de la Seguridad Operacional*. Montreal- Canadá: Organización de la Aviación Civil Internacional.

Pasión por Volar. (23 de marzo de 2014). *Medicina Aeronáutica-Teoría de la toma de decisiones*. Obtenido de Asociación Pasión por Volar: <https://www.pasionporvolar.com/medicina-aeronautica-teoria-de-la-toma-de-decisiones/>

Competencias no Técnicas en el Control de Tráfico Aéreo: Un Enfoque Vital para la Seguridad y Eficiencia Operativa



Daniel Felipe Santos Hurtado
daniel.santos@fac.mil.co

Oficial del Cuerpo Logístico Aeronáutico de la Fuerza Aérea Colombiana, Administrador Aeronáutico, Instructor académico, 2.464 horas de vuelo en los equipos, T-90, T-27 Tucano, ATR 42/72, Grand Caravan C-208. <https://orcid.org/0009-0009-5675-6687>

Línea de investigación: Factores Humanos.

Resumen

El Control de Tráfico Aéreo (ATC) es un elemento fundamental de la aviación moderna, encargado de garantizar la seguridad y eficiencia de las operaciones aéreas en el espacio aéreo. Esta disciplina, desarrollada a lo largo del siglo XX, ha evolucionado en respuesta al crecimiento exponencial del tráfico aéreo y a los avances tecnológicos en la industria de la aviación con las nuevas generaciones de profesionales de la

Aviación (OACI, Manual sobre instrucción y evaluación basadas en competencias para controladores/as de tránsito aéreo, 2022).

Las competencias no técnicas en el control de tráfico aéreo abarcan una amplia gama de habilidades y capacidades que van más allá del conocimiento técnico y la destreza operativa. Entre estas competencias están la toma de decisiones en tiempo real, la gestión del estrés en situaciones

de alta presión, la comunicación efectiva con pilotos y otros controladores, la capacidad de trabajar en equipo coordinada y la resolución de conflictos eficazmente.

Según la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), las competencias no técnicas son esenciales para garantizar la seguridad y eficiencia en el control de tráfico aéreo (OACI, 2022).

La combinación de habilidades técnicas y competencias no técnicas es fundamental para el desempeño exitoso de los controladores de tráfico aéreo. Mientras que las habilidades técnicas se refieren al conocimiento de los procedimientos y el uso de equipos de control de tráfico aéreo, las competencias no técnicas son cruciales para la toma de decisiones efectivas en situaciones dinámicas y complejas. Un estudio realizado por la Administración Federal de Aviación de los Estados Unidos (FAA) encontró que los errores en el control de tráfico aéreo están frecuentemente relacionados con deficiencias en las competencias no técnicas de los controladores (FAA, 2018)

El objetivo principal del ATC es prevenir colisiones entre aeronaves y garantizar un flujo de tráfico seguro y ordenado tanto en el espacio aéreo como en los aeropuertos (UAEAC, 2021). Para lograrlo, los controladores de tráfico aéreo supervisan y guían el movimiento de las aeronaves utilizando sistemas de radar, comunicaciones por radio y

procedimientos establecidos.



El ATC opera en un entorno altamente dinámico y complejo, donde múltiples aeronaves de diferentes tamaños y velocidades comparten el mismo espacio aéreo (OACI, Manual sobre instrucción y evaluación basadas en competencias para controladores/as de tránsito aéreo, 2022). Los controladores deben coordinar el despegue, el aterrizaje y la navegación de las aeronaves, teniendo en cuenta factores como el clima, el tráfico cercano y las restricciones de espacio aéreo.

Además de su función operativa, el ATC desempeña un papel crucial en situaciones de emergencia, coordinando respuestas rápidas y eficaces ante incidentes como fallas mecánicas, condiciones meteorológicas adversas o amenazas de seguridad.

El desarrollo del ATC ha estado estrechamente ligado al avance tecnológico, con la introducción de



sistemas automatizados de gestión de tráfico, como el Sistema de Gestión del Tráfico Aéreo (ATM), que buscan mejorar la eficiencia y capacidad del espacio aéreo y optimizar el rendimiento humano en sistemas de trabajo complejos como el de la gestión del tráfico aéreo, destacando la necesidad de integrar en el diseño y funcionamiento de los sistemas elementos de la psicología, la gestión y los factores humanos (EUROCONTROL, 2010).

Pero, más allá de las habilidades técnicas y el dominio de la tecnología, el ATC depende de las competencias no técnicas de sus operadores. La toma de decisiones bajo presión, la comunicación efectiva y la gestión del estrés son habilidades fundamentales para los controladores de tráfico aéreo, que enfrentan constantemente situaciones desafiantes y de alto riesgo en su trabajo diario (OACI, Manual sobre instrucción y evaluación basadas en competencias para controladores/as de tránsito aéreo, 2022).

El principal objetivo es analizar en profundidad el papel y la importancia de las competencias no técnicas en el control de tránsito aéreo (ATC) para comprender su influencia en la seguridad y eficiencia operativa. Busca brindar una visión integral de su relevancia, identificar estrategias efectivas para su desarrollo y brindar recomendaciones prácticas para su integración efectiva en la capacitación ATC.

Esta investigación se enfoca en la ruta

cualitativa, la cual busca comprender los fenómenos, explorándolos desde la perspectiva de los participantes en su ambiente natural y en relación con el contexto (Hernández - Sampieri & Mendoza Torres, 2018).

Una de las funciones principales de la investigación descriptiva es la capacidad para seleccionar las características fundamentales del objeto de estudio y su descripción detallada de las partes, categorías o clases de ese objeto (Bernal, 2019).

Ya dicho lo anterior se realizó un cuestionario al personal de controladores aéreos para verificar la percepción y deficiencia que se tiene con respecto a las competencias no técnicas en su operación diaria y en los diferentes entrenamientos recurrentes que se realiza en la Escuela de Suboficiales de la Fuerza Aérea Colombiana y el cual busca dar resultados de todos estos aspectos para identificar de manera general que competencias no técnicas tienen mayor afectación según la perspectiva de cada uno de los Controladores de tránsito Aéreo de la Fuerza Aérea.



Ya una vez obtenidos estos resultados, se realizó un trabajo de campo aplicando una rejilla de observación por medio de los supervisores de cada una de las torres de control en las diferentes bases Aéreas del territorio nacional y durante el entrenamiento en la Escuela de Suboficiales, para así poder identificar los marcadores de comportamiento de cada una de estas competencias ya previamente identificadas y armonizando lo ya establecido por la OACI en su manual sobre instrucción y evaluación basadas en competencias para controladores/as de tránsito aéreo y buscando interpretar e identificar comportamientos que se podrían dar en un escenarios de operaciones aéreas militares tanto en operaciones reales como en los diferentes espacios de entrenamiento aéreo que se generan en algunas unidades militares aéreas.

Teniendo estos dos productos se analizarán por medio de una triangulación de información plasmadas en una matriz que permita identificar las

competencias no técnicas que tienen más afectación en los controladores aéreos militares y sus respectivos marcadores de comportamiento a través de un panel de expertos conformados por un instructor de la ESUFA, un delegado de la Dirección de Navegación Aérea de la FAC y una psicóloga experta en factores humanos.

Lo anterior teniendo en cuenta que las competencias no técnicas en el contexto de la gestión del tráfico aéreo, son de gran importancia y relevancia en aspectos como el reclutamiento, la formación, la competencia y la dotación de personal. (EUROCONTROL, 2010)

Estas competencias son evaluadas durante la selección y promoción, y son moldeadas y mejoradas a través de la formación. Además, estas competencias son consideradas en el diseño de trabajos, tareas/actividades, sistemas y herramientas (EUROCONTROL, 2010).

Esto llegará a las conclusiones que darán como resultado un producto final que ayudara a identificar estas competencias si no puede crear programas de desarrollo y entrenamiento, lo cual afectara e impactara positivamente en la instrucción de la ESUFA, la seguridad operacional en las unidades aéreas con personal mejor capacitado y con un seguimiento de desarrollo de estas habilidades, lo que permitirá tener profesionales que mejoren la capacidad humana en cada torre de control de las unidades militares aéreas.

Además de esto, según Reason, para mejorar la seguridad en el ATC, es crucial abordar tanto las causas latentes como las activas. Esto implica implementar medidas preventivas a nivel organizacional para mitigar las causas latentes, como promover una cultura de seguridad, mejorar los procesos de selección y formación de controladores, y proporcionar recursos adecuados para el manejo del estrés. Además, se deben identificar y gestionar las causas activas a nivel operativo, mediante la implementación de sistemas de apoyo y entrenamiento que fortalezcan las competencias no técnicas de los controladores de tráfico aéreo.

Según (Reason, 1990) Aplicamos su modelo de "Causas Latentes" y "Causas Activas" para comprender cómo las competencias no técnicas afectan la seguridad en el Control de Tráfico Aéreo (ATC)



Causas Latentes:

Las competencias no técnicas, como la toma de decisiones bajo presión y la gestión del estrés, pueden considerarse

como factores latentes que subyacen en el sistema de control de tráfico aéreo.

Estos factores latentes pueden manifestarse como fallos en el diseño del sistema, políticas organizativas inadecuadas o deficiencias en la formación y selección de controladores de tráfico aéreo.

Por ejemplo, una cultura organizacional que no valore la comunicación efectiva o no brinde recursos adecuados para el manejo del estrés puede contribuir a errores operativos y situaciones de riesgo en el ATC.

Causas Activas:

Las competencias no técnicas también pueden actuar como causas activas que desencadenan eventos adversos en el control de tráfico aéreo.

Por ejemplo, la falta de habilidades de comunicación efectiva entre controladores de tráfico aéreo y pilotos puede conducir a malentendidos y errores en la coordinación de vuelo.

Del mismo modo, una capacidad limitada para gestionar el estrés puede afectar la capacidad de un controlador para mantener la atención y tomar decisiones críticas durante situaciones de alta presión.

Este estudio resalta la importancia crítica de las competencias no técnicas en el ámbito del Control de Tráfico Aéreo (ATC), destacando su influencia directa

en la seguridad y eficiencia operativa de las operaciones aéreas.

habilidades como la toma de decisiones bajo presión, la comunicación efectiva y la gestión del estrés son pilares fundamentales para garantizar el desempeño óptimo de los controladores aéreos, el análisis de estudios y ejemplos demuestra cómo estas competencias afectan a la prevención de incidentes y accidentes y mejora la eficiencia del sistema de tráfico aéreo.

Por lo tanto, se enfatiza la necesidad de integrar estrategias efectivas de desarrollo y evaluación de competencias no técnicas en los programas de formación y selección de controladores, así como en la cultura organizacional de las instituciones de aviación.

Esta integración no solo fortalecerá la seguridad operativa, sino que también contribuirá a la optimización de los servicios de control de tráfico aéreo en

beneficio de la industria aeronáutica en su conjunto.

Palabras clave: Factores Humanos, Competencias, Competencias no técnicas, Controlador de tráfico aéreo, Error Humano, Seguridad Operacional, Aviación

Non-Technical Competencies in Air Traffic Control: A Vital Approach for Safety and Operational Efficiency

Abstract

Air Traffic Control (ATC) is a fundamental element of modern aviation, responsible for guaranteeing the safety and efficiency of air operations in the airspace. This discipline, developed throughout the 20th century, has evolved in response to the exponential growth of air traffic and technological advances in the aviation industry with new generations of aviation professionals (ICAO, 2022).

Non-technical competencies in air traffic control encompass a wide range of skills and capabilities that go beyond technical knowledge and operational skill.

These competencies include real-time decision making, stress management in high-pressure situations, effective communication with pilots and other controllers, the ability to work as a team in a coordinated manner, and effective conflict resolution. According to the International Civil Aviation Organization (ICAO), non-technical competencies are essential to ensure safety and efficiency in air traffic control (ICAO, 2022).

The combination of technical skills and non-technical competencies is essential for the successful performance of air traffic controllers. While technical skills refer to knowledge of air traffic control procedures and use of equipment, non-technical competencies are crucial for effective decision-making in dynamic and complex situations. A study conducted by

the United States Federal Aviation Administration (FAA) found that errors in air traffic control are frequently related to deficiencies in the non-technical competencies of controllers (FAA, 2018).

The main objective of ATC is to prevent collisions between aircraft and guarantee a safe and orderly flow of traffic both in airspace and at airports (UAEAC, 2021). To achieve this, air traffic controllers monitor and guide the movement of aircraft using radar systems, radio communications, and established procedures.

ATC operates in a highly dynamic and complex environment, where multiple aircraft of different sizes and speeds share the same airspace (ICAO, 2022). Controllers must coordinate the takeoff, landing, and navigation of aircraft, considering factors such as weather, nearby traffic, and airspace restrictions.

In addition to its operational role, ATC plays a crucial role in emergencies, coordinating rapid and effective responses to incidents such as mechanical failures, adverse weather conditions or security threats.

The development of ATC has been closely linked to technological advancement, with the introduction of automated traffic management systems, such as the Air Traffic Management System (ATM), which seek to improve the efficiency and capacity of airspace



and optimize human performance. in complex work systems such as air traffic management, highlighting the need to integrate elements of psychology, management and human factors into the design and operation of the systems (EUROCONTROL, 2010).

However, beyond technical skills and technology mastery, ATC also relies heavily on the non-technical competencies of its operators. Decision making under pressure, effective communication and stress management are essential skills for air traffic controllers, who constantly face challenging and high-risk situations in their daily work (ICAO, 2022).

The main objective is to analyze in depth the role and importance of non-technical competencies in air traffic control (ATC) to understand their influence on safety and operational efficiency. It seeks to provide a comprehensive view of its relevance, identify effective strategies for its development, and provide practical recommendations for its effective integration into ATC training.

This research focuses on the qualitative route which seeks to understand the phenomena, exploring them from the perspective of the participants in their natural environment and relation to the context (Hernandez - Sampieri & Mendoza Torres, 2018).

One of the main functions of descriptive research is the ability to select the fundamental characteristics of the object of study and its detailed description of the parts, categories, or classes of that object (Bernal, 2019).

Having said the above, a questionnaire was carried out to the air traffic controller personnel to verify the perception and deficiency that exists concerning non-technical skills in their daily operation and in the different recurrent training that is carried out at the Force Non-Commissioned Officers School. Colombian Air Force and which seeks to provide results of all these aspects to generally identify which non-technical competencies have the greatest impact according to the perspective of each of the Air Traffic Controllers of the Air Force.

Once these results were obtained, field work was carried out applying an observation grid by the supervisors of each of the control towers in the different Air Bases of the national territory and during training at the Non-Commissioned Officer School, to thus being able to identify the behavioral markers of each of these previously identified competencies and harmonizing what has already been established by the ICAO in its manual on competency-based training and evaluation for air traffic controllers and seeking to interpret and identify behaviors that could be take place in military air operations scenarios, both in real operations and in the different air training spaces that are generated in some military air units.

Having these two products, they will be analyzed through a triangulation of information reflected in a matrix that allows identifying the non-technical competencies that have the most impact on military air traffic controllers and their respective behavioral markers through a panel of experts made up of a flight



instructor. the ESUFA, a delegate from the Air Navigation Directorate of the FAC and a psychologist expert in human factors.

The above considering that non-technical skills in the context of air traffic management are of great importance and relevance in aspects such as recruitment, training, competition, and staffing. (EUROCONTROL, 2010)

These competencies are evaluated during selection and promotion and are shaped and improved through training. Furthermore, these competencies are considered in the design of jobs, tasks/activities, systems, and tools (EUROCONTROL, 2010).

This will reach different conclusions that will result in a final product that will help not only identify these competencies but will also make it easier to create development and training programs, which will positively affect and impact the ESUFA instruction. operational security in air units with better trained personnel and with a follow-up development of these skills, which will allow having professionals who improve human capacity in each of the control towers of military air units.

In addition to this, according to Reason, to improve safety in ATC, it is crucial to address both latent and active causes. This involves implementing preventive measures at the organizational level to mitigate latent causes, such as promoting a safety culture, improving controller selection, and training processes, and providing adequate resources for stress management. In

addition, active causes must be identified and managed at the operational level, through the implementation of support and training systems that strengthen the non-technical competencies of air traffic controllers.

According to (Reason, 1990) we apply his model of "Latent Causes" and "Active Causes" to understand how non-technical competencies affect safety in Air Traffic Control (ATC)

Latent Causes:

Non-technical competencies, such as decision-making under pressure and stress management, can be considered as latent factors underlying the air traffic control system.

These latent factors may manifest as flaws in system design, inadequate organizational policies, or deficiencies in the training and selection of air traffic controllers.

For example, an organizational culture that does not value effective communication or provides adequate resources for stress management can contribute to operational errors and risky situations in ATC.

Active Causes:

Non-technical competencies can also act as active causes that trigger adverse events in air traffic control.

For example, a lack of effective communication skills between air traffic controllers and pilots can lead to misunderstandings and errors in flight coordination.

Likewise, a limited ability to manage stress can impact a controller's ability to



maintain attention and make critical decisions during high-pressure situations.

This study highlights the critical importance of non-technical competencies in the field of Air Traffic Control (ATC), highlighting their direct influence on the safety and operational efficiency of air operations.

Skills such as decision-making under pressure, effective communication and stress management emerge as fundamental pillars to ensure optimal performance of air traffic controllers. The detailed analysis of various studies and examples demonstrates how these competencies not only impact the prevention of incidents and accidents, but also in improving the efficiency of the air traffic system.

Therefore, the need to integrate effective strategies for the development and evaluation of non-technical competencies in the training and selection programs for controllers, as well as in the organizational culture of aviation institutions, is emphasized.

This integration will not only strengthen operational safety but will also contribute to the optimization of air traffic control services for the benefit of the aviation industry.

Keywords: Human Factors, Competencies, Non-technical Competencies, Air Traffic Controller, Human Error, Operational Safety, Aviation

Referencias

- Bernal, C. (2019). *Metodología de la Investigación*. Bogota: Pearson.
- EUROCONTROL. (2010). Human performance in air traffic management system. Hernández - Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la Investigación, Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*.
- OACI. (2020). Manual de Competencias para el Control de Tráfico Aéreo. Canadá.
- OACI. (2022). Manual sobre instrucción y evaluación basadas en competencias para controladores/as de tránsito aéreo. Montreal.
- Reason, J. (1990). *Human Error*. Inglaterra: Cambridge University Press.
- UAEAC. (2021), mayo 04). <https://www.aerocivil.gov.co>. Retrieved from <https://www.aerocivil.gov.co>: [https://www.aerocivil.gov.co/servicios-a-la-navegacion/Gestion-de-los-Servicios-de-Transito-Aereo-ATS/controladores-de-tr%C3%A1nsito-a%C3%A9reo-\(atco\)](https://www.aerocivil.gov.co/servicios-a-la-navegacion/Gestion-de-los-Servicios-de-Transito-Aereo-ATS/controladores-de-tr%C3%A1nsito-a%C3%A9reo-(atco))

Comparación entre Metodología OACI y Metodología ARMS para la Gestión del Riesgo en Aviación



Richard Johan Mora Bello
Richard.mora@fac.mil.co

Ingeniero Informático, Estudiante Maestría en Seguridad Operacional, Escuela de Postgrados de la Fuerza Aeroespacial Colombiana.

Línea de investigación: Gestión de la Seguridad Operacional

Resumen

Para hablar de seguridad operacional, hay que hacer referencia a la gestión de riesgos operacionales para llevar operaciones más seguras en la aviación, con base en normas y reglamentaciones desde los Estados hasta las compañías explotadoras de la misma en cada país (OACI, 2016).

Las metodologías de gestión del riesgo contemplan los procesos desde la evaluación hasta la mitigación de los peligros en las actividades operacionales,

con base en variables como severidad, probabilidad, subjetividad, entre otras, la cual debe ser realizada objetivamente o lo más posible. (OACI,2016), ya que del análisis se toman las medidas de reducción del riesgo a un nivel aceptable de operación (ICAO, 2013).

Para el desarrollo de este estudio, fue necesario realizar una comparación metodológica entre dos metodologías de gestión del riesgo de las cuales se establecieron variables críticas asignando valores numéricos y porcentuales a cada una, con el fin de evaluar la factibilidad de

cada una en once criterios destacables, calificando la efectividad de aplicación de las metodología e impacto en escenarios prospectivos, esta información se corrobora mediante grupos focales de expertos y entrevistas a personal de la FAC (Sampieri, 2018; Janesick, 1998).

La FAC (Fuerza Aeroespacial Colombiana), actualmente acoge la metodología recomendada por la OACI, la cual se basa en una matriz Alfanumérica para la evaluación de riesgos, dentro de la matriz se definen los niveles de riesgo y como resultado cada uno es clasificado y se toman medidas de mitigación en caso de ser necesarios y únicamente cuando el riesgo se encuentra en un nivel tolerable y no aceptable (MAGSO, 2020).

Sin embargo, la metodología ARMS se basada en una serie de paso a paso donde la clasificación del riesgo comienza con un ERC (*Event Risk Clasification*), este individualiza cada escenario de riesgo y analiza cada variable por medio de unas preguntas estandarizadas, con el fin de analizar que conllevo a que se materializara el escenario por medio de una hipótesis, la matriz de nivel del riesgo es numérica. (Nisula,2009), que permite un análisis cuantitativo y, tras realizar la respectiva evaluación, se alimenta su base de datos con cada ERC para hacer una revisión periódica (ARMS, 2010).

Al emplear la metodología MEYEP de comparación prospectiva E y E (Escenarios y Estrategias), aplicada desde la prospectiva según posibles escenarios futuros a mediano y largo

plazo, se compara entre ambas metodologías la usada por la FAC y recomendada por la OACI y la metodología ARMS (Balbi, 2010).



En primer lugar, la metodología OACI basa su variable de probabilidad mediante un análisis de datos por eventos, sin embargo, esta no discrimina otras variables como lo son tipo de aeronave, aeropuerto, entre otras, a diferencia de la metodología ARMS que desde el inicio al realizar el ERC toma en cuenta cada variable que hizo parte del evento, aportando una probabilidad más objetiva con base en características más exactas por evento (ARMS, 2010).

Así mismo, se puede identificar que la matriz de evaluación del riesgo OACI, al ser alfa numérica no permite la suma entre los diferentes niveles del riesgo, es decir, si existe un riesgo de nivel A2 y otro riesgo similar de nivel B4 la sumatoria de estas da como resultado AB6, sin embargo, este nivel del riesgo no existe en la matriz, la metodología ARMS al contrario, contiene una matriz de nivel de riesgo netamente

numérica, lo cual permite sumar un riesgo de nivel 2 con un riesgo de nivel 4 el cual daría como resultado un nivel 6, y este se puede incluir y evaluar en la matriz (ICAO, 2013).

Por el contrario, la metodología OACI se centra en la evaluación del riesgo y deja las medidas de mitigación a disposición del investigador según su experiencia y experticia, pero la metodología ARMS desde el primer punto en el ERC se basa en 2 preguntas (ARMS, 2010).

La primera pregunta es, si este evento se hubiera convertido en un accidente, ¿Cual habría sido el resultado más creíble?, y la segunda ¿Cuál fue la efectividad de las barreras remanentes entre el evento y el escenario de accidente más creíble?, buscando cual fue la barrera que pudo haber fallado, permitiendo así la detección temprana de posibles acciones de mitigación, eliminando o reduciendo la subjetividad del investigador brindándole más herramientas para la gestión del riesgo (ARMS, 2010).

En conclusión, la metodología ARMS, aunque no elimine la subjetividad, ayuda a la reducción de esta, ya que tiene variables cualitativas y cuantitativas que permiten, desde el primer paso, que es el ERC, individualizar los eventos y analizar las barreras que han fallado (ARMS, 2010).

De igual forma, la matriz del riesgo es ilimitada ya que puede gestionar un riesgo en cualquier nivel y por último al contar con características cualitativas y

cuantitativas aporta una herramienta adicional para el análisis de frecuencias y tendencias a problemas de seguridad que pasan desapercibidos.



Para comprobar la información dada anteriormente, se organizaron grupos focales con base en la recolección de datos por medio de entrevistas grupales, semi estructuradas en torno a una temática propuesta con personal experto en seguridad operacional, en los cuales se explicaron ambas metodologías y se verificaron sus ventajas y desventajas de cada una, determinando que el ARMS es una metodología más objetiva y que aporta múltiples herramientas a la hora de realizar un proceso de gestión de riesgos (Aignerren,2006; Beck, Bryman y Futing, 2004).

A su vez, la realización de entrevistas como herramienta de recolección de datos cualitativa destacada por ser más íntima, flexible y abierta, se aplicó a personal militar y civil en áreas de mantenimiento aeronáutico, en las cuales se realizó una introducción de cada metodología y tomando como base la experiencia y experticia de cada individuo se determinó

su elección entre cual metodología de gestión del riesgo prefiere a la hora de gestionar riesgos en los procesos que se encuentran, notando una tendencia del ARMS sobre la metodología OACI (Sampieri, 2018; Janesick, 1998).

Palabras clave: ARMS, Cualitativo, Cuantitativo, ERC, Gestión, Metodología, Riesgo, Seguridad, Subjetividad.

Comparison Between ICAO Methodology and ARMS Methodology for Aviation Risk Management

Abstract

When we talk about operational safety, we focus on operational risk management to carry out safer operations in aviation, based on rules and regulations from the aviation states to the different operating companies in each country (OACI, 2016).

Risk management methodologies contemplate the processes from the evaluation to the mitigation of the dangers found in operational activities, based on variables such as severity, probability, and subjectivity, among others, this must be carried out objectively or as much as possible since its analysis, risk reduction measures are taken to an acceptable level of operation (ICAO, 2013).

For the development of this study, it was necessary to carry out a methodological comparison between two risk management methodologies of which critical variables were established by assigning numerical and percentage values to each one, to evaluate the feasibility of each one in eleven notable criteria. Qualifying the effectiveness of application of the methodology and impact in prospective scenarios, this information was corroborated through focus groups of experts and interviews with FAC personnel (Sampieri, 2018; Janesick, 1998).

The FAC (Colombian Aerospace Force) currently follows the methodology recommended by the ICAO which is based

on a numerical Alpha matrix for risk assessment, within the matrix, they define the risk levels and as a result, each one is classified, and Mitigation measures are taken if necessary and only when the risk is at a tolerable and unacceptable level (MAGSO, 2020).

However, the ARMS methodology is based on a series of step-by-step steps where risk classification begins with an ERC (Event Risk Classification), which individualizes each risk scenario and analyzes each variable through standardized questions to analyze which led to the scenario materializing through hypotheses, its risk level matrix is numerical which allows us a quantitative analysis. Once the respective evaluation has been carried out, its database is fed with each ERC that occurred to carry out a periodic review (ARMS, 2010).

By using the MEYEP prospective comparison methodology E and E (Scenarios and Strategies), a comparison is made between both methodologies, the current one used by the FAC and recommended by the ICAO and the ARMS methodology (Balbi, 2010).

As a first point, we define that the ICAO methodology bases its probability variable on an analysis of data by events; however, it does not discriminate other variables such as type of aircraft, or airport, among others, unlike the ARMS methodology, which from the beginning to the end



Performing the ERC takes into account each variable that was part of the event, providing a more objective probability based on more exact characteristics per event (ARMS, 2010).

It can be identified that the ICAO risk evaluation matrix, being alphanumeric, does not allow the sum between its different risk levels, that is, if I have a risk of level A2 and another similar risk of level B4, the sum of these results in AB6, However, this risk level does not exist in the matrix. On the contrary, the ARMS methodology contains a purely numerical risk level matrix, allowing me to add a level 2 risk with a level 4 risk, which would give us a level 6 and can be included and evaluated in the matrix (ICAO, 2013).

The ICAO methodology only focuses on risk assessment and leaves mitigation measures available to the researcher based on their experience and expertise, however, the ARMS methodology from its first point in the ERC is based on 2 questions (ARMS, 2010).

The first question is, If this event had turned into an accident, what would have been the most credible outcome? And the second, what was the effectiveness of the remaining barriers between the event and the most credible accident scenario? looking for the barrier that may have failed, helping us to early detect possible mitigation actions and eliminating or reducing the subjectivity of the researcher, providing them with more tools for risk management (ARMS, 2010).

It is concluded that the ARMS methodology, although it does not eliminate subjectivity, contributes to its

reduction since we have qualitative and quantitative variables that allow us from the first step, which is the ERC, to individualize the events and analyze the barriers that have failed.

Likewise, its risk matrix is unlimited since it can manage risk at any level, and finally, by having qualitative and quantitative characteristics, it provides us with an additional tool for the analysis of frequencies and trends of security problems that go unnoticed.

Focus groups were carried out based on data collection in group interviews, semi-structured around a proposed theme with expert personnel in operational safety in which both methodologies were explained and the advantages and disadvantages of each were verified, determining that the ARMS is a more objective methodology that provides more tools when carrying out a risk management process (Aignerren,2006; Beck, Bryman y Futing, 2004).

Interviews were also carried out as a qualitative data collection tool, highlighted for being more intimate, flexible, and open. It was applied to military and civil personnel in areas of aeronautical maintenance, in which they were introduced to each methodology and based on experience and the expertise of everyone determined their choice between which risk management methodology they prefer when managing risks in the processes.

Key words: ARMS, Qualitative, Quantitative, ERC, Management, Methodology, Risk, Safety, Subjectivity.

Referencias

- Balbi, E. (2010). Metodología de prospectivas, método Meyep de prospectiva (Versión 3.0)
- Escobar, J y Bonilla, F. (2011). Grupos focales: Una guía conceptual y metodológica (Universidad el Bosque)
- Fuerza Aérea Colombiana, (2020). Manual de la Gestión de la Seguridad Operacional (Segunda Edición)
- Hernández, R.; Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta (Primera Edición)
- ICAO, (2013). Safety Management System, Recuperado de: [https://www.icao.int/MID/Documents/2018/Aerodrome%20SMS%20Workshop/M3-1-SMS Aerodrome Safety%20Reporting%20and%20Investigation.pdf](https://www.icao.int/MID/Documents/2018/Aerodrome%20SMS%20Workshop/M3-1-SMS%20Aerodrome%20Safety%20Reporting%20and%20Investigation.pdf)
- ICAO, (2016). Gestión de la seguridad operacional. Recuperado de: https://www.icao.int/SAM/Documents/2017-SSP-BOL/Anexo19_2daEdition_es.pdf
- The ARMS Working Group, (2007-2010). The ARMS Methodology for Operational Risk Assessment. Recuperado de: <https://skybrary.aero/sites/default/files/bookshelf/1141.pdf>

Resultados Preliminares de Estrategias para la Reducción de la Accidentalidad de la Aviación Agrícola en Colombia



Liliana Urrea Sánchez
liliana.urrea@fac.mil.co

Teniente (RA) de la Fuerza Aérea Colombiana, Navegante de Vuelo, Ingeniera mecánica egresada de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”, Colombia, Candidata a Magister en Seguridad Operacional de la Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea Colombiana, Piloto Comercial, Investigadora de Accidentes Aéreos de la Dirección Técnica de Investigación de Accidentes.

Línea de investigación: Gestión de la Seguridad Operacional

Resumen

Dentro de las actividades aéreas civiles, la aviación agrícola ha traído consigo la tecnificación y el fortalecimiento del sector de la agricultura a través del uso de aeronaves destinadas a la aspersión de cultivos, lo cual ha permitido mejorar la productividad e incrementar el desarrollo de la economía a nivel mundial (ANAC, 2021). Para Colombia, el sector agrícola es de las principales actividades

económicas, en 2021 superó los 87.4 billones de pesos colombianos, generando un incremento del 18 % respecto al año anterior, siendo la rama que más valor aportó al PIB (Statista, 2024).

A pesar de los grandes avances tecnológicos y teniendo en cuenta la diversidad de aeronaves, sus adaptaciones en diseño y el ambiente operacional en el que se desenvuelven, la

aviación agrícola sigue mostrando un alto índice de accidentalidad dentro de la categoría de aviación general (UAEAC, 2021). Por lo anterior, y según la OACI a través del Convenio de Chicago de 1944 en su Artículo 26 (OACI, 1944), los Estados miembros deben investigar accidentes aéreos como parte del proceso de seguridad operacional para establecer las circunstancias y prevenir su repetición. En consiguiente, Colombia, como Estado miembro de la OACI y de la región de Sudamérica, busca a través del Programa Estatal para la Gestión de Autoridad en Seguridad Operacional - PEGASO el monitoreo permanente y la adquisición de datos e información como estrategia de apoyo en el proceso de gestión del rendimiento de la seguridad operacional de las actividades aéreas civiles (OACI, 2017).

Según el último informe de seguridad publicado por la Aeronáutica Civil de Colombia en el año 2022, se evidenció que los más altos índices de accidentalidad entre 2012 y 2021 correspondían a la categoría de trabajos aéreos especiales y, más específicamente, a la aviación agrícola, con un valor estimado de 37.6 accidentes por 100.000 operaciones (i.e. despegues y aterrizajes), resultando de alta crítica y preocupación nacional (UAEAC, 2022a). Frente a las estadísticas de ocurrencia, se evidenció un aumento de accidentes con un promedio de 6 anuales que, para el año 2023, registró 8 accidentes en la categoría en mención (DIACC, 2024).



Ante este panorama se creó la necesidad por parte de la Autoridad de Aviación Civil junto a las empresas del sector la reducción gradual de accidentalidad como meta para el 2030 (UAEAC, 2022b). Para realizar operaciones de aviación agrícola eficientes bajo los estándares de seguridad operacional adecuados, es importante analizar la materialización de los riesgos, ya que a partir de ellos es conveniente enfocar esfuerzos para su mitigación y evitar su repetición (OACI, 2018).

Por tal motivo, el presente proyecto tiene como visión: generar estrategias que permitan fortalecer la seguridad operacional de la aviación agrícola en Colombia a partir de la caracterización de los accidentes, identificando sus tendencias a partir de causalidad, factores contribuyentes más representativos y repetitivos bajo una metodología de tipo cualitativo, de carácter descriptivo, análisis de contenido y trabajo de campo, comprendiendo la recolección de información basada en la revisión documental de fuentes primarias y secundarias para su posterior análisis (Bernal, 2006). Lo anterior, para generar un diagnóstico general que permita comprender su contexto y sirva como

contribución a las empresas del sector a reducir sus índices accidentales.

Para ello, se inició con un análisis de accidentalidad en aviación agrícola del 2011 al 2021 mediante el uso de estadística descriptiva considerando 61 accidentes. Dentro de los resultados se evidenció que el 23% de estos fueron fatales, seguido de un 16% con lesiones graves de los tripulantes, 18% lesiones leves y sin ninguna lesión el 43%. La fase de vuelo más crítica fue en la ejecución de maniobras en el área de aspersión con un registro del 52% de la accidentalidad, seguido de la fase de despegue 21% y 18% en crucero. Además, mediante un análisis de los informes de accidentes se identificaron las variables relevantes de factores operacionales, técnicos y organizacionales, donde se identificó que el 59 % de los accidentes se produjeron por pérdida de control o baja altitud, y un 33 % por fallas técnicas en especial la planta de potencia, donde la sumatoria de ambos generaron el 92 % de accidentes de la categoría en estudio.

Seguido a lo anterior, se implementó un modelo para la gestión de la seguridad operacional como lo fue el *Human Factors Analysis Classification System* HFACS (Shappell y Wiegmann, 2000), donde se realizó una caracterización de las causas y los factores contribuyentes más representativos en la accidentalidad de aviación agrícola de los 61 casos estudiados, entre los cuales se evidenció frente al nivel organizacional escasa cultura de la seguridad en un (13%). En cuanto a aspectos de supervisión y precondiciones deficiente supervisión de operaciones áreas (23%), carencia de

supervisión de trabajos de mantenimiento (30%), deficiencias en la estandarización de procedimientos (11%) y obstáculos en ruta (23%). En cuanto a los actos inseguros, se identificaron falencias en la planificación de vuelo (26%), operaciones por fuera de la envolvente de vuelo de la aeronave (21%), pérdida de conciencia situacional (21%).



Ante los resultados preliminares de la clasificación de las causas y factores contribuyentes de mayor incidencia en el análisis de accidentalidad realizado, se diseñó y aplicó un instrumento tipo cuestionario a cinco empresas de aviación agrícola en Colombia reconocidas por sus altos estándares de seguridad, logrando recopilar las mejores prácticas, procedimientos y estrategias para la gestión de seguridad operacional como insumo para elaborar una propuesta de reducción de la accidentalidad los cuales se encuentran en una etapa de análisis.

Por último, se busca consolidar los datos recopilados a partir de la información analizada referente a las recomendaciones de seguridad operacional obtenidas en los informes finales de accidentes, los resultados de los cuestionarios adelantados a las organizaciones de aviación agrícola y una

revisión bibliográfica minuciosa a nivel internacional, con el fin de ser analizados, agrupados y visualizados mediante un diagrama de afinidad (Barrio et ál., 1997).

Lo anterior, para establecer una adecuada estrategia de mitigación de riesgos que contribuya a la disminución de los índices de accidentalidad en la aviación agrícola y sea referente de consulta en la gestión de seguridad operacional tanto para la Autoridad Aeronáutica, empresas del sector y partes interesadas en este tipo de aviación, contribuyendo así al cumplimiento del tercer y cuarto componente del SMS: aseguramiento y promoción de seguridad operacional.

Como productos derivados de la investigación se realizará una presentación de los resultados en un Simposio Académico, organizado por la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana EPFAC y la elaboración del presente Paper para contribuir en las memorias del evento.

Palabras clave: Aviación agrícola, accidentalidad aérea, Gestión de la seguridad operacional, mejora continua.

Preliminary results Strategies for the Reduction of Agricultural Aviation Accident Rates in Colombia

Abstract

Within the civil aerial activities, agricultural aviation has brought technification and strengthening of the agricultural sector using aircraft for crop spraying, which has improved productivity and increased the development of the economy worldwide (ANAC, 2021). In Colombia, the agriculture sector is the main economic activity, considering in 2021 it exceeded 87.4 billion Colombian pesos and generating an increase of productivity around 18% compared to the previous year, being the branch that contributed the highest value to Colombia's GDP (Statista, 2024).

Despite the great technological advances and considering the diversity of aircraft, their design adaptations, and the operational environment in which they operate, agricultural aviation continues to show a high accident rate within the general aviation category (UAEAC, 2021). Therefore, and according to the ICAO, through the Chicago Convention of 1944 in its Article 26 (ICAO, 1944), member states must conduct air accident investigation as part of the safety process to establish the circumstances and prevent recurrence. Consequently, Colombia as a Member State of ICAO and of the South American region seeks through the *Programa Estatal para la Gestión de Autoridad en Seguridad Operacional* (PEGASO) the permanent monitoring and acquisition of data as well

as information as a support strategy in the process of safety performance management of civil aviation activities (ICAO, 2017).

According to the last safety report published by Aeronautical Civil de Colombia in 2022, it was evidenced that the highest accident rates between 2012 and 2021 corresponded to the category of special aerial works and more specifically to agricultural aviation with an estimated value of 37.6 accidents per 100,000 operations (i.e. takeoffs and landings), resulting to be of high criticality and concern at national level (UAEAC, 2022a). Additionally, it should be noted that, in terms of accident statistics, there was a frequent increase of accidents with an average of 6 per year, which, for the year 2023, recorded a total of 8 accidents in the category (DIACC, 2024).

Given this scenario, the Aeronautical Civil de Colombia, together with the companies in the sector, created the need to gradually reduce accident rates as a goal for 2030 (UAEAC, 2022b). To carry out efficient agricultural aviation operations under the appropriate safety standards, it is important to perform an analysis of the materialization of risks, since based on these it is convenient to focus efforts for their mitigation and thus avoid their repetition (ICAO, 2018). For this reason, the vision of this research is to generate strategies to strengthen the operational safety of agricultural aviation in Colombia

based on the characterization of accidents, identifying their trends from causality, the most representative and repetitive contributing factors under a qualitative methodology, descriptive in nature, content analysis and field work, including the collection of information based on the documentary review of primary and secondary sources for subsequent analysis (Bernal, 2006). The above, to generate a general diagnosis that allows knowing its context and serves as a contribution to the companies of the sector in the reduction of their accident rates.

For this purpose, the research began with an analysis of accidents in agricultural aviation in the period from 2011 to 2021 using descriptive statistics and considering the occurrence of 61 accidents. The results showed that 23% of these accidents were fatal, followed by 16% with serious injuries to crew members, 18% with minor injuries and 43% with no injuries at all. The most critical flight phase was the execution of maneuvers in the spray area with a record of 52%, followed by the takeoff phase 21% and 18% in cruise. Additionally, through an analysis of the accident reports, the most relevant variables related to operational, technical, and organizational factors were identified. During the review, it was found that 59% of the accidents were caused by loss of control or low altitude, and 33% by technical failures, especially in power plant, where the sum of both generated 92% of the accidents in the category under study.

Following the above, a model for operational safety management was implemented, such as the Human Factors

Analysis Classification System HFACS (Shappell & Wiegmann, 2000), where a characterization of the most representative causes and contributing factors in the agricultural aviation accident rate of the 61 cases studied was carried out. In 13% of all the cases, it was identified a background of poor safety culture. Also, there was evidence of deficient supervision of operations areas (23%), lack of supervision of maintenance works (30%), deficiencies in the standardization of procedures (11%), and about preconditions obstacle risk enroute was also identified in 23% of accidents. Regarding unsafe acts, deficiencies in flight planning (26%), operations outside the aircraft's flight envelope (21%) and loss of situational awareness (21%) were identified.

Given the preliminary results of the classification of the causes and contributing factors of greatest incidence in the accident analysis, a questionnaire-type instrument was designed and applied to five agricultural aviation companies in Colombia, recognized for their high safety standards, with the purpose to compile best practices, procedures and strategies for operational safety management as an input to develop a proposal to reduce the accident rate, which are in an analysis stage.

Finally, the aim is to consolidate the data obtained from the information analyzed regarding the safety recommendations obtained in the final accident reports, the results of the questionnaires received from agricultural aviation organizations and a thorough international bibliographic review, to be analyzed, grouped, and visualized using an affinity diagram (Barrio

et al., 1997). All the above, to establish an adequate risk mitigation strategy that will contribute to reduce the accident rates in agricultural aviation and can be a reference for consultation in safety management both for the Aeronautical Authority and for the aviation industry, thus contributing to compliance with the third and fourth component of the SMS: assurance and promotion of safety.

As products derived from the research, the results will be presented at an Academic Symposium organized by Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana EPFAC, and the submission of this paper will be part of the academic memories of the event.

Keywords: Agricultural aviation, air accident, safety management, continuous improvement.

Referencias

- ANAC. (2021, marzo 3). *Aviación Agrícola*. Argentina.gob.ar.
<https://www.argentina.gob.ar/anac/aviacion-general/aviacion-agricola>
- Barrio, J. F. V., Fraile, F. G., & Monzón, M. T. (1997). *Las siete nuevas herramientas para la mejora de la calidad*. FC editorial.
- Bernal, C. (2006). *Metodología de la investigación: Para administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. México: Pearson.
- DIACC. (2024). *Accidentes Dirección Técnica de Investigación de Accidentes*.
<https://www.aerocivil.gov.co/autoridad-de-la-aviacion-civil/investigacion/Pages/Accidentes.aspx>
- OACI. (1944). *Convenio sobre Aviación Civil Internacional*.
- OACI. (2017). *Plan de Seguridad Operacional de la región SAM (SAMSP)*.

OACI. (2018). *Doc 9859 Manual de Gestión de la Seguridad Operacional*. OACI.

Shappell, S. A., & Wiegmann, D. A. (2000). *The human factors analysis and classification system—HFACS*.

Statista. (2024). *Valor aportado de la agricultura, pesca, caza, silvicultura y ganadería al producto interno bruto (PIB) en Colombia de 2005 a 2021*.
<https://es.statista.com/estadisticas/1337047/valor-de-la-produccion-agricola-en-colombia/>

UAEAC. (2021). *Informe de Seguridad Operacional Colombia 1ª Edición*.

UAEAC. (2022a). *Informe de Seguridad Operacional Colombia 2ª Edición*.

UAEAC. (2022b). *Plan Colombiano de Seguridad Operacional PCSO*.

Cambio de Cultura Organizacional para Mejorar la Investigación de Accidentes en la Industria Aeronáutica: Estrategia de la Autoridad Aeronáutica



Jorge Augusto Saavedra Chacón
jorge.saavedra@fac.mil.co

Oficial de Defensa Aérea del curso 67 de oficiales de la Escuela Militar de Aviación Marco Fidel Suarez. Administrador Aeronáutico, Aspirante a Magister de Seguridad Operacional de la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aeroespacial Colombiana. Jefe de la Oficina de la Autoridad Aeronáutica de la Aviación de Estado desde diciembre de 2020.

Línea de investigación: Gestión de la Seguridad Operacional

Resumen

El reto y la responsabilidad de liderar la investigación de accidentes en los entes de Aviación de Estado (EAE) se destacan en la función específica de "Liderar la investigación de accidentes e incidentes de los EAE", como se establece en el Decreto Presidencial 2937 de 2010. Esta función implica que la Fuerza Aérea

Colombiana es responsable de investigar a fondo los accidentes e incidentes de aeronaves bajo su contexto de Autoridad Aeronáutica, para comprender las causas subyacentes y tomar medidas correctivas para prevenir la recurrencia de eventos similares en el futuro.



Por tanto, que se ha evidenciado que si bien la regulación publicada en 2017 (Autoridad Aeronáutica de Aviación de Estado, 2017), encausó y dio lineamientos al respecto, no es de total control de la Autoridad Aeronáutica de la Aviación de Estado. En los últimos 4 años el RACAE se ha armonizado y ha tenido enmiendas al respecto, actualizando los procedimientos previstos para la investigación de Accidentes en la Aviación de Estado, pero estas actualizaciones no logran cumplir el objetivo plasmado como función en el Decreto 2937 del 2010 (Ministerio de Defensa Nacional, 2010).

La importancia radica en que la seguridad operacional en la industria aeronáutica es una prioridad primordial, y la cultura de seguridad desempeña un papel crucial en la prevención de accidentes (Reason, 2000). En este contexto, la investigación de accidentes se erige como una herramienta esencial para comprender las causas subyacentes de los incidentes y tomar medidas correctivas (Anexo 13, 2020). Sin embargo, la efectividad de estas investigaciones está intrínsecamente ligada a la cultura organizacional dentro de los Entes que conforman la Aviación de Estado en Colombia (Ministerio de Defensa Nacional, 2010).

Podría suponerse que enfocarnos en la investigación de accidentes como proceso y focalización en el desarrollo de esta materia, llevaría a la Fuerza Aérea Colombiana a encontrar la forma de cumplir lo establecido en esta directriz gubernamental (Ministerio de Defensa Nacional, 2010). Pero es necesario tener que ampliar este espectro de posibilidades y profundizar en diferentes ámbitos, que de alguna manera académica y científicamente se encontraron las raíces de poder estructurar una estrategia para lograr el objetivo propuesto.

Para poder que una organización de cualquier razón social y objetivo financiero o corporativo encontrara una estrategia, el investigador debió de buscar documentación que le permitió analizar teorías de autores en referencia a tópicos en: cultura organizacional (Hofstede, 1980), cambios organizacionales (Kurt, 1947), cultura de la seguridad (Reason, 2000) pudiendo establecer la relación de estas con el tema relevante en aviación que es la Seguridad Operacional.

En el ámbito de la Cultura Organizacional, varios autores generan teorías. Edgar Schein propone dos teorías al respecto, la Teoría de los niveles de cultura organizacional, propone que la cultura organizacional tiene tres niveles: artefactos visibles y tangibles, valores compartidos y supuestos básicos subyacentes, así como la Teoría de Modelos de cultura organizacional, allí identifica diferentes tipos de culturas organizacionales, como la cultura de poder, la cultura de roles y la cultura de tareas (Schein, 2010).

Para cumplir el primer objetivo se realizó una búsqueda en bases de datos como Science Direct, Scopus Y Google académico, así como se realizó la suscripción a la herramienta literaria LitMaps. Con esta última se facilitó encontrar la relación de los diferentes tópicos, identificar los autores y teorías más representativas, así como encontrar la relación de propuestas al respecto de estrategias para lograr un objetivo específico dentro de organizaciones. Esto generó un número aproximado de 100 fuentes primarias, entre los que se destacan los siguientes autores: Edgar Schein, Geert Hofstede, Charles Handy, Cameron y Quinn, Kurt Lewin, James Reason.

De lo anterior se encontró para el diseño de la estrategia para la adecuada aplicación de la normativa aérea en los entes de aviación en Colombia impactando la industria aeronáutica al servicio del Estado las siguientes premisas:

1. Reconocimiento de la importancia de la cultura organizacional en la consecución de objetivos y el éxito organizacional.
2. Comprensión de que el cambio organizacional es necesario para adaptarse a entornos cambiantes y mejorar el desempeño.
3. Énfasis en la necesidad de una comunicación efectiva y una gestión adecuada de la información durante los procesos de cambio.
4. Reconocimiento de que la participación y el compromiso de los empleados son fundamentales para el éxito de los cambios organizacionales.

5. Importancia de identificar y abordar los factores que pueden afectar la seguridad operacional, como errores humanos, fallos de comunicación y deficiencias en los sistemas.

6. Énfasis en la prevención de accidentes mediante múltiples barreras y defensas dentro del sistema.

7. Reconocimiento de que la cultura de seguridad operacional se basa en valores compartidos, comportamientos seguros y una cultura de aprendizaje continuo.

8. Importancia de la gestión proactiva de la seguridad operacional, incluida la identificación temprana de riesgos y la implementación de medidas preventivas.



En conclusión, el desarrollo de esta investigación permitira establecer la estregia que en el mediano plazo le permita a la AAAES (Autoridad Aeronáutica de Aviación de Estado, 2017), liderar la investigación de accidentes aéreos para la aviación de estado al estandarizar y conducir estas actividades mediante la implementación de regulaciones, cumpliendo con lo establecido en el decreto 2937 de 2010. (Organización de Aviación Civil, 2020).



Palabras clave: Cultura Organizacional, Cambio Organizacional, Estrategia Organizacional, Seguridad Operacional.

Organizational Culture Change to Enhance Accident Investigation in the Aeronautical Industry: Perspective of the Aeronautical Authority

Abstract

The challenge and responsibility of leading accident investigations in the State Aviation Entities (EAE) are highlighted in the specific function of 'Leading the investigation of accidents and incidents of the EAE,' as established in Presidential Decree 2937 of 2010. This function implies that the Colombian Air Force has the primary responsibility to thoroughly investigate accidents and incidents involving aircraft under its Aerospace Authority context, to understand the underlying causes and implement corrective measures to prevent the recurrence of similar events in the future.

Safety in the aviation industry is paramount, with organizational culture playing a crucial role in accident prevention. This paper examines how organizational culture change can significantly enhance accident investigation in the aviation industry, focusing on the perspective and role of aviation authorities. It explores historical examples and current challenges in accident investigation, as well as the importance of leadership from aviation authorities in this process. Key case studies demonstrate the positive impact of cultural change on operational safety. Ultimately, the challenge and responsibility lie in ensuring thorough, impartial, and transparent investigations to contribute to operational safety and prevent future incidents.

Therefore, it has been evidenced that while the regulation published in 2017 (State Aeronautical Aviation Authority, 2017) guided and provided guidelines in this regard, it is not under total control of the State Aeronautical Aviation Authority. In the last 4 years, the RACAE has been harmonized and has had amendments in this regard, updating the procedures provided for in the investigation of Accidents in State Aviation, but these updates fail to achieve the objective outlined as a function in Decree 2937 of 2010 (Ministry of National Defense, 2010).

The importance lies in the fact that operational safety in the aeronautical industry is a primary priority, and safety culture plays a crucial role in accident prevention (Reason, 2000). In this context, accident investigation stands as an essential tool to understand the underlying causes of incidents and take corrective actions (Annex 13, 2020). However, the effectiveness of these investigations is intrinsically linked to the organizational culture within the entities that make up State Aviation in Colombia (Ministry of National Defense, 2010).

It could be assumed that focusing on accident investigation as a process and focusing on the development of this subject would lead the Colombian Air Force to find a way to comply with what is established in this governmental directive (Ministry of National Defense, 2010). But it is necessary to broaden this spectrum of possibilities and delve into different areas,

which academically and scientifically somehow found the roots to structure a strategy to achieve the proposed objective.

For an organization of any social reason and financial or corporate objective to find a strategy, the researcher had to search for documentation that allowed him to analyze theories of authors regarding topics in: organizational culture (Hofstede, 1980), organizational changes (Kurt, 1947), safety culture (Reason, 2000), being able to establish the relationship of these with the relevant aviation topic which is Operational Safety.

In the field of Organizational Culture, several authors generate theories. Edgar Schein proposes two theories in this regard, the Theory of levels of organizational culture, proposing that organizational culture has three levels: visible and tangible artifacts, shared values, and underlying basic assumptions, as well as the Theory of Models of organizational culture, identifying different types of organizational cultures, such as power culture, role culture, and task culture (Schein, 2010).

To achieve the first objective, a search was conducted in databases such as Science Direct, Scopus, and Google Scholar, as well as subscribing to the literary tool LitMaps. With the latter, it facilitated finding the relationship of the different topics, identifying the most representative authors and theories as well as finding the relationship of proposals regarding strategies to achieve a specific objective within organizations. This generated an approximate number of 100 primary sources, among which the following authors stand out: Edgar Schein, Geert

Hofstede, Charles Handy, Cameron and Quinn, Kurt Lewin, James Reason.

From the above, the following premises were found for the design of the strategy for the adequate application of air regulations in aviation entities in Colombia impacting the aeronautical industry at the service of the State:

1. Recognition of the importance of organizational culture in achieving objectives and organizational success.
2. Understanding that organizational change is necessary to adapt to changing environments and improve performance.
3. Emphasis on the need for effective communication and proper management of information during change processes.
4. Recognition that employee participation and commitment are essential for the success of organizational changes.
5. Importance of identifying and addressing factors that can affect operational safety, such as human errors, communication failures, and deficiencies in systems.
6. Emphasis on accident prevention through the implementation of multiple barriers and defenses within the system.
7. Recognition that the safety culture is based on shared values, safe behaviors, and a culture of continuous learning.
8. Importance of proactive management of operational safety, including early identification of risks and implementation of preventive measures.

In conclusion, the development of this research will allow establishing the strategy that in the medium term will

enable the AAAES (State Aeronautical Aviation Authority, 2017) to lead the investigation of air accidents for state aviation by standardizing and conducting these activities through the implementation of regulations, complying with what is established in Decree 2937 of 2010.

Keywords: organizational culture, aviation safety, accident investigation, aviation authority, aviation industry.

Referencias

Ministerio de Defensa Nacional. (17 de Octubre de 2010). Decreto 2937. Autoridad Aeronáutica de Aviación de Estado. Bogotá, Colombia: Imprenta Nacional.

H., S. E. (2010). *Organizational Culture and Leadership*. San Francisco: Jossey Bass.

Schein, E. H. (2010). *Organizational Culture and Leadership*. San Francisco: Jossey-Bass.

Hofstede, G. (1980). *Culture's Consequences: International Differences in Work-Related Values*. Beverly Hills: Sage Publications.

Kurt, L. (1947). Frontiers in group dynamics: Concept, method and reality in social science; social equilibria and social change. *Human Relations*, 5-41.

Reason, J. (2000). Human Error: Models and Management. *British Medical Journal*, 320-768.

Autoridad Aeronáutica de Aviación de Estado. (15 de agosto de 2017). Reglamento Aeronáutico de la Aviación de Estado. RACAE. Bogotá, Colombia: Diario Oficial.

Organización de Aviación Civil. (5 de Noviembre de 2020). Anexo 13. *Investigación de Accidentes e*

Incidentes de Aviación. Montreal, Canadá: ICAO Library.