



**ESCUELA DE  
POSTGRADOS**  
FUERZA AÉREA COLOMBIANA

VIGILADA MINEDUCACIÓN

ISSN: 2711 – 1075  
(En línea)



# TERCER COLOQUIO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA

**21 de mayo de 2020 - 14:00 horas**



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

**III COLOQUIO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA  
MAESTRÍA EN SEGURIDAD OPERACIONAL  
MAESO**

**MEMORIAS**

Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea  
Colombiana FAC  
Edificio de Aulas José Edmundo Sandoval

21 de mayo de 2020



# MEMORIAS

## III COLOQUIO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA

### MAESTRÍA EN SEGURIDAD OPERACIONAL

#### MAESO

#### EDITOR

Jean Paul Giraldo Moncada

Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana

Maestría en Seguridad Operacional MAESO

Segunda edición. Mayo de 2020. Bogotá, Colombia.

Periodicidad. Anual

#### Comité Académico y Revisor.

Bryan Felipe Ramírez Segura

Leidy Echeverry Reina

Leidy Gabriela Ariza Ariza

Edición No. 02

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.

Equipo Organizador:

**Grupo de investigación Celso: Cultura, educación y liderazgo en Seguridad Operacional**

Código Colciencias No. COL0198845

Programa nacional de CyT. Ciencia, Tecnología e innovación en Seguridad y Defensa.

Líneas de investigación: Factores Humanos, Gestión de la Seguridad Operacional e

Investigación de Accidentes.



[www.epfac.edu.co](http://www.epfac.edu.co)

## III COLOQUIO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA MAESO

### Objetivo General

Dar a conocer los avances de proyectos de investigación de la Maestría en Seguridad Operacional a la comunidad académica, aeronáutica y en general en modalidad de posters de investigación.

### Finalidades

- Presentar a los participantes y evaluadores los avances de los proyectos de investigación que se encuentran realizando los estudiantes de cuarto semestre de la Cohorte IV de la Maestría.
- Proponer a los expositores un análisis objetivo y de acciones de mejora con el ánimo de fortalecer su trabajo de grado.

### Presentación de Comunicaciones Orales

1. Programa de entrenamiento para pilotos y tripulantes de la FAC para enfrentar de manera efectiva las emergencias que requieran el accionamiento del sistema de eyección. My(Ra). Saavedra Martínez Luis Alberto
2. Competencias distintivas en el nivel gerencial de la seguridad operacional de la Fuerza Aérea Colombiana. My. Celis Medina Cesar Oswaldo
3. Evaluación de los Riesgos Potenciales presentes en la Antártida para efectuar Misiones Análogas Espaciales Colombianas. Ct. Cruz Godoy Ana Beatriz
4. Frecuencia de fatiga en controladores de tránsito aéreo de la Fuerza Aérea Colombiana. T2. Fernández de la Rosa Farith Enrique
5. Caracterización de la afectación del rendimiento de instrucción primaria por fatiga en los alumnos de vuelo de la Escuela de Militar de Aviación Marco Fidel Suarez. My. Herrera Ibagos Carlos Andrés.
6. Factores motivacionales de los pilotos de ala rotatoria de la FAC que afectan la seguridad operacional como insumo para la definición de acciones correctivas. Ct. Jiménez Gaona Javier



7. Propuesta del Protocolo para la Certificación de tipo de Aeronaves no Tripuladas Fabricadas por la Industria Aeronáutica Militar Colombiana. My. Pérez Sosa Fausto Albeiro
8. Peligros de la Operación Aérea en la Antártida para garantizar la Seguridad Operacional de la Fuerza Aérea Colombiana. My. Tabáres Gómez William Andrés
9. Escenarios simulados para entrenar y evaluar habilidades no técnicas en los pilotos de la Fuerza Aérea Colombiana. Ct. Ruíz Pineda Paul Francisco
10. Tipificar un sistema de evaluación y control eficiente de gestión operacional ajustado a SATENA para fortalecer la operación y la seguridad aérea de la compañía. Tc. Romero Toro Jeekson Martín
11. Metodología de innovación “Design Thinking”, en los Servicios de Control de Tránsito Aéreo del Comando Aéreo de Combate No. 7. T2. Rodríguez Clavijo Gustavo Adolfo.
12. Programa de instrucción en factores humanos para mantenimiento (MXHF), dirigido al personal que labora en el área de mantenimiento aeronáutico de la FAC para fortalecer la seguridad operacional. My. Rincón Barrera Rafael Andrés



## Tabla de contenido

<u>EDITORIAL</u> .....	2
<u>PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO PARA PILOTOS Y TRIPULANTES DE LA FAC PARA ENFRENTAR DE MANERA EFECTIVA LAS EMERGENCIAS QUE REQUIERAN EL ACCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE EYECCIÓN</u> .....	7
<u>COMPETENCIAS DISTINTIVAS EN EL NIVEL GERENCIAL DE LA SEGURIDAD OPERACIONAL DE LA FUERZA AÉREA COLOMBIANA</u> .....	17
<u>EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS POTENCIALES PRESENTES EN LA ANTÁRTIDA PARA EFECTUAR MISIONES ANÁLOGAS ESPACIALES COLOMBIANAS</u> .....	22
<u>CARACTERIZACIÓN DE LA AFECTACIÓN DEL RENDIMIENTO DE INSTRUCCIÓN PRIMARIA POR FATIGA EN LOS ALUMNOS DE VUELO DE LA ESCUELA DE MILITAR DE AVIACIÓN MARCO FIDEL SUAREZ</u> .....	40
<u>ABSTRACT</u> .....	46
<u>FACTORES MOTIVACIONALES DE LOS PILOTOS DE ALA ROTATORIA DE LA FAC QUE AFECTAN LA SEGURIDAD OPERACIONAL COMO INSUMO PARA LA DEFINICIÓN DE ACCIONES CORRECTIVAS</u> .....	50
<u>PROPUESTA DEL PROTOCOLO PARA LA CERTIFICACIÓN DE TIPO DE AERONAVES NO TRIPULADAS FABRICADAS POR LA INDUSTRIA AERONÁUTICA MILITAR COLOMBIANA</u> ..	56
<u>PROPOSAL FOR THE PROTOCOL FOR THE CERTIFICATION OF TYPE OF UNMANNED AIRCRAFT MADE BY THE COLOMBIAN MILITARY AERONAUTICAL INDUSTRY</u> .....	56
<u>PELIGROS DE LA OPERACIÓN AÉREA EN LA ANTÁRTIDA PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD OPERACIONAL DE LA FUERZA AÉREA COLOMBIANA</u> .....	71
<u>ESCENARIOS SIMULADOS PARA ENTRENAR Y EVALUAR HABILIDADES NO TÉCNICAS EN LOS PILOTOS DE LA FUERZA AÉREA COLOMBIANA</u> .....	75
<u>TIPIFICAR UN SISTEMA DE EVALUACIÓN Y CONTROL EFICIENTE DE GESTIÓN OPERACIONAL AJUSTADO A SATENA PARA FORTALECER LA OPERACIÓN Y LA SEGURIDAD AÉREA DE LA COMPAÑÍA</u> .....	85
<u>METODOLOGÍA DE INNOVACIÓN “DESIGN THINKING”, EN LOS SERVICIOS DE CONTROL DE TRÁNSITO AÉREO DEL COMANDO AÉREO DE COMBATE NO. 7</u> .....	95
<u>PROGRAMA DE INSTRUCCIÓN EN FACTORES HUMANOS PARA MANTENIMIENTO (MXHF), DIRIGIDO AL PERSONAL QUE LABORA EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO AERONÁUTICO DE LA FAC PARA FORTALECER LA SEGURIDAD OPERACIONAL</u> .....	103

# **LA INVESTIGACIÓN FORMATIVA EN LA MAESTRIA EN SEGURIDAD OPERACIONAL**

**Jean Paul Giraldo Moncada**  
Director de la Maestría en Seguridad Operacional MAESO

## **EDITORIAL**

La Maestría en Seguridad Operacional por segunda vez consecutiva, emite las memorias del tercer coloquio de investigación formativa, una actividad que se ha vuelto emblemática para los estudiantes que cursan su cuarto semestre académico, porque es el escenario que les permite exponer sus trabajos de grado ante una comunidad académica diversa y también, porque tienen la posibilidad de medirse en cuanto a discurso y argumentación, posibilitando a los maestrantes proyectarse para participar en eventos educativos como ponentes.

El contexto del coloquio de este año lo cambió la situación de salubridad por la aparición del COVID-19, una contingencia que hizo a la academia adaptarse rápidamente a los medios tecnológicos para propiciar aulas virtuales y garantizar la continuidad de la oferta educativa, en este caso el programa postgradual de Seguridad Operacional.

En ese orden de ideas, el coloquio se hizo a través de webinar utilizando la plataforma Blackboard, una estrategia masiva que permitió a publico externo de la Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana (EPFAC), conectarse y participar activamente de ese evento investigativo, que además de facilitar el acceso a una audiencia diferente a la institucional, también permitió dejar la grabación del evento que se puede hallar en los medios web dispuestos por la EPFAC.

Se espera este documento académico sea de su agrado e interés por indagar más sobre la seguridad operacional en el ámbito aeronáutico y espacial.

Finalmente, así como los cantantes deben su éxito a sus fans, en esta oportunidad la Maestría debe su razón de ser a sus estudiantes. Por ello y con nostalgia, se hace un homenaje póstumo a la Mayor Diana Milena Vásquez López, quien ejercía como psicóloga en la Fuerza Aérea Colombiana y estaba realizando la Maestría en Seguridad Operacional. Con su partida deja un vacío enorme pero también deja un sendero de gratos recuerdos, al mostrarse siempre perseverante, comprometida, dispuesta siempre ayudar a los demás y, sobre todo, ante cualquier circunstancia no dejaba de expresar una gran sonrisa (Q.D.E.P).



**PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO PARA PILOTOS Y TRIPULANTES DE LA  
FAC PARA ENFRENTAR DE MANERA EFECTIVA LAS EMERGENCIAS QUE  
REQUIERAN EL ACCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE EYECCIÓN**

**TRAINING PROGRAM DESIGN FOR COLAF PILOTS AND CREWS TO  
EFFECTIVELY FACE THE EMERGENCIAS THAT REQUIRE OPERATION OF  
THE EJECTION SYSTEM**

SAAVEDRA M. LUIS ALBERTO<sup>1</sup>  
Fuerza Aérea – Colombia

## Resumen

Las aeronaves con sistemas de eyección proveen a las tripulaciones que las operan una oportunidad adicional cuando ya no es posible continuar un vuelo de manera segura. No obstante, su empleo incorpora múltiples factores físicos, psicológicos y medio ambientales que lo hacen un procedimiento complejo y riesgoso para la vida humana. Con el fin de aumentar las probabilidades de supervivencia, fabricantes y operadores a nivel mundial han reformado los sistemas a nivel tecnológico, mejorando sus características, fiabilidad y facilidad en su empleo. Así mismo se han implementado en otros países, modelos de entrenamiento para capacitar a las tripulaciones para su empleo efectivo.

Para el caso de estudio, la Fuerza Aérea Colombiana posee varios tipos de aeronaves con sistemas de escape, pero no tiene estructurado un modelo de

---

<sup>1</sup> Administrador Aeronáutico – Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suarez”. Estudiante Maestría en Seguridad Operacional – Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana. Colombia – Bogotá. Oficial de la Reserva activa, Piloto. [Pilcomt27@hotmail.com](mailto:Pilcomt27@hotmail.com)



entrenamiento, generando así, la necesidad de investigar al respecto, estableciendo como interrogante inicial: ¿cómo diseñar un programa de entrenamiento en eyección dirigido a sus tripulaciones, que permita enfrentar de manera efectiva las emergencias que requieran el accionamiento del sistema de eyección?

El objetivo es diseñar un modelo de entrenamiento que satisfaga las necesidades institucionales en torno a la preparación de las tripulaciones para la ejecución segura de una eyección, teniendo en cuenta que su aplicación está orientada a fortalecer el programa de medicina aeroespacial actualmente impartido.

Para esto se planteó el desarrollo de una investigación cuali-cuantitativa que inició con una exhaustiva revisión teórica del conocimiento existente en términos de desempeño humano frente a la eyección, encontrando sustento científico suficiente en factores humanos (área objeto de investigación). Se eligieron tres países (Estados Unidos, Reino Unido y Australia) referentes en términos de desarrollo de sistemas de eyección e investigación sobre la interacción del hombre-máquina, analizándose los modelos de entrenamiento de. Se encontró una constante importante, la cual es que todos hacen parte de un macro programa de entrenamiento en medicina aeroespacial, emitidos y controlados por las respectivas autoridades en medicina aeroespacial de estos países y brindado de acuerdo a necesidades a los diferentes escuadrones que los requieren. Conjuntamente, se halló similitud en la obligatoriedad del entrenamiento antes de iniciar operaciones en aeronaves con sillas de eyección y una recurrencia diferente en periodos entre los modelos analizados, pero igualmente obligatoria.

Un aspecto importante en el análisis realizado, es la evaluación de la complejidad de los modelos de entrenamiento estudiados, y si estos a su vez abarcan las 5 grandes áreas que demarcan la relación del individuo con su entorno (como lo planteado en el modelo Shell). Ahí se obtuvo que salvo algunas excepciones los modelos poseen debilidades en temas como la instrucción en física de la eyección, o el conocimiento específico que se debe manejar en sistemas de eyección de tripulaciones múltiples. En una menor medida, hay modelos como el establecido por el “*Single Service Medicine Aviation*” de Australia, que no contempla el uso obligatorio de simuladores, pero si establecen

prácticas en dispositivos físicos como réplicas de las sillas, ejercicios de abandono de cabina entre otros.

La metodología subsiguiente en la investigación tiene tres fases. La primera es realizar la caracterización de los eventos de eyección ocurridos entre el año 1998 y 2019, por medio de un algoritmo diseñado por el doctor John E. Miles en el 2015 en el estudio "*Factors associated with delayed ejection in mishaps between 1993 and 2013*", desarrollado para la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, con el fin de encontrar relaciones entre las eyecciones y factores asociados a la toma de decisiones durante las mismas.

La segunda fase es la realización de una medición al nivel de conocimiento en tres áreas diferentes a los pilotos de los escuadrones de la Fuerza Aérea Colombiana, para lo cual se diseñó una prueba teórico-práctica, que se aplicará a una población de 87 tripulantes. En ella se evaluarán los niveles de comprensión de: física de la eyección, factores humanos (fisiología y psicología) y el conocimiento técnico del sistema de escape que en la actualidad estén operando.

Posteriormente, se espera que el resultado de esta medición muestre las fortalezas y/o debilidades actuales del proceso de capacitación para la eyección. Las relaciones encontradas en los datos que arrojen las pruebas, combinadas con el estudio de los modelos previamente mencionados, será concatenado en la propuesta de un modelo de entrenamiento adaptado a las necesidades de la FAC, con áreas foco de refuerzo, que apuntan a potencializar las competencias del individuo en torno a las 5 áreas del modelo Shell, completando así la última fase del proyecto.

Con lo anterior, se pretende dar solución a una necesidad que tiene la institución, a la vez que se fortalece el Centro de Medicina Aeroespacial CEMAE, en lo que respecta a capacidades del programa de medicina aeroespacial, que ya comparte elementos con los programas estudiados, como los son: el curso de desorientación espacial, curso de cámara de altura y el curso de visión nocturna entre otros.

Por último, al incorporar la capacidad de dictar estos cursos a las tripulaciones de manera centralizada y como pre requisito para operar en los diferentes Escuadrones de



Combate, se hace un aporte a la Seguridad Operacional en un área que no se había desarrollado en Colombia.

**Palabras clave:** Factores humanos, sistemas de eyección, entrenamiento, medicina aeroespacial.

## Abstract

Aircraft with ejection systems provide crews operating them with an additional opportunity when it is no longer possible to continue a safe flight. However, its use incorporates multiple physical, psychological, and environmental factors that make it a complex and risky procedure for human life. To increase the chances of survival, manufacturers and operators worldwide have reformed the systems at a technological level, enhancing their characteristics, reliability, and ease of use. Likewise, training models have been implemented in other countries to train crews for their effective use.

For this study case, the Colombian Air Force COLAF has several types of aircraft with escape systems, but it does not have a structured training model, thus generating the need to investigate in this regard. In this sense establishing as an initial question: how to design an Ejection training program for the crews, allowing them to effectively face emergencies that require the activation of the escape system?

The objective is to design a training model that fulfills the institutional needs surrounding the preparation of crews for the safe execution of an ejection, bearing in mind that its application aim at the current aerospace medicine program strengthening.

For the purpose, the development of qualitative-quantitative research was proposed to begin with an exhaustive theoretical review of the existing knowledge in terms of human performance, finding sufficient scientific support in human factors (area under investigation). In this way, three reference countries were chosen for its trajectory in ejection systems development and research on the human-machine interaction. Thus, the training models analysis of the United States, the United Kingdom, and Australia was carried out. As result, an important constant was found, which is, all they are part of a macro aerospace



medicine training program, issued and controlled by the respective aerospace medicine authorities of their respective countries and provided according to the needs of the different squadron that require them. The training was found as mandatory before starting operations on aircraft with ejection systems and a different recurrence in periods between the analyzed models, but equally mandatory.

An important aspect in the carried out analysis is the evaluation of the complexity of the studied training models, and whether these, in turn, cover the 5 major areas that encompass the relationship of the individual with his environment (as stated in the Shell model). There it was found that with some exceptions the models have weaknesses in subjects such as ejection physics instruction, or the specific knowledge that must be handled in multiple crew ejection systems. To a lesser extent, there are models such as the one established by the "Single Service Medicine Aviation" of Australia, which does not contemplate the mandatory use of simulators but does establish practices in physical devices such as replicas of the systems, cabin escape exercises, among others.

The subsequent research methodology has three phases. The first is to characterize the ejection events that occurred between 1998 and 2019, using an algorithm designed by Dr. John E. Miles in 2015 in the investigation "Factors associated with delayed ejection in mishaps between 1993 and 2013 ", Developed for the United States Air Force, to find relationships between ejections and factors associated with decision-making during them.

The second phase is the measurement of the COLAF pilots level of knowledge in three different areas. To do so, a theoretical-practical test was designed. It will be applied to a population of 87 crew. In it, the levels of understanding of ejection physics, human factors (physiology and psychology), and the technical knowledge of the exhaust system that are currently operating will be evaluated.

Subsequently, the result of this measurement is expected to show the current strengths and/or weaknesses of the ejection training process. The relationships found in the data provided by the tests, combined with the study of the aforesaid models, will be linked in the proposal of a training model adapted to the needs of the FAC, with focus areas of reinforcement, aiming to potentiate the competences of the individual around the 5 areas of the Shell model, thus completing the last phase of the project.

With the above-mentioned, it is intended to provide a solution to an institutional need while strengthening the Aerospace Medicine Center CEMAE, concerning the capabilities of the aerospace medicine program, which already shares elements with the programs studied, such as the course of spatial disorientation, the hypobaric chamber course, the night vision course, among others.

Finally, by incorporating the ability to provide these courses to crews in a centralized manner and as a prerequisite for operating in the different Combat Squadrons, a contribution is made to Operational Safety in an area that had not been developed in Colombia.

**Keywords:** Human factors, ejection systems, training, aerospace medicine.

## Referencias Bibliograficas

- Carey, C. (2005). A Brief History Of The Development Of Western Aircraft Ejection Seat Systems. 30-31. Retrieved Mayo 18, 2019, from [https://www.academia.edu/11961151/A\\_BRIEF\\_HISTORY\\_OF\\_THE\\_DEVELOPMENT\\_OF\\_WESTERN\\_AIRCRAFT\\_EJECTION\\_SEAT\\_SYSTEMS](https://www.academia.edu/11961151/A_BRIEF_HISTORY_OF_THE_DEVELOPMENT_OF_WESTERN_AIRCRAFT_EJECTION_SEAT_SYSTEMS)
- Chauvin, C., & Al, E. (2009). Impact of training programs on decision-making and situation awareness of trainee watch officers. *Safety Science*, 47, 1222-1231. Francia. doi:10.1016/j.ssci.2009.03.008
- Civil Aviation Safety. (2015). AVIATION MEDICINE TRAINING. 20.
- Crestwell, J. W. (2009). Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Approaches.
- Damon, A., Lessley, D., Salsar, R., Bass, C., Shen, F., Paskoff, G., & Shender, B. (2010). Kinematic Response of the Spine During Simulated. (C. f. of, Ed.) *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 81(5), 450-458. doi:10.3357/ASEM.2688.2010
- Daudin, M., Virginie, L., Sabine, C., Colas, M.-D., Renard, M.-D., & Chollet, S. (2013, August). Ejection in Hostile Environments: Medico-Psychological Aspects for the Fighter Pilot. (M. A. Hospital, Ed.) *Aviat Space Environ Med*, 84(8), 856-858. doi:10.3357/ASEM.3596.2013
- De Carlo, I. (2014). It Ain't Easy!: Training a Canadian Fighter Pilot. *The Royal Canadian Air Force Journal*, 3, 20.



- Djurdjevic, S., Radovan, C., Karkalic, R., Dalibor, J., Randjelovic, D., Pavlovic, M., & Pejovic, J. (2014). Ejection experience in Serbian Air Force, 1990–2010. (S. A. Institut of Aviation Medicine, Ed.) *Vojnosanit Pregl*, 71(6), 531–533. doi:10.2298/VSP130517044P
- FAA. (2015, Febrero 2). National Policy: Airworthiness Certification of Products and Articles. 4-73. Estados Unidos: U.S. Department of Transportation. Retrieved 2018
- FAC. (2018). *Plan Estratégico Institucional 2018-2030*. Bogotá: Fuerza Aerea Colombiana.
- Fowlie, D., & Aveline, M. (1985). The emotional consequences of ejection, rescue, and rehabilitation in Royal Air Force aircrew. (R. C. Psychiatrist, Ed.) *The British Journal of Psychiatry*, 146, 609-613. doi:10.1192/bjp.146.6.609
- Goodman. (1998). Factors affecting the decision to eject. *Flying Safety. SAFE association annual symposium*, 12.
- Hernández, S. R. (2014). Metodología de la Investigación. doi:https://doi.org/- ISBN 978-92-75-32913-9
- Jaimes G., S. (2007). *INSTRUCCIÓN Y ENTRENAMIENTO EN EL PROCEDIMIENTO DE EYECCIÓN DE AERONAVES DE COMBATE DE ALTO RENDIMIENTO EN LA FUERZA AÉREA COLOMBIANA*. Tesis de Grado , Fuerza Aerea Colombiana, Bogota.
- KOONCE, J. M. (1984). A Brief History of Aviation Psychology. (T. H. Society, Ed.) *HUMAN FACTORS*, 26(5), 499.
- Larson, G., & Hayward, B. (1990). Appraisal and Coping Processes Immediately Before Ejection: A Study of Australian and Swedish Pilots. *Military Psychology*, 22, 63-78. doi:10.1207/s15327876mp0202\_1
- Latham, F. (1957, January 28). A Study in Body Ballistics: Seat Ejection. *Proceedings of the Royal Society of London*, B(147), 121-139.
- Lowry, M. A., Mellen, P. F., & Weedn, P. W. (1994, Septiembre). Ejection Seat Aircraft Fatalities in the United. (JFSCA, Ed.) *Journal of Forensic Sciences*, 39(5), 1153-1160. doi:10.1520/JFS13699J
- MAA. (2000). FLY 2000 SERIES. *Regulacion*. Reino Unido.
- Martin Baker. (1982). *FM 55-43*. Washington, EEUU: Headquarters Department of the Army.
- Martin Baker. (2018). *Martin Baker Co*. Retrieved from <http://martin-baker.com/about/timeline/>



- Milles, J. E. (2015, September). Factors Associated with Delayed Ejection in Mishaps. *AEROSPACE MEDICINE AND HUMAN PERFORMANCE*, 86(9), 774-781. Retrieved Diciembre 2018
- Nakamura, A. (2007). Ejection experience 1956–2004 in Japan: an epidemiological study. Japan: Aerospace Medical Association.
- Newman, D. G. (1993). *The early development of the ejection seat*. Australian Profession of Arms.
- Newman, D. G. (2013). Survival outcomes in low-level ejections from high performance aircraft. *Aviation Space and Environmental Medicine*, 86, 1061-1065.
- Newman, D. G. (2014). *Flying Fast Jets: Human Factors and Performance Limitations*. Dorchester, United Kingdom: Chapman and Hall/CRC.
- Pfeifer, J. W., & Merlo, J. L. (2011). The Decisive Moment The Science of Decision. In P. J. Sweeney, M. D. Matthews, & P. B. Lester, *Leadership in Dangerous Situations: A Handbook for the Armed Forces, Emergency Services, and First Responders*. (pp. 230-248). EEUU: Naval Institute Press. Retrieved Agosto 28, 2019, from <http://digitalcommons.unl.edu/usarmyresearch>
- Smithsoniano, M. (2018). *Smithsonian Museum*. Retrieved from <https://airandspace.si.edu/collection-objects/heinkel-he-219-2r4-uhu-eagle-owl>
- Sturgeon, W. R. (1988). *Ejection System and Human Factor*. (D. O. Canada, Ed.) Ontario, Canada: Defence and Civil Institute of Environmental Medicine.
- Svensson, E., SVENSSON, E., ANGELBORG, M., SJO È BERG, L., OLSSON, S., Angelborg, M., . . . Olsson, S. (2010, Noviembre 9). Information complexity - Mental workload and performance in combat aircraft. *40(3)*, 362-380. doi:10.1080/001401397188206
- USAF 456th Sq, F. I. (2001, July 1). *456fis.org*. (4. org, Editor, R. Justus, Producer, & F-106 Delta Dart Association) Retrieved from <http://www.456fis.org/>
- Verma, S. (2011). Windblast Testing. (D. o. Force, Ed.) *Ind J Aerospace Med*, 55(2), 45-52. Retrieved Mayo 18, 2019, from <http://medind.nic.in/iab/t11/i2/iabt11i2p45.pdf>
- Wiley, L., Brown, R., & MacMillan, R. (2016). Ejection Safety for Advanced Fighter Helmets. (A. Laboratory, Ed.) *SPIE*, 2465, 194-202. Retrieved from <http://proceedings.spiedigitallibrary.org>
- ZVEZDA. (2018, June 1). *ZVEZDA*. Retrieved September 16, 2018, from <http://www.zvezda-npp.ru/en/node/444>

**COMPETENCIAS DISTINTIVAS EN EL NIVEL GERENCIAL DE LA SEGURIDAD OPERACIONAL DE LA FUERZA AÉREA COLOMBIANA.**

**DISTINCTIVE COMPETENCES AT THE MANAGEMENT LEVEL OF THE OPERATIONAL SAFETY OF THE COLOMBIAN AIR FORCE.**

MY. CELIS MEDINA, CESAR O <sup>2</sup>  
Fuerza Aérea – Colombia

**Resumen**

La Fuerza Aérea Colombiana enfrenta el reto constante de mantener o superar los más altos estándares de seguridad operacional S.O, (DOCUMENTO 9859 SMS, 2018) en el contexto nacional e internacional de la aviación civil y militar que le permitan adelantar todos sus procesos en un marco de calidad y como en todo proceso estratégico se le otorga su respectiva transcendencia, en este orden de ideas, el nivel gerencial de la Seguridad Operacional de la FAC no podría ser ajena a este desafío. Entendiendo la importancia de calificar las capacidades de los diferentes individuos que ocupan cargos de nivel directivo dentro de una organización, se nos brinda la oportunidad de realizar una investigación direccionada a identificar las competencias distintivas que requiere tal cargo de Director de Seguridad de la FAC y que además yacen como al plan de carrera como requisito propio de competitividad de la organización.

La industria de la aviación internacional, en búsqueda de alcanzar los niveles de rendimientos de seguridad operacional esperados y contraviniendo los peligros y riesgos a que se ven expuestos en la operación diaria, durante los últimos años ha generado estrategias documentadas, basadas en diferentes aspectos; entre ellas el desarrollo de las

---

<sup>2</sup> Administrador Aeronáutico, Escuela Militar de Aviación, 2002, Oficial de Seguridad Operacional, Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana, 2008, Search and Rescue Coordinator, Inter American Forces Academy, 2012, Maestrando en Seguridad Operacional, Escuela de Postgrados de la Fuerza Aérea Colombiana (actual), Maestrando en Estrategia y Geopolítica, Escuela Superior de Guerra “General Rafael Reyes Prieto” cesarcelis75@gmail.com



competencias. No obstante, el esfuerzo que realiza la industria no es, ni será suficiente a futuro para eliminar de manera definitiva los peligros a los que se expone; sin embargo, no se debe dejar pasar la historia sin hacer un esfuerzo mayor. Por lo anterior, la presente investigación se enfocará en el estudio de las competencias distintivas que nos ofrece la industria aeronáutica a nivel nacional e internacional en los perfiles profesionales del personal que se desempeñan en los cargos de nivel gerencial de la dirección de la seguridad operacional en la FAC.

En concordancia con lo anterior, la Organización de Aviación Internacional (OACI) en su Manual de Gestión de la Seguridad Operacional (SMS) documento 9859 correspondiente al año 2018 cuarta edición, bajo el modelo SHELL, precisa elementos que afectan la actuación individual los cuales son: factores físicos, psicológicos, fisiológicos y psicosociales (OACI, 2013, p.53), siendo este el organismo el referente que brinda la oportunidad de mejora a la estructura de un perfil profesional existente, que con certeza puede ser mayormente eficiente en el cumplimiento de las actividades que desarrolla el personal del nivel gerencial de la Seguridad Operacional de la Fuerza Aérea Colombiana.

En ese orden de ideas, Área de Seguridad Operacional de la FAC, señala como punto de partida para la presente investigación la oportunidad de mejora en pro del cumplimiento de las metas propuestas, el diseño del compendio de las competencias distintivas, que serán relevante para el desempeño del capital humano en esta disciplina.

En virtud de que se evidencia la ausencia de un compendio que incorpore las competencias distintivas relacionadas con el nivel gerencial de la seguridad operacional y en el entendido que la creación de este nos puede presentar una respuesta a las oportunidades anteriormente descritas, se formula la siguiente pregunta: ¿Cómo caracterizar las competencias distintivas en el personal de la Fuerza Aérea Colombiana que se desempeña en el nivel gerencial de la seguridad operacional? Basada la investigación en resolver la pregunta anterior se establece que el resultado final esperado de la misma consistirá en caracterizar las competencias distintivas del personal de la Fuerza Aérea Colombiana que se desempeña en el nivel gerencial de la seguridad operacional.

El presente trabajo de investigación está enmarcado desde el enfoque descriptivo, el cual utiliza la recolección y análisis de datos para afinar las preguntas de investigación o



revelar nuevos interrogantes en el proceso de interpretación. La acción indagatoria de este paradigma se desarrolla de manera dinámica: trabaja tanto los hechos como su correspondiente interpretación (Hernández, Fernández & Baptista, 2014). Por tanto, este enfoque se adecúa claramente con el propósito principal de este proyecto el cual está dirigido a establecer las competencias distintivas del personal de la Fuerza Aérea Colombiana que se desempeña en el nivel gerencial de la seguridad operacional, éste integra la recolección y posterior análisis de los datos para así llegar a algunas deducciones logrando un mayor entendimiento del fenómeno estudio.

El presente proyecto se concibe desde su naturaleza cualitativa; según Tamayo y Tamayo (1999, p.46) este tipo de investigación interpreta una realidad, haciendo una descripción, registro, análisis e interpretación de un fenómeno que en este caso son las competencias distintivas del personal de la Fuerza Aérea Colombiana que se desempeñan en el nivel gerencial de la seguridad operacional.

Se pretende realizar la obtención y medición de información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables fundamentales para el estudio, especificando las propiedades importantes de personas, procesos, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis; el tema de competencias laborales en el ámbito militar no ha sido abordado con amplitud y profundidad por investigadores; lo que propone un reto en el desarrollo de este.

Así mismo, para lograr establecer las competencias laborales distintivas del personal de la FAC que se desempeña en el nivel gerencial de la seguridad operacional, en primera instancia se debe identificar y diagnosticar las variables objeto de esta investigación correspondientes a los lineamientos y políticas que regulan los perfiles de los cargos del área de seguridad operacional a nivel nacional de la aviación. Actualmente se encuentran en estructuración los instrumentos de medición para su posterior aplicación, tabulación y respectivo análisis para generar las conclusiones del proyecto de investigación.

**Palabras claves:** Competencias Distintivas, Competitividad, Nivel Gerencial, Proceso Estratégico, Director Seguridad Operacional.



## Referencias Bibliográficas

- Alles., M. (2005). *Desempeño por competencias. Evaluación de 360°*. Buenos Aires: Ediciones Granica S.A.
- Alles., M. A. (s.f.). *Dirección estratégica de recursos humanos*. Buenos Aires: Universisas Adolfo Ibañez.
- Corbin, J. A. (s.f.). *La teoría de la personalidad de Abraham Maslow*. Obtenido de *Psicología y Mente*: <https://psicologiaymente.com/personalidad/teoria-personalidad-abraham-maslow>
- Chiavenato, I. (1999). *Administración de Recursos Humanos*. (M. G. Hill, Ed.) Costa Rica: 5. Obtenido de <http://www.ucipfg.com/Repositorio/MAES/MAES-08/UNIDADES->
- FAC. (2020). *Plan Estratégico de Seguridad Aérea 2020-2042*. 2020, 1, primera. (F. A. Colombiana, Ed.) Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Fuerza Aerea Colombiana. Recuperado el 20 de Abril de 2020
- García-Allen, J. (s.f.). *Pirámide de Maslow: la jerarquía de las necesidades humanas*. Obtenido de *Psicología y Mente*: <https://psicologiaymente.com/psicologia/piramide-de-maslow>
- Hernandez Arenas , R. E. (2003). *Capacidades Requeridas por competencias*. Bogotá : Universidad del Bosque.
- Hernandez Sampieri Roberto, F. -C. (2006). *Metodología de la Investigación*. Mexico D.F.: Mc Graw Hill.
- Organization, I. C. (2018). *Safety Management Manual, fourth edition*. Montreal: ISBN 978-92-9258-552-5.
- Tuning America Latina. (2014). *Bilbao: Universidad Deusto*.

***EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS POTENCIALES PRESENTES EN LA  
ANTÁRTIDA PARA EFECTUAR MISIONES ANÁLOGAS ESPACIALES  
COLOMBIANAS***

***EVALUATION OF THE POTENTIAL RISKS PRESENT IN ANTARCTICA TO  
CARRY OUT COLOMBIAN ANALOGOUS SPACE MISSIONS***

CT. CRUZ GODOY ANA BEATRIZ<sup>3</sup>

Fuerza Aérea – Colombia

**RESUMEN**

Las misiones Análogas Espaciales han sido desarrolladas desde los inicios de la carrera espacial en la época de la Guerra Fría, este tipo de misiones consisten en la simulación en la Tierra de misiones espaciales orientadas a diferentes fases de estas teniendo en cuenta el entorno operacional en el cual se van a desarrollar. En las misiones análogas se realizan misiones para el estudio de factores humanos en condiciones de confinamiento, pruebas de equipos y dispositivos que serán utilizados o tienen potencial para ser utilizados en el espacio tales como Rovers, trajes espaciales, sensores, laboratorios robóticos móviles entre otros, así como los diferentes procedimientos de operación y emergencias que se puedan presentar en cada operación.

Entre los diferentes escenarios para misiones análogas espaciales se encuentran, los desiertos, cuevas, misiones en la profundidad del mar, modelos de cápsulas espaciales dentro de facilidades en centros espaciales y la Antártida. En esta última, la más conocida es la Estación Italo-francesa Concordia ubicada en la meseta polar de la Antártida y perteneciente al programa espacial de la Agencia Espacial Europea (ESA: European Space Agency), en donde se desarrollan misiones en condiciones de confinamiento entre 6 a 12

---

<sup>3</sup> Administradora Aeronáutica. Asesora de Seguridad Operacional GRUCO-71. Cali, Colombia. Cdte. Escuadrilla Operaciones de Inteligencia, Cdte. Escuadrón Capacitación, Jefe INVAC. Ana.cruz@fac.mil.co



meses e incluyen misiones de pruebas de dispositivos y telecomunicaciones, procedimientos de atención médica remota entre otros desde la Antártida.

Colombia posee diferentes posibilidades de establecer un programa de misiones análogas espaciales, entre estas se encuentra la Antártida en la cual la Fuerza Aérea Colombiana se encuentra realizando anualmente en verano austral misiones orientadas a ciencia y tecnología y enmarcadas en el Manual de Investigaciones de la FAC (2015) como programa Antártico de la FAC y en el Programa Antártico Colombiano liderado por la Comisión Colombiana del Océano. En este sentido, y ante la nueva misión de la FAC que incluye el campo espacial, y teniendo en cuenta que la Antártica ofrece un escenario para estudio de misiones espaciales que permiten la simulación de misiones en entorno Luna y Marte; el Centro de Investigaciones Biomédicas Aeronáuticas de la FAC se encuentra desarrollando y financiando el macroproyecto “Estudio para el desarrollo de misiones análogas espaciales colombianas en la Antártida” (Corzo y ols, 2019).

Dentro de los objetivos del mismo se encuentra determinar los riesgos que puede presentar la Antártida para el desarrollo de este tipo de misiones, teniendo en cuenta que en la Antártida se experimentan condiciones extremas como lo es la temperatura, radiación ultravioleta, vientos, estaciones atípicas, campo magnético entre otras. Basado en esta necesidad se formuló el presente proyecto de investigación cuyo objetivo es evaluar los riesgos potenciales presentes en la Antártida para efectuar misiones análogas espaciales colombianas en la Antártida mediante la metodología del panorama de Riesgos.

Para alcanzar este objetivo, se diseñó un proyecto con enfoque cuantitativo no experimental de tipo transeccional descriptivo. Así, se busca determinar los riesgos por medio de la observación y medición de fenómenos en la Antártida en su contexto natural, para posteriormente analizarlos para considerar su incidencia e interrelación en un momento dado y reflejar los resultados en un panorama de riesgos. (Hernández et al., 2014)

Para el desarrollo de este proyecto se definieron 5 etapas. Inicialmente se aborda una revisión de la literatura, donde se identificaron los tipos de misiones espaciales análogas en la Antártida, tales como, equipamiento robótico, vehículos, hábitats, comunicaciones, generación de electricidad, movilidad, infraestructuras y almacenamiento, adicionalmente, se describen posibles riesgos en la implementación de dichas misiones, en esta fase en conjunto con el equipo investigador se determina que las misiones análogas a

evaluar para el presente proyecto son misiones de confinamiento para estudio de factores humanos, misiones para la prueba de rovers y drones de pequeño tamaño.

La segunda fase, responde a la Identificación y clasificación riesgos; a partir de la revisión de la literatura se estandarizan los parámetros o variables que pueden llegar a afectar la seguridad dentro del desarrollo de las operaciones. Entre los cuales se encuentran costos de operación, condiciones meteorológicas, topográficas y fisicoquímicas.

Seguidamente en la tercera fase, se analiza la información y se procede a la obtención de datos los cuales fueron recolectados en el verano austral 2019-2020 en el marco de la VI expedición científica Colombiana y IV campaña Antártica de la Fuerza Aérea Colombiana, para este fin, un miembro del equipo investigador del macroproyecto, visitó en la isla Rey Jorge la Base Antártica Presidente Eduardo Frei Montalva perteneciente a la Fuerza Aérea de Chile entre el 20 al 24 de enero de 2020 en donde se realizaron mediciones de temperatura, viento, radiación ultravioleta, sensación térmica y humedad relativa

La cuarta fase, en la cual se encuentra el proyecto actualmente, consta del procesamiento de la información recolectada aplicando el modelo más afín para el levantamiento de panorama de riesgos en el contexto de las misiones análogas, con el fin último de obtener un panorama de riesgo que puede ser consultado y aplicado para una segura operación.

En cuanto a la elaboración del panorama de riesgos, preliminarmente se han identificado aproximaciones metodológicas que permiten evaluar integralmente los riesgos. En este sentido, ARMS es una metodología que se enfoca en integrar el Monitoreo del desempeño de la seguridad operacional con la Evaluación de riesgos operativos para garantizar que los eventos, ocurrencias, investigaciones y riesgos se gestionen de manera efectiva. La metodología define un proceso general para la evaluación de Riesgo Operacional y describe cada paso. El proceso de evaluación comienza con la Clasificación de riesgo de eventos (ERC), que es la primera revisión de los eventos en términos de urgencia y la necesidad de una mayor investigación. Este paso también asigna un valor de riesgo a cada evento, que es necesario para crear estadísticas de seguridad que reflejen el riesgo. El siguiente paso es el análisis de datos para identificar problemas de seguridad

actuales. Estos problemas de seguridad se evalúan en detalle a través de la Evaluación de riesgos de problemas de seguridad (SIRA). Todo el proceso garantiza que se identifiquen las acciones de seguridad necesarias, crea un Registro para el seguimiento de riesgos y acciones y proporciona una función de Monitoreo del desempeño de seguridad. SIRA también se puede utilizar para realizar evaluaciones de seguridad, (Nisula., 2009).

OACI por su parte, ofrece una visión general de cómo debería ser el proceso de evaluación / mitigación de principio a fin si la evaluación del problema es tolerable, es decir, "aceptable", en donde se identifican peligros y riesgos asociados, se evalúa el problema identificado con probabilidad / gravedad; en caso de ser aceptable se continúan las operaciones y se documenta que la evaluación está aprobada y es apropiada. Luego, la OACI pasa a considerar si las evaluaciones indican un problema que no es "tolerable" o "aceptable". Bajo consideraciones como ¿Se puede eliminar el riesgo por completo? ¿Se puede reducir el riesgo a un nivel tolerable? Si los riesgos no pueden mitigarse, las operaciones aplicables no deberían continuar. Esta es la eliminación del riesgo mediante la evitación total de la actividad. Si el riesgo puede eliminarse por completo, entonces tomará medidas para mitigarlo.

Finalmente, ECSS-M-ST-80C es una norma que define los principios y requisitos para la gestión integrada de riesgos en un proyecto espacial; explica lo que se necesita para implementar una política de gestión de riesgos integrada por cualquier actor del proyecto, en cualquier nivel. Esta Norma contiene un resumen del proceso general de gestión de riesgos, que se subdivide en cuatro (4) pasos básicos y nueve (9) tareas. El proceso de gestión de riesgos requiere el intercambio de información entre todos los dominios del proyecto, y proporciona visibilidad sobre los riesgos, con una clasificación según su importancia para el proyecto; Estos riesgos son monitoreados y controlados de acuerdo con las reglas definidas para los dominios a los que pertenece (Standard, E. C. S. S., 2008).

**Palabras clave:** Misiones análogas, panorama de riesgos, Antártida

### **Abstract**

Analogous Space missions have been developed since the beginning of the space race in the Cold War era. This type of mission consists of the simulation on Earth of space



missions oriented to different phases of these missions taking into account the operational environment in which they are going to be developed. In analogous missions, missions are carried out for the study of human factors in confined conditions, testing of equipment and devices that will be used or have potential to be used in space such as Rovers, space suits, sensors, mobile robotic laboratories among others, as well as the different operating procedures and emergencies that may arise in each operation.

Among the different scenarios for analogous space missions are deserts, caves, deep sea missions, space capsule models within space centers and Antarctica. In the latter, the best known is the Italo-French Concordia Station located on the polar plateau of Antarctica and belonging to the European Space Agency (ESA) space program, where missions are carried out under confined conditions for 6 to 12 months and include device and telecommunications testing missions, remote medical care procedures and others from Antarctica.

Colombia has different possibilities of establishing a program of analogous space missions, among these is the Antarctic in which the Colombian Air Force is carrying out annual missions oriented to science and technology in the southern summer and framed in the FAC Research Manual (2015) as an Antarctic program of the FAC and in the Colombian Antarctic Program led by the Colombian Ocean Commission. In this sense, and in view of the new FAC mission that includes the space field, and taking into account that Antarctica offers a scenario for the study of space missions that allow the simulation of missions in the Moon and Mars environment; the FAC Center for Aeronautical Biomedical Research is developing and financing the macroproject "Study for the development of analogous Colombian space missions in the Antarctic" (Corzo et al, 2019).

One of the objectives of the project is to determine the risks that Antarctica may present for the development of this type of mission, taking into account that extreme conditions are experienced in Antarctica, such as temperature, ultraviolet radiation, winds, atypical stations and magnetic fields, among others. Based on this need, the present research project was formulated with the objective of evaluating the potential risks present in Antarctica for carrying out similar Colombian space missions in Antarctica through the Risk Overview methodology.



To achieve this objective, a project was designed with a non-experimental quantitative approach of a descriptive transectional type. Thus, it seeks to determine risks through the observation and measurement of phenomena in Antarctica in their natural context, and then analyze them to consider their incidence and interrelationship at a given time and reflect the results in a risk scenario. (Hernández et al., 2014)

Five stages were defined for the development of this project. Initially, a literature review was undertaken, where the types of analogous space missions in Antarctica were identified, such as robotic equipment, vehicles, habitats, communications, electricity generation, mobility, infrastructure and storage. In addition, possible risks in the implementation of such missions were described, and in this phase, together with the research team, it was determined that the analogous missions to be evaluated for this project are confinement missions for the study of human factors, missions for the testing of rovers and small drones.

The second phase responds to the identification and classification of risks; based on a review of the literature, the parameters or variables that may affect safety during operations are standardized. Among these are operating costs, meteorological, topographical and physicochemical conditions.

Then, in the third phase, the information is analyzed and data is obtained, which were collected in the southern summer 2019-2020 in the framework of the VI Colombian scientific expedition and IV Antarctic campaign of the Colombian Air Force. For this purpose, a member of the research team of the macro project visited the President Eduardo Frei Montalva Antarctic Base of the Chilean Air Force on King George Island between January 20 and 24, 2020, where temperature, wind, ultraviolet radiation, wind chill and relative humidity measurements were made.

The fourth phase, in which the project is currently underway, consists of processing the information collected by applying the most suitable model for the collection of risk scenarios in the context of similar missions, with the ultimate aim of obtaining a risk scenario that can be consulted and applied for safe operations.

As for the elaboration of the risk panorama, methodological approaches have been preliminarily identified that allow for a comprehensive risk assessment. In this sense, ARMS is a methodology that focuses on integrating Safety Performance Monitoring with

Operational Risk Assessment to ensure that events, occurrences, investigations and risks are effectively managed. The methodology defines an overall process for Operational Risk Assessment and describes each step. The assessment process begins with the Event Risk Rating (ERC), which is the first review of events in terms of urgency and the need for further investigation. This step also assigns a risk value to each event, which is necessary to create security statistics that reflect the risk. The next step is data analysis to identify current security issues. These security issues are assessed in detail through Risk Assessment

**Keywords:** Analogous missions, risk overview, Antarctica

### Referencias bibliográficas

- Colombia Ministerio de Defensa Fuerza Aérea Colombiana. (2015). Modelo de investigación del sistema educativo de la Fuerza Aérea Colombiana.
- Corzo Z, MA, Alvarado Y, AC (2019). Estudio Para El Desarrollo De Misiones Análogas Espaciales Colombianas En La Antártida. Investigación en curso
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Editorial McGraw Hill.
- Nisula, J. (2009). *Operational Risk Assessment. Next Generation Methodology*. Recuperado el 10 de mayo de 2020 de: <https://www.skybrary.aero/bookshelf/books/694.pdf>
- Standard, E. C. S. S. (2008). *Space Project Management-Risk Management (ECSS-M-ST-80C)*.
- Organización de Aviación Civil Internacional. (2013). *Manual de gestión de la seguridad operacional (SMM)*
- Vicente Cabañas, N. (2011). Ayer, hoy y mañana de la información espacial: metamorfosis del periodismo especializado en la era espacial. Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones



***FRECUENCIA DE FATIGA EN CONTROLADORES DE TRÁNSITO AÉREO DE  
LA FUERZA AÉREA COLOMBIANA***

***FATIGUE FREQUENCY IN AIR TRAFFIC CONTROLLERS OF THE  
COLOMBIAN AIR FORCE***

T2. Fernandez de la Rosa Farith Enrique<sup>4</sup>  
Fuerza Aérea – Colombia

**Resumen**

Toda organización sin importar su actividad económica requiere del talento humano para la producción de un bien o la prestación de un servicio, y aunque en la actualidad los procesos estén siendo automatizados, se requiere de un ser humano para su operación. El entorno laboral, los procesos, las tareas, etc., tendrán un límite para la condición fisiológica del individuo, donde al aumentar el volumen de operación, cambios de los horarios de sueño, complejidad de la tarea, se genera la fatiga como un fenómeno normal. Pero al sobrepasar dichos parámetros se pueden soslayar o disminuir las capacidades del individuo para soportar su seguridad (Factor Humano), lo cual puede ser frecuente en las operaciones aéreas y actividades conexas; por tal razón organizaciones como la OACI (Organización de Aviación Civil Internacional), generan estudios, investigaciones y emiten documentos relacionados con la fatiga no solo para las operaciones de vuelo sino además para el control de tránsito aéreo (FMRS).

La Fuerza Aérea Colombiana, su personal operativo y de forma específica los controladores aéreos no están exonerados de presentar fatiga en algún estadio de su vida

---

<sup>4</sup> Profesional en Salud Ocupacional. Maestrante en Seguridad Operacional. Fuerza Aérea Colombiana – Comando Aéreo de Combate No.3. Asesor Higiene y Seguridad Industrial. Colombia, Malambo – Atlántico. fafek1@hotmail.com



laboral, razón por la que se propende describir que tan frecuente es dicho fenómeno en mencionada población de estudio, además de caracterizar de forma transversal que aspectos sociodemograficos y ocupacionales puedan estar asociados al problema. El análisis se realizará con una muestra de 36 controladores de los Comandos Aéreos de Combate No.7, No.3 y del Grupo Aéreo del Amazonas y a quienes se les aplicará tanto un diario de sueño como la escala de medición de fatiga de Samn-Perelli, los cuales serán previamente validados por personal idóneo y calificado para esta investigación.

La presente investigación tiene como objetivo caracterizar la frecuencia de la fatiga en el personal de controladores aéreos de la Fuerza Aérea Colombiana, para lo cual es preponderante realizar en primera instancia una descripción sociodemografica minuciosa que permita conocer la realidad del entorno laboral y que factores ocupacionales interactúan en la posible generación de fatiga y adicionalmente se pueda determinar la prevalencia de la misma en la población de estudio. Los resultados permitirán estructurar en caso de ser necesario un plan de prevención, control y/o mitigación en pro de prevenir la posibilidad de ocurrencia de eventos operacionales, accidentes de trabajo o aéreos y el origen de enfermedades laborales.

La fatiga es un estado fisiológico implica una reducción de la capacidad física o mental en un individuo, ocasionado por factores tales como la falta de sueño, volumen de trabajo, vigilia prolongada y/o cambios del ritmo circadiano, lo cual puede impactar de forma negativa el desempeño de un ser humano, pero en el ámbito aéreo u operacional se expone a que un miembro de una tripulación, un controlador de tránsito aéreo, un operador en tierra o cualquiera de los actores de dicha actividad disminuya tanto su estado de alerta como su habilidad de realizar una tarea de forma segura (Aviaci & Internacional, 2017).

La Fuerza Aérea Colombiana o el personal orgánico que la compone no es ajena a la fatiga, al ser una entidad adscrita al Ministerio de Defensa, depende principalmente de los recursos del estado, por ende la situación socio-económica actual del País incide de forma directa en muchos de los aspectos funcionales de la institución, entre ellos la incorporación del talento humano el cual es tenido como el más importante en cualquier organización, seguido de la adquisición de equipos y tecnologías de vanguardia que faciliten, agilicen y mejoren los factores de seguridad de la operación aérea. Estas falencias implican que la población laboral actual y en especial aquella inmersa en las operaciones



aéreas, explote todas sus capacidades para el cumplimiento de la misión institucional, ya que al contextualizarse con la realidad global una fuerza militar nunca puede dejar de operar.

Teniendo en cuenta lo anterior, la fatiga siempre estará inmersa como uno de los múltiples factores problema implícitos en el fortalecimiento de la seguridad operacional de la Fuerza Aérea Colombiana, ya que al ser un factor inherente de la condición humana no puede sobrepasarse de los límites fisiológicos de cada individuo, conllevando a la necesidad de estudiarla de forma periódica en cada una de las poblaciones que componen la operación aérea, identificando parámetros como la incidencia, frecuencia, subfactores de origen, etc., en pro de definir medidas efectivas de control y/o mitigación.

Los controladores de tránsito aéreo representan una pieza importante en el funcionamiento seguro de las operaciones aéreas, pero tanto en la aviación Civil como en la Militar, esta población desarrolla múltiples actividades que tienen altos grados de complejidad en su ejecución, por lo que es posible que estén expuestos a situaciones que les conlleven a la fatiga (De, 2010). En el caso de los Comandos Aéreos de Combate No.3, No. 7, el Grupo Aéreo del Amazonas y para sus controladores de tránsito aéreo se deben considerar factores operacionales particulares tales como el alto volumen de trabajo, turnos programados, vigilia prolongada u otras situaciones que pueden asociarse al origen de la fatiga en mencionados controladores.

Para el cumplimiento de los objetivos y observar de forma neutral si el problema de estudio es existente, se usará de forma metodológica dos formularios tipo encuesta, donde se aplicará en primera instancia un diario de sueño cuyo propósito es identificar si hay factores pre existentes relacionados con la falta de sueño, lo cual se hará en un periodo de quince días previos a la implementación de la escala de medición de Samn-Perelli, siendo esta un método recomendado por la OACI para evaluar la fatiga en las diferentes actividades relacionadas con la operación de vuelo, esta también se hará por un periodo de dos semanas.

Las definiciones, problemática, objetivos, apreciaciones y citas relacionadas anteriormente son muestra de que el factor humano es la hoja de ruta de la presente investigación, donde un factor una condición fisiológica natural del ser humano en caso de sobrepasar sus límites y al no ser identificada, mitigada o controlada puede causar daños

irreversibles tanto en el individuo como pérdidas de vidas, daños económicos en una organización o degradación de la imagen institucional para el caso de una entidad como la Fuerza Aérea Colombiana.

Dentro de los resultados que se esperan obtener una vez se implementen los instrumentos de medición, están los siguientes:

- Revisar dentro de la condición sociodemográfica otros factores ocupacionales incidentes en la posible presencia de fatiga.
- Evidenciar factores pre existentes que puedan estar influyendo en la generación de fatiga en la población de estudio.
- Observar que tan frecuente es la fatiga en caso de presentarse en la población de controladores aéreos del CACOM-3, CACOM-7, GAAMA y hacer una descripción objetiva del fenómeno.

Como conclusión inicial y previa ante la aplicación de los instrumentos de medición y análisis de resultados, se observa que los controladores de tránsito aéreo de los Comandos Aéreo de Combate No.3, No. 7 y GAAMA son una población propia de las operaciones aéreas y que de acuerdo a la complejidad de sus actividades además su correlación con la capacidad de garantizar la operatividad y seguridad de las operaciones Militares de la Fuerza Aérea Colombiana, pueden presentar algunos factores ocupacionales que inciden en una posible exposición a la fatiga, lo cual hace a este proyecto factible y necesario para examinar tanto las condiciones, la frecuencia y prevalencia de dicho fenómeno y emitir las recomendaciones pertinentes para su prevención, control o mitigación.

**Palabras clave:** Fatiga, OACI, Factor Humano, FMRS, Seguridad Operacional, Escala Samn-Perelli.

## Abstract



Every organization regardless of its economic activity requires human talent for the production of a good or the provision of a service, and although currently the processes are being automated, it requires a human being for its operation. The work environment, processes, tasks, etc., will have a limit for the physiological condition of the individual, where by increasing the volume of operation, changes in sleep schedules, complexity of the task, fatigue is generated as a phenomenon normal, But by exceeding these parameters, the individual's abilities to withstand his safety (Human Factor) can be overlooked or diminished, which can be frequent in air operations and related activities; For this reason, organizations such as ICAO (International Civil Aviation Organization) generate studies, investigations and issue documents related to fatigue not only for flight operations but also for Air traffic control (FMRS).

The Colombian Air Force, its operational personnel, and specifically the air traffic controllers are not exempt from presenting fatigue at any stage of their working life, which is why it is intended to describe how frequent this phenomenon is in said study population, in addition to characterize in a transversal way that sociodemographic and occupational aspects may be associated with the problem. The analysis will be carried out with a sample of 36 controllers from the Combat Air Commandos No.7, No.3 and the Amazon Air Group and to whom both a sleep diary and the Samn-Perelli fatigue measurement scale will be applied. , which will be previously validated by suitable and qualified personnel for this investigation.

The objective of this research is to characterize the frequency of fatigue in the personnel of air controllers of the Colombian Air Force, for which it is preferable to carry out in the first instance a minuscule sociodemographic description that allows us to know the reality of the work environment and which occupational factors interact in the possible generation of fatigue and additionally, the prevalence of it in the study population can be determined. The results will allow structuring if necessary a prevention, control and / or mitigation plan in order to prevent the possibility of occurrence of operational events, accidents at work or air and the origin of occupational diseases.



Fatigue is a physiological state implies a reduction of the physical or mental capacity in an individual, caused by factors such as lack of sleep, volume of work, prolonged wakefulness and / or changes in the circadian rhythm, which can negatively impact the performance of a human being, but in the air or operational field it is exposed to a member of a crew, an air traffic controller, a ground operator or any of the actors in said activity decreasing both their alertness and their ability to perform a task safely (Aviaci & Internacional, 2017).

The Colombian Air Force or the organic personnel that compose it is not subject to fatigue, since it is an entity attached to the Ministry of Defense, it mainly depends on the state resources, therefore the current socio-economic situation of the Country affects directly in many of the functional aspects of the institution, among them the incorporation of human talent, which is considered the most important in any organization, followed by the acquisition of cutting-edge equipment and technologies that facilitate, speed up and improve the safety factors of air operation. These shortcomings imply that the current working population, and especially that immersed in air operations, exploit all their capabilities to fulfill the institutional mission, since when contextualized with global reality, a military force can never stop operating.

Taking into account the above, fatigue will always be embedded as one of the multiple problem factors implicit in strengthening the operational security of the Colombian Air Force, since being an inherent factor in the human condition, it cannot be exceeded from the physiological limits. of each individual, leading to the need to study it periodically in each of the populations that make up the air operation, identifying parameters such as incidence, frequency, sub-factors of origin, etc., in order to define effective control measures and / or mitigation.

Air traffic controllers represent an important piece in the safe operation of air operations, but both in Civil and Military aviation, this population develops multiple activities that have high degrees of complexity in their execution, so it is possible that are exposed to situations that lead to fatigue (De, 2010). In the case of Air Combat Commands No. 3, No. 7, the Amazon Air Group and for its air traffic controllers, particular operational factors such

as high workload, scheduled shifts, prolonged vigil or other must be considered. situations that can be associated with the origin of fatigue in the mentioned drivers.

To fulfill the objectives and neutrally observe if the study problem is existing, two survey-type forms will be used methodologically, where a sleep diary will be applied firstly, the purpose of which is to identify if there are pre-existing factors related to lack of sleep, which will be done in a period of fifteen days prior to the implementation of the Samn-Perelli measurement scale, this being a method recommended by ICAO to assess fatigue in the different activities related to the operation of flight, this will also be done for a period of two weeks.

The definitions, problems, objectives, appreciations and citations related above are proof that the human factor is the roadmap of the present investigation, where a factor is a natural physiological condition of the human being in case of exceeding its limits and not being identified. , mitigated or controlled, can cause irreversible damage both to the individual and loss of life, economic damage to an organization, or degradation of the institutional image in the case of an entity such as the Colombian Air Force.

Among the results that are expected to be obtained once the measuring instruments are implemented, are the following:

- Review within the sociodemographic condition other occupational factors incident on the possible presence of fatigue.
- Evidence pre-existing factors that may be influencing the generation of fatigue in the study population.
- Observe how frequent fatigue is if it occurs in the population of air traffic controllers of CACOM-3, CACOM-7, GAAMA and make an objective description of the phenomenon.

As an initial and prior conclusion before the application of the measurement instruments and analysis of results, it is observed that the air traffic controllers of the Combat Air Commandos No.3, No. 7 and GAAMA are a population of air operations and that according to the complexity of their activities, in addition to their correlation with the ability to guarantee the operability and safety of the Military operations of the Colombian Air Force,



they may present some occupational factors that affect possible exposure to fatigue, which makes This project is feasible and necessary to examine both the conditions, the frequency and prevalence of said phenomenon and issue the pertinent recommendations for its prevention, control or mitigation.

**Key words:** Fatigue, ICAO, Human Factor, FMRS, Operational Safety, Samn-Perelli Scale.

## Referencias Bibliográficas

- Alanis, M. T. (2015). Estrés, fatiga y somnolencia en trabajadores del área de producción de una empresa farmacéutica en México. Universidad Autonoma de Mexico, 85-94.
- Anabalon, H. (2016). Nivel de Fatiga Aguda estimada a través de la aplicación "Access Point" en conductores de la Gran Minería Chilena. Revista Asociación Española Medicina del Trabajo, 230-239.
- Aquino, B. N. (2017). Evaluación y abordaje del Síndrome de Fatiga Crónica, Actualización de Evidencias Científicas. Ministerio de Sanidad, servicios sociales de Cataluña, 1-71.
- Arquer, M. I. (1997). NTP 445: Carga mental de trabajo: fatiga. España.
- Beltrán, C. A., Mares, F., Ramírez, B., & Rojas Cortez, N. (2016). Factores psicosociales y síntomas de estrés laboral en trabajadores del área de producción de una empresa metal-mecánica de El Salto, Jalisco. Universidad de Guadalajara, 15-22.
- Bernardino, S. O. (2015). Trastornos del sueño por trabajos a turnos: Correlatos psicosociales y de salud. España: Universidad Autonoma de Madrid.
- Buelvas, R. O. (2016). Fatiga en los Pilotos Comerciales de Colombia: Horas de servicio en el centro del debate. Colombia: Universidad Militar Nueva Granada.
- Cendales, S. N., Gracia Suarez, J., & Sierra Carrillo, A. (2016). Caracterización del estado de fatiga y estado de somnolencia en pilotos y copilotos comerciales durante el primer semestre del 2016. Colombia: Pontificia Universidad Javeriana de Colombia.
- Córdova, C. D. (2015). Relación de la fatiga mental con el sistema de trabajo PVD, en los Controladores de Tránsito Aéreo de Tadar (CTA), de la Dirección de Aviación Civil (DGAC). Ecuador: Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Cubillos, C. M. (2009). Fatiga laboral, Accidentes e incidentes laborales en los conductores de carga pesada de una empresa transportista de la ciudad de Yopal. Universidad el Bosque.
- Cuesta Gonzalez, H., & SIERRA PERALTA, L. (2007). FATIGA LABORAL COMO FACTOR DE RIESGO PSICOSOCIAL. Cartagena, Colombia.



- Deschamps Perdomo, A., Olivares Román, S., De la Rosa Zabala, K. L., & del Barco, Á. A. (2011). Influencia de los turnos de trabajo y las guardias nocturnas en la aparición del ídel Burnout. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 224-241.
- Freitas, A. M. (2017). Effects of an alternating work shift on air traffic controllers and the relationship with excessive daytime sleepiness and stress. *Pontificia Universidade do Rio Grande do Sul*, 711-717.
- Fuerza Aérea Colombiana. (2011). Plan Estrategico Institucionna 2011-2030. Bogotá D.C.
- Fundación CEA, C. E. (2015). *Influencia de la Fatiga y el Sueño en la Conducción*. Madrid, España.
- García, Y. O. (2016). *Factores Psicosociales, Fatiga y Sintomas de Estrés en los Trabajadores de un Centro Diagnostico Integral, VALENCIA 2015 – 2016*. Venezuela: Universidad de Carabobo.
- Gómez Cajas, L. D. (2014). *Estudio de la Tatiga Laboral en los Funcionarios de la Pocraduría General del Estado*. Guayaquil, Ecuador.
- Lázaro, A. G. (2017). *Calidad de vida laboral de las enfermeras: Evaluación y propuestas de mejora*. España: Universidad de Barcelona.
- López, J. M. (2018). *Fatiga laboral, mediante la aplicación del SOFI-SM en bomberos mexicanos*. *Revista Salud Ocupacional, Universidad libre*, 54-58.
- Malpica, D. (2010). *FRECUENCIA DE FATIGA OPERACIONAL EN CONTROLADORES DE TRANSITO AÉREO DEL EJERCITO NACIONAL DURANTE NOVIEMBRE DE 2009*. Bogotá D.C.
- Martínez Rodríguez, J. (2011). *Metodos de Investigación Cualitativa*. *Revista de la Corporación Internacional para el Desarrollo Educativo*, 1-34.
- Martínez, A. U., García Ramos, T., & Morales, B. (2017). *Síndrome de Fatiga Crónica y sus factores asociados en el personal de enfermería en un Hospital de Segundo Nivel*. *Revista Salud Ocupacional, Universidad Libre*.



**CARACTERIZACIÓN DE LA AFECTACIÓN DEL RENDIMIENTO DE  
INSTRUCCIÓN PRIMARIA POR FATIGA EN LOS ALUMNOS DE VUELO DE LA  
ESCUELA DE MILITAR DE AVIACIÓN MARCO FIDEL SUAREZ**

**CHARACTERIZATION OF THE AFFECTION OF THE PERFORMANCE OF  
PRIMARY INSTRUCTION BY FATIGUE ON THE FLIGHT STUDENTS OF THE  
MARCO FIDEL SUAREZ MILITARY SCHOOL OF AVIATION**

MY. CARLOS ANDRÉS HERRERA IBAGOS<sup>5</sup>

Fuerza Aérea – Colombia

**Resumen**

El desarrollo de este trabajo nació con la necesidad de caracterizar la afectación del rendimiento de instrucción primaria por fatiga en los alumnos de vuelo de la Escuela de Militar de Aviación Marco Fidel Suarez. Esto con el fin de mejorar la mitigación de riesgo en la toma de decisiones en el proceso de instrucción y entrenamiento de vuelo primario, teniendo en cuenta el incremento de la carga académica y las actividades que los alumnos realizan diariamente para formarse como futuros oficiales de la Fuerza Aérea Colombiana.

Para la evolución de esta investigación se indagó en los temas relacionados a los efectos de la fatiga que afectan el desempeño en el área de instrucción primaria de vuelo, esto se logró mediante un estado del arte que permitió profundizar las causas de fatiga y las posibles consecuencias en vuelo; para esto, se tuvieron en cuenta estudios de éxito presentados por diferentes instituciones educativas, este rastreo documental evidencio que las investigaciones mas relevantes relacionadas a este estudio fueron de las siguientes universidades; Texas University, Naval Postgraduate School, USAF, Centre for Sleep

---

<sup>5</sup> Estudiante Maestría de Seguridad Operacional EPFAC. Jefe Sección Planeación GRUCO 71 CACOM-7 EPFAC. Colombia, Cali Valle. quiron1782@gmail.com



Research, University of South Australia, Basil Hetzel Institute, Central Queensland University, Massey University, Norwegian University of Science and Technology, Ruhr University Bochum, University of Waterloo, Universidad Central del Ecuador, Pontificia Universidad Javeriana, dichas universidades son de los Estados Unidos, Australia, Nueva Zelanda, Noruega, Alemania, Canada, Ecuador y Colombia respectivamente, donde fueron trabajos desarrollados desde el 1998 al 2018.

Los autores mas relevantes en la información recolectada de tesis y artículos científicos mencionados anteriormente fueron John A. Cadwell, el cual ha realizado varios estudios referentes en el impacto de la fatiga en aviación civil y militar. De igual manera los PhD. Keller Julius, PhD. Mendoca Flavio y PhD. Cutter Jasson, de la Universidad de Purdue realizaron un articulo científico de la Universidad Embry Riddle, el cual es fundamental para verificar los factores de fatiga en instrucción primaria de vuelo.

El problema en cada uno de los documentos investigados tiene relación a las altas cargas de trabajo, tiempos de descanso, ciclo circadiano, políticas y conocimiento de estado de fatiga con el consecuente incremento del riesgo, esto ha generado controversia en varios de los accidentes aéreos por deterioro en habilidades y toma de decisiones de las tripulaciones de vuelo.

La mayoría de los propósitos u objetivos generales de los documentos generados es analizar las cargas de trabajo, políticas y evaluar el conocimiento de fatiga que tienen las tripulaciones de vuelo en diferentes organizaciones para conocer el nivel de entendimiento de los riesgos que se presentan al volar en un estado que disminuye los tiempos de ejecución de procedimientos de vuelo para lo cual fueron entrenados. Por lo anterior, estos documentos permiten establecer un punto de partida para este trabajo, donde se requieren los conocimientos de los diferentes estudios para desarrollar un proceso investigativo en la instrucción y entrenamiento de vuelo de los aspirantes de vuelo de la Escuela de Aviación Marco Fidel Suarez.

Las conclusiones de los diferentes documentos revisados establecen al descanso apropiado como la principal herramienta para mitigar la fatiga, dentro de las cuales están las siestas controladas y adecuado ciclo circadiano. A pesar de que las tripulaciones saben las consecuencias de volar en estado de fatiga, se evidencia la falta de conocimiento sobre



el ciclo circadiano y sus efectos en sus actividades diarias. Por lo anterior, se concluye que para las personas que estén involucradas en actividades de vuelo se debe establecer un programa educativo en fatiga que permita profundizar en el tema y concientice al respecto de las consecuencias de no tener hábitos adecuados de descanso. De igual manera, estas investigaciones hacen referencia a las cargas de trabajo diferentes a las actividades de vuelo, lo cual genera un incremento en estado de fatiga por lo cual es un tema que se debe abordar con los dirigentes de cada organización.

Las recomendaciones en su mayoría establecen la educación y el entrenamiento en fatiga al personal involucrado en actividades de vuelo para mitigar el riesgo, donde una vez se tenga pleno conocimiento de los efectos de volar en estado de fatiga, se generaría un impacto positivo en las organizaciones (aerolíneas, escuelas de aviación empresa privada, aviación de estado, etc.).

Teniendo en cuenta lo propuesto por Sampieri (2014), esta investigación es de carácter no experimental, donde se recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. El propósito es “describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como tomar una fotografía” (2014, p. 154) de algo que sucede.

Por su alcance, esta investigación es descriptiva debido al análisis que se va a realizar, busca presentar una interpretación adecuada sobre realidades de hecho (Tamayo y Tamayo, 2003) y está enfocada a indagar las causas de los problemas o situaciones que afectan la instrucción primaria de vuelo en la Escuela Militar de Aviación relacionadas con fatiga.

Por el tipo de datos recolectados, esta investigación es mixta, debido a que se utilizaron los análisis cualitativo y cuantitativo, retomando lo expuesto por Sampieri (2014). Igualmente, este estudio cuenta con un acercamiento abductivo, pues es guiado por la teoría referente a la fatiga, así como por el uso de información empírica con el fin de soportar y ofrecer argumentos (Ali y Birley, 1999) para resolver los objetivos previamente descritos en la formulación del problema, permitiendo analizar los resultados de las encuestas y los diferentes textos estudiados, al igual que los fenómenos desde un punto de vista más amplio (Boell y Cecez- Kecmanovic, 2013). En este caso, se cuenta con estudios previos respecto a fatiga, los cuales se complementan con la experiencia práctica del investigador como piloto militar. Por consiguiente, llevan a una mejor comprensión del estudio y sus



hallazgos. Esta investigación busca presentar resultados confiables, reproduciendo hallazgos consistentes que puedan ser replicados por otros investigadores en ocasiones alternativas (Saunders et al., 2012).

A pesar de los esfuerzos que ha hecho la Escuela Militar de Aviación para evitar la recurrencia de accidentes aéreos en el área de instrucción primaria de vuelo, realizando tareas de prevención en seguridad operacional y estandarizaciones de los diferentes equipos por medio de los Oficiales de Seguridad Operacional y pilotos estandarizadores, han continuado ocurriendo eventos no deseados en los últimos (05) cinco años, donde el factor humano sigue siendo el factor más predominante de acuerdo a los informes de fiabilidad elaborados anualmente por la Inspección General de la Fuerza Aérea Colombiana.

De igual manera, las recomendaciones de los accidentes generados de los informes finales por la Subdirección de Investigación de la Inspección General de la Fuerza Aérea Colombiana, no han permitido generar un cambio a la tendencia de accidentalidad en la Escuela Militar de Aviación Marco Fidel Suarez, lo cual genera la opción de nuevos interrogantes como ¿Cuáles factores influyen en la afectación del rendimiento de instrucción primaria por fatiga en los alumnos de vuelo de la Escuela de Militar de Aviación Marco Fidel Suarez? En este sentido, el objetivo de esta investigación es caracterizar la afectación del rendimiento de instrucción primaria por fatiga en los alumnos de vuelo de la Escuela de Militar de Aviación Marco Fidel Suarez.

Teniendo en cuenta que la misión de la escuela es la de “Formar integralmente Oficiales líderes en el campo militar, profesional y aeronáutico para el desarrollo de operaciones aéreas militares” (EMAVI, 2020), los resultados de este estudio son de vital importancia para la Escuela Militar de Aviación Marco Fidel Suarez. Esta investigación permite identificar los factores que afectan la instrucción de vuelo primaria y por consiguiente la formación de los futuros pilotos de la Fuerza Aérea Colombiana.

La fatiga se presenta como un factor de importancia para la prevención de accidentes (OACI, 2016) y por consiguiente justifica estudios relacionados en el tema y el interés del investigador hacia el mismo. Dentro del convenio de cooperación entre Escuela de Posgrados de la FAC (EPFAC) y la Universidad de Purdue, en el año 2018 se estableció comunicación e intercambio de información con los investigadores Flavio A. Coimbra

Mendoza y Julius Keller, quienes han venido adelantando un proyecto para el manejo e identificación de la fatiga en estudiantes de aviación. La información suministrada fue una guía para indagar acerca de los factores que afectan la fatiga en instrucción primaria, y tener acceso a herramienta de la encuesta que realizaron en Estados Unidos, con el fin de poder adaptarla a las necesidades de este trabajo de grado y a las características propias de la instrucción primaria de la Fuerza Aérea Colombiana, debido a las peculiaridades de la formación militar de los futuros pilotos de la FAC.

El caracterizar los factores que afectan el rendimiento de la instrucción primaria de vuelo por fatiga es un punto de partida en la seguridad operacional, ya que estos alumnos son los futuros líderes de la Fuerza Aérea Colombiana y es pertinente fortalecer el proceso de formación como piloto militar desde la fase de vuelo primaria, mitigando el riesgo de fatiga y optimizando el desempeño en esta área. Al escribir este estudio, se pretende contribuir desde un análisis analítico de la situación y gestión de la seguridad en la FAC (Braun y Clarke, 2006).

Con el fin de realizar la encuesta de manera acertada al personal de alumnos que están actualmente realizando la instrucción primaria de la EMAVI (Alumnos de vuelo cursos 92 y 93), se estableció como punto de partida, el pilotaje de la encuesta aplicada a diecisiete oficiales de la especialidad de vuelo (pilotos) de la Base Aérea Marco Fidel Suarez. Lo anterior permitió identificar si las preguntas realizadas eran las idóneas para identificar los factores que afectan la instrucción primaria de la Fuerza Aérea Colombiana. Dicha encuesta, se realizó basada en el documento; *"International Journal of Applied Aviation Studies" Volume 8 (2) 2008 de la Federal Aviation Administration Effects of Fatigue on Flight Training: A Survey of U.S. Part. 141 Flight Schools*, y se analizaron los datos arrojados en el artículo científico *"Fatigue in Collegiate Aviation"* Journal of Safety Research, Aviation, Space, and Environmental Medicine, Embry Riddle University, de EEUU de los doctores Julius Keller y Flavio Mendoza, docentes de la Universidad de Purdue, como parte del proceso investigativo del presente trabajo. Una vez realizada la encuesta al personal de alumnos, se realizaron los análisis pertinentes para identificar los factores que afectan el rendimiento de vuelo de los alumnos en la actualidad.

La encuesta se desarrolló en ocho secciones, donde la mayoría de los participantes concluyeron lo siguiente:



- El bajo rendimiento de vuelo y el estrés son los efectos mas predominantes que tiene la fatiga en la instrucción primaria de vuelo.
- Un alumno de vuelo en instrucción primaria, en un día de semana promedio tiene diecisiete horas y 30 minutos de actividades del servicio, las cuales son actividades académicas, militares y de vuelo.
- Durante una misión de vuelo, el alumno ha experimentado cansancio pero continua a cumplir con lo programado.
- En el periodo de instrucción y entrenamiento de vuelo primario, los alumnos de vuelo han tenido actividades adicionales no relacionadas con el vuelo, como por ejemplo ensayos de ceremonia, reuniones, formaciones, trabajo en las comisiones, entre otras actividades, donde se ha generado disminución de los periodos de preparación al vuelo y afectación al tiempo de descanso.
- La fatiga ha generado baja alerta situacional, lo cual conlleva a errores por parte de los alumnos de vuelo, durante la instrucción primaria.
- El tiempo de sueño promedio de un alumno de vuelo en instrucción primaria es de seis horas y treinta minutos, donde se ve afectado su calidad de sueño debido a que la mayoría de alumnos tiene dos interrupciones durante la noche. Asimismo, los participantes dieron a conocer que no se sentían descansados luego de una noche promedio.
- Los factores que contribuyen a la fatiga y por ende a la disminución del rendimiento del entrenamiento primaria son: Interrupciones al tiempo de sueño la noche anterior por régimen militar, calidad de sueño, actividades extracurriculares, realizar una misión de entrenamiento de vuelo después de menos ocho horas de sueño, realizar mas de una misión diaria.
- Las acciones de implementación para mitigación de la fatiga en instrucción primaria son: descanso garantizado previo y posterior al vuelo, mejor autoconocimiento de conceptos de fatiga, establecer plan de mitigación de fatiga

en el área de instrucción de vuelo entrenamiento primario, programar una misión diaria y mejor programación de los turnos de instrucción de los alumnos.

Por último, esta investigación ha brindado satisfacción en el campo de indagación porque ha permitido caracterizar la afectación del rendimiento de instrucción primaria por fatiga en los alumnos de vuelo de la Escuela de Militar de Aviación Marco Fidel Suarez, logrando plantear una estrategia que mejore la mitigación de riesgo en temas de fatiga y los procesos de instrucción y entrenamiento de vuelo primario.

**Palabras clave:** Fatiga, vuelo, seguridad operacional.

## ABSTRACT

The development of this work was born with the need to characterize the affectation of the performance of primary instruction due to fatigue in the flight students of the Military Aviation School Marco Fidel Suarez. This in order to improve risk mitigation in decision making during the process of primary flight training instruction, considering the increased academic load and the activities that students carry out daily to train as future officers of the Colombian Air Force.

During the research, topics related to the effects of fatigue affecting performance in the primary flight training area were investigated. Initially, the state of the art was carried out, which allowed

To deepen the causes of fatigue and the possible consequences in flight; for this, success studies presented by different educational institutions were considered.

Subsequently, the survey was carried out on the staff of students from the Marco Fidel Suarez Military Aviation School, in order to have information about the activities they carried out during their training process as FAC officers, focused on the area of primary flight instruction. This survey was translated and adapted from the Federal Aviation Administration document "Effects of Fatigue on Flight Training: A Survey of U.S. Part. 141 Flight Schools", considering the needs of this research applied to EMAVI flight students. Once the student



staff survey was carried out, the pertinent analyzes were developed to identify the factors that have affected flight performance of flight students from 2015 to date.

Finally, this research was successful because it allowed characterizing the performance's affectation of primary flight instruction by fatigue in flight students of the Marco Fidel Suarez Military Aviation School, managing to propose a strategy that improves risk mitigation in fatigue issues. and the primary flight instruction process.

**KEY WORDS.** Fatigue, flight, safety, flight instruction.

### Referencias Bibliográficas

- Ali, H. y Birley, S. (1999). Integrating deductive and inductive approaches in a study of new ventures and customer perceived risk, *Qualitative Market Research: An International Journal*, vol. 2, no. 2, pp. 103-110.
- Boell, S. K. y Cecez-Kecmanovic, D. (2013). Literature Reviews and the Hermeneutic Circle, *Australian Academic & Research Libraries*, vol. 13, no. 4, pp. 283-295.
- Braun, V., y Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology, *Qualitative research in psychology*, vol. 3, no. 1, pp. 77-101.
- Escuela Militar de Aviación (2020). Misión y visión EMAVI. Disponible en línea: <https://www.fac.mil.co/emavi/misi%C3%B3nyvisi%C3%B3n-emavi> [Consultado el 12 de marzo de 2020].
- Kvale, S. (1996). *Interviews - An Introduction to Qualitative Research Interviewing*, Thousand Oaks: SAGE.
- Ministerio de Salud (1993). Resolución Numero 8430 de 1993. Por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud.
- Prasad, P. (2018). *Crafting Qualitative Research: Beyond Positivist Traditions*, 2nd edn, New York: Routledge.
- Rennstam, J. y Wästerfors, D. (2018). *Analyze! – Crafting your data in qualitative research*, Lund: Studentlitteratur.



Richards, H. M. y Schwartz, L. J. (2002). Ethics of qualitative research: are there special issues for health services research? *Family Practice*, vol. 19, no. 2, pp. 135-139.

Saunders, B., Kitzinger, J. y Kitzinger, C. (2015). Anonymising interview data: challenges and compromise in practice, *Qualitative Research*, vol. 15, no. 5, pp. 616-632.

Styhre, A. (2013). How to write academic texts: A practical guide, Lund: Studentlitteratur.

McDale S & Ma J. (2008) Effects of Fatigue on Flight Training: A Survey of U.S. Part 141 Flight Schools. *International Journal of Applied Aviation Studies*. 8(2).



**FACTORES MOTIVACIONALES DE LOS PILOTOS DE ALA ROTATORIA DE  
LA FAC QUE AFECTAN LA SEGURIDAD OPERACIONAL COMO INSUMO  
PARA LA DEFINICIÓN DE ACCIONES CORRECTIVAS**

**MOTIVATIONAL FACTORS OF FAC ROTATING WING PILOTS AFFECTING  
SAFETY AS AN INPUT FOR DEFINING CORRECTIVE ACTIONS**

CT. JIMÉNEZ GAONA JAVIER<sup>6</sup>

Fuerza Aérea – Colombia

**Resumen**

En las evaluaciones psicológicas realizadas durante los últimos 10 años a los pilotos y copilotos de la FAC, se ha evidenciado una tendencia a la baja motivación hacia el vuelo por parte de este personal en particular, donde la mayoría se mantiene en la actividad aérea más por factores económicos que por realización personal en relación con la labor ejercida. Es tal la situación por parte de algunos oficiales que solicitan el cambio de autonomía para volar ala fija (avión) o inclusive han manifestado intenciones de solicitar el retiro de la especialidad para no continuar volando en la institución.

El objetivo de esta investigación es determinar los factores motivacionales de los pilotos de ala rotatoria de la FAC que afectan la seguridad operacional como insumo para la definición de acciones correctivas, lo cual se llevará a cabo por medio de un enfoque cualitativo, usando como instrumento una entrevista semiestructurada que consta de 11 preguntas abiertas al personal que solicitó la baja de vuelo en la Fuerza Aérea Colombiana, las cuales se encuentran enfocadas en la motivación, seguido de una encuesta de factores sociodemográficos para determinar factores incidentes como la edad y el género.

---

<sup>6</sup> Psicólogo, Diplomado en Programación Neurolingüística, Especialista en Psicología de Aviación, Curso de Seguridad Aérea No. 35, Seminario de Seguridad Aérea 2015-2016-2017. Curso básico de SMS. Trabajo Optante al título de Magister en Seguridad Operacional; [javierjgaona@gmail.com](mailto:javierjgaona@gmail.com)



Partiendo del reglamento de aptitud psicofísica y seguridad operacional en los pilotos de ala rotatoria de la FAC se abre paso a lo que argumenta la siguiente pregunta problema: ¿Cuáles son los factores motivacionales de los pilotos de ala rotatoria de la FAC que afectan la seguridad operacional como insumo para la definición de acciones correctivas?

El personal de oficiales pilotos de la Fuerza Aérea Colombiana (FAC) anualmente asiste a controles médicos y psicológicos, según lo establecido en su reglamento de aptitud psicofísica (Publicaciones & Militares, 2012) para mantener su autonomía de vuelo activa, razón por la cual el personal de psicólogos de la FAC está en contacto constante con el personal de pilotos, copilotos, tripulantes y personal de la especialidad de vuelo.

Dicho lo anterior, en las evaluaciones psicológicas realizadas durante los últimos 10 años a los pilotos y copilotos, se ha evidenciado una tendencia a la baja motivación hacia el vuelo por parte de este personal en particular, donde la mayoría se mantiene en la actividad aérea, por las bonificaciones económicas que esta brinda, pero no por una realización personal por la labor ejercida. Es tal la situación por parte de algunos oficiales que solicitan el cambio de autonomía para volar ala fija (avión) o inclusive han manifestado intenciones de solicitar el retiro de la especialidad para no continuar volando en la institución. Lamentablemente de esta información no hay evidencia física ni estadística, tampoco se cuenta con antecedentes, solamente las manifestaciones realizadas por los mismos pilotos durante las consultas psicológicas las cuales por ley tienen un carácter reservado.

Al tener evidencia de un personal de pilotos desmotivados se encienden las alertas sobre la seguridad operacional, ya que la desmotivación tiene una injerencia directa sobre el comportamiento de las personas, sus respuestas motrices y cognitivas, los tiempos de reacción, la memoria, la pro actividad y disposición hacia la labor realizada y un fuerte impacto sobre el personal a su alrededor, logrando influenciarlos a tener una actitud cada vez más crítica de manera negativa y poco reflexiva sobre la actividad que realizan, dando inicio a lo que justificaría la presente problemática. Es decir, un piloto desmotivado con facilidad comienza a presentar fatiga física y mental, pierde el entusiasmo por el vuelo, se afecta la atención al detalle necesaria antes, durante y después de un vuelo, realiza una lectura de los instrumentos más lenta de lo normal, puede olvidar con facilidad instrucciones



u órdenes del momento, disminuye la dedicación académica y el interés por mantenerse actualizado en los temas de su aeronave, presenta aislamiento en cabina afectando el CRM (Manejo de Recursos en Cabina) indispensable para el trabajo con su tripulación y deja de pensar en las consecuencias de sus decisiones entre muchas otras manifestaciones.

Dentro del contexto de la aviación, la seguridad operacional es “el estado donde la posibilidad de dañar a las personas o las propiedades se reduce y mantiene al mismo nivel o debajo de un nivel aceptable mediante el proceso continuo de identificación de peligros y gestión de riesgos de la seguridad operacional” (OACI, 2013, p 63).

Claramente el sistema de aviación no está exento de correr riesgos y peligros, por esto, se busca de manera constante la eliminación de accidentes o incidentes graves. En actividades humanas como esta, los errores siempre están presentes, pues además de la construcción de las aeronaves, son las personas quienes las manipulan y pilotean, pudiendo traer consecuencias negativas en el quehacer del piloto, llevándolo incluso a cometer errores. Es en este punto, donde la motivación en los pilotos de ala rotatoria hacia el vuelo debe evaluarse, buscando los factores que la afectan y qué tipo de acciones correctivas pueden implementarse, todo en pro de minimizar los accidentes, salvaguardar la vida de los pilotos y sus tripulaciones y la preservación de las aeronaves.

En la presente investigación se opta por un enfoque cualitativo, el cual, de acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014) se caracteriza por “proporcionar una metodología de investigación que permita comprender el complejo mundo de la experiencia vivida desde el punto de vista de las personas que la viven” (p. 21). En el caso específico de la presente investigación, el enfoque cualitativo permitirá determinar los factores motivacionales de los pilotos de ala rotatoria de la FAC, por medio de resultados de orden cualitativo que permitan describir la problemática intervenida. Es por esto, que, el nivel de estudio es descriptivo, lo que significa que “el propósito es especificar las características de grupos o individuos y sus procesos o fenómenos que sean objeto de análisis y de interés para la investigación” (Hernández, Fernández & Baptista, 2014).

En última instancia, de acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014) esta investigación se enmarca en el diseño de investigación no experimental el cual es definido



como “un estudio que se realiza sin intención de manipulación de las variables, sino que su propósito es observar los fenómenos tal como se dan naturalmente para analizarlos” (p. 43). Dicho esto, el fenómeno a evaluar en la presente investigación no es manipulado bajo ninguna circunstancia por parte del investigador, ya que los datos arrojados corresponden a las capacidades de respuesta emitidas por los pilotos de ala rotatoria de la FAC.

Cabe aclarar que actualmente se está a la espera de autorización por parte del Comité Ético para proceder a la aplicación del instrumento diseñado para abordar la problemática central planteada en el presente proyecto, por lo que no se incluyen resultados ni conclusiones de este. Aun así, no se puede negar la influencia que tienen los factores motivacionales de los pilotos de ala rotatoria de la FAC al momento de solicitar la baja, por lo que la presente investigación apunta a identificar aquellos factores incidentes y fomentar estrategias y acciones correctivas que mitiguen dicha problemática.

**Palabras clave:** Seguridad operacional, piloto, ala rotatoria, motivación, realización personal.

## **Abstract**

In the psychological evaluations carried out during the last 10 years on the pilots and co-pilots of the FAC, a tendency to low motivation towards flight has been evidenced by these particular personnel, where most of them remain in air activity more for economic factors than by personal accomplishment in relation to the exerted work. Such is the situation on the part of some officers who request the change of autonomy to fly a fixed wing (airplane) or have even expressed intentions to request the withdrawal of the specialty so as not to continue flying in the institution.

The objective of this research is to determine the motivational factors of the FAC rotary wing pilots that affect safety as an input for the definition of corrective actions, which will be carried out through a qualitative approach, using an instrument Semi-structured interview that consists of 11 questions open to personnel who requested the flight loss in



the Colombian Air Force, which are focused on motivation, followed by a survey of sociodemographic factors to determine incident factors such as age and gender.

**Key words:** Operational safety, pilot, rotating wing, motivation, personal fulfillment.

### Referencias Bibliográficas

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación (5ta. ed.). México DF.

OACI. (2013). *Manual de gestión de la seguridad operacional ( SMM )*.

Publicaciones, I. Y., & Militares, F. (2012). *APTITUD PSICOFÍSICA ESPECIAL*.



**PROPUESTA DEL PROTOCOLO PARA LA CERTIFICACIÓN DE TIPO DE  
AERONAVES NO TRIPULADAS FABRICADAS POR LA INDUSTRIA  
AERONÁUTICA MILITAR COLOMBIANA**

**PROPOSAL FOR THE PROTOCOL FOR THE CERTIFICATION OF TYPE OF  
UNMANNED AIRCRAFT MADE BY THE COLOMBIAN MILITARY  
AERONAUTICAL INDUSTRY**

MY. PÉREZ SOSA FAUSTO ALBEIRO<sup>7</sup>

Fuerza Aérea - Colombia

**Resumen**

El Decreto presidencial 2937 asigna a la Autoridad Aeronáutica de Aviación de Estado (AAAES) entre otras la función de adoptar o estructurar métodos y procedimientos encaminados a estandarizar las actividades aeronáuticas desarrolladas por la Aviación de Estado en lo concerniente a las condiciones y requerimientos mínimos de aeronavegabilidad y mantenimiento de las aeronaves, así como también la de apoyar el diseño, desarrollo y certificación de productos aeronáuticos fabricados por la industria aeronáutica militar Colombiana. Adicionalmente las cuatro responsabilidades generales que son comúnmente aceptadas y asumidas a nivel mundial por todas las autoridades aeronáuticas y sobre las cuales la AAAES proyecta el cimiento de la estructura funcional son las de regular, certificar, vigilar y corregir.

Sumado a lo anterior, la Fuerza Aérea Colombiana (FAC) junto con la Dirección de Ciencia e innovación del Ministerio de Defensa MDN y la industria aeronáutica militar Colombiana, dentro de un proceso de desarrollo tecnológico, iniciaron en el año 2016 el diseño y fabricación de la aeronave no tripulada denominada QUIMBAYA, primera

---

<sup>7</sup>Ingeniero Mecánico, Ingeniero Aeronáutico, Especialista en Logística Aeronáutica, Master en Ensayos en Vuelo y Certificación de Aeronaves. Fuerza Aérea Colombiana - Autoridad Aeronáutica de Aviación de Estado (AAAES). Jefe Área Técnica AAAES. Colombia-Bogotá. faustoalbeiro@gmail.com



aeronave no tripulada fabricada por Colombia en toda su historia. Así mismo, mediante convenio binacional entre la Corporación de la Industria Aeronáutica Colombiana (CIAC) y la compañía AIRBUS MILITARY (España), comenzaron en el 2018 el proceso de viabilidad para el diseño y fabricación de una aeronave no tripulada con altas prestaciones, proyecto llamado ATLANTE que inicia su fase pre conceptual en el año 2021.

Teniendo en cuenta que a la fecha la Autoridad Aeronáutica de aviación de Estado desde su creación en el 2018, no ha definido un proceso de certificación de productos aeronáuticos Clase I y con el fin de disminuir los accidentes aéreos, mitigar riesgos, cumplir con los estándares internacionales de certificación de tipo y garantizar la Aeronavegabilidad de las futuras aeronaves, surge la necesidad de estructurar y desarrollar un protocolo estándar de certificación de tipo, para que sea de conocimiento, guía y utilización por la industria aeronáutica militar Colombiana. Derivado de lo anteriormente expuesto, este proyecto de investigación es de gran pertinencia ya que está enfocado en apoyar a la Autoridad Aeronáutica de Aviación de Estado en el cumplimiento de las funciones definidas por el gobierno nacional, y en este mismo sentido con las dos primeras responsabilidades generales expuestas (regular y certificar), las cuales son comúnmente aceptadas y asumidas a nivel mundial por todas las autoridades aeronáuticas y que buscan estructurar y consolidar un marco regulatorio aeronáutico robusto, acorde con las particularidades misionales de la Aviación de Estado, para incrementar la eficiencia y seguridad operacional, además de fomentar y apoyar la industria aeronáutica militar Colombiana.

Finalmente, este trabajo de grado contribuye al desarrollo de la línea de investigación de Factores de Material de la Maestría de Seguridad operacional, formalizada dentro del acta del consejo académico No. 008 del 2015, en lo referente a la segunda tendencia, donde se establece la necesidad de definir estándares y protocolos de procedimientos de certificación de aeronaves.

Este proyecto de investigación tiene como objetivos analizar cuáles son las regulaciones aeronáuticas civiles y militares actualmente existentes a nivel nacional e internacional, aplicables para certificación de tipo de aeronaves no tripuladas. Se consultan los requisitos para la certificación de Aeronavegabilidad que han emitido a la fecha las autoridades aeronáuticas reconocidas y con experiencia en este campo, lo anterior con el



fin de tener una perspectiva holística de las bases de certificación que se deben fijar y negociar entre la industria y la Autoridad, con el único propósito de cumplir con estos requisitos y de esta forma promover la operación segura de citada aeronave.

Posteriormente se estructura un modelo de plan de certificación tipo, en donde se describen las partes que conforman un plan de certificación tipo, como lo son las Bases de Certificación, definición de un Certificado y diseño de tipo, medios de cumplimiento (MOC), matriz de cumplimiento, plan de ensayos, declaración de Aeronavegabilidad para concluir con la inspección de conformidad. Finalmente se describen los ensayos en vuelo que se deben realizar en cumplimiento a la matriz de certificación, así como también el análisis de seguridad (THAs) y check list de seguridad.

Por su uso esta investigación es de tipo explicativa ya que se apoya dentro de un contexto teórico y su propósito fundamental es el de desarrollar teoría o procesos mediante el descubrimiento de amplias generalizaciones o principios.” (Tamayo, 2003. p.42). Esta forma de investigación se emplea cuidadosamente en este trabajo, teniendo en cuenta que lo que se pretende es entregar el protocolo para el proceso certificación de tipo de aeronaves no tripuladas, basado en procedimientos y requisitos internacionales, pero que se puedan describir y adoptar en la Aviación de Estado de Colombia. Por su alcance esta investigación es de tipo descriptiva ya que esta se fundamenta en la descripción de las partes que conforman un proceso de certificación de aeronaves, características fundamentales, ensayos en tierra y en vuelo más representativos con el fin de lograr una interpretación más correcta del modelo a seguir para la certificación de aeronavegabilidad de un prototipo.

Los siguientes resultados preliminares son parte de la narrativa del investigador a partir de su formación pos gradual en ensayos en vuelo y certificación de aeronaves, así como la experiencia adquirida en el Job in training en las Autoridades Aeronáuticas militares de España y Brasil, además de las lecciones aprendidas en el proceso de certificación desarrollado en años anteriores en la aeronave T-90 CALIMA. El Plan de Certificación tiene como objetivo poder afirmar que una aeronave sea capaz de volar de manera segura bajo unas condiciones y limitaciones definidas, es decir que sea aeronavegable.

La obtención y el mantenimiento de la aeronavegabilidad (aeronavegabilidad inicial y aeronavegabilidad continuada respectivamente) exigen garantía de la calidad en el diseño, en el desarrollo, en la fabricación, en las pruebas y ensayos, en los equipos de medida, en la documentación y en los cambios, en los suministros y en el mantenimiento.

Todo proceso de certificación sigue una serie de tareas que han de realizarse para la obtención del Certificado (certificado de tipo). Los pasos a seguir son los siguientes: Una vez iniciados los contactos con el solicitante del certificado, se asigna un Jefe de Programa de Certificación. El jefe de programa será el encargado de la edición y actualización del plan de actividades asociado al proceso de certificación. La responsabilidad del jefe del programa implica el seguimiento continuo del proceso de certificación, estableciendo de canales de comunicación adecuados entre el solicitante y los especialistas involucrados en el programa, para optimizar así las actividades de certificación, controlando la aprobación de las bases de certificación y de la matriz de cumplimiento.

Las autoridades presentes serán las encargadas de exponer al solicitante del certificado los requerimientos generales de la autoridad, necesarios para la puesta en marcha del programa así:

- Presentación general acerca de los sistemas que se van a someter al proceso de certificación, y en donde se entregarán por parte del solicitante los documentos expuestos arriba de forma más elaborada.

- Una vez que el solicitante está en disposición de asumir lo que implica un proceso de certificación, tendrá que dirigir un escrito pidiendo que sean abordadas las tareas necesarias para la certificación de su producto aeronáutico.

- Cuando esté este documento en manos del Jefe del Programa, éste tendrá que asignar los especialistas adecuados.

El Jefe del Programa crea el Plan de Actividades correspondiente, en el cual se expondrá:

- Objetivo del Plan. • Actividades de certificación. • Recursos requeridos. • Gastos previstos

Una vez aprobado el Plan de Actividades, el Jefe de Programa debe



comunicárselo al solicitante, para que éste proceda a la presentación oficial a la Autoridad del proyecto con su idea del plan de certificación.

En la presentación general el solicitante del certificado debe profundizar más tanto en la presentación del producto que se pretende certificar, haciendo una descripción detallada del mismo, como del Plan de Certificación que propone. El plan de certificación es el documento en el que se basa la certificación de la aeronave, forma parte del contrato establecido entre cliente y fabricante antes del desarrollo del proyecto. El Fabricante solicita a la AAAES el inicio del proceso de Certificación y, entonces, se fijan conjuntamente las BASES DE CERTIFICACIÓN.

El esquema general de un plan de certificación es el siguiente:

- Objeto del Documento.
- Descripción del Sistema y Subsistemas, de forma que los especialistas de cada disciplina tengan una idea clara del producto a certificar.
- Bases de Certificación propuestas, condiciones especiales y cambios que requieran una revisión del Certificado de Tipo.
- Matriz de cumplimiento
- Medios de cumplimiento mediante la matriz de cumplimiento (MOC).
- Plan de ensayos.
- Declaración de Aeronavegabilidad.
- Inspección de conformidad
- Calificación de equipos.

Para la definición de las Bases de Certificación se deberán seguir los siguientes pasos:

1. Identificación de los requisitos aplicables en la fecha de la solicitud de certificación.
2. En el caso de un modelo derivado de otra ya certificado, identificación de los cambios al diseño de tipo (modelo propuesto) entre el ya certificado y aquel para el que se solicita la certificación.
3. En este mismo caso, determinación de las enmiendas de los requisitos, posteriores a la fecha de establecimiento de las Bases de Certificación del modelo ya certificado, con lo que el solicitante elegirá libremente demostrar cumplimiento.
4. Determinación de las posibles Condiciones Especiales. Exenciones y Declaraciones de Seguridad Equivalentes.
5. Discusión entre solicitante y especialista de la AAAES, con objeto de aceptar las revisiones, por parte del solicitante, de los requisitos a las Bases de Certificación de referencia.
6. Notificación final de las Bases de Certificación. Definidos los medios de cumplimiento puede realizarse la correspondiente matriz de cumplimiento.



Esta es la mejor herramienta para el control en todo momento del proceso de certificación. En esta matriz se identifican los requisitos de Aeronavegabilidad, los medios de cumplimiento propuestos y los documentos justificativos de dichos medios de cumplimiento. También puede aparecer la enmienda aplicable para cada requisito, panel al que pertenece, etc. Como conclusiones preliminares en cuanto a la búsqueda y análisis de regulaciones internacionales existentes para la certificación de tipo de aeronaves no tripuladas, se pudo evidenciar que se pueden utilizar los requisitos de las normas EASA CS (European Aviation Safety Agency Certification Specification), FAR (Federal Aviation Regulation), sin embargo, las Militares son las más avanzadas y claras para este tipo de aeronaves no tripuladas.

Las bases de certificación iniciales no contendrán todas las condiciones especiales, exenciones o declaraciones de seguridad equivalente, pero deben desarrollarse tan pronto como sea posible, registrando los diferentes pasos para su desarrollo y aprobación. Al establecer las bases de certificación finales se deberán registrar todas y cada una de las que se hayan determinado, definiendo la Matriz de Cumplimiento (Check List) como medio para comprobación. Debido a la ausencia de piloto en los vehículos aéreos no tripulados los requisitos de Aeronavegabilidad son distintos a los establecidos en aeronaves tripuladas. Esto ha llevado a muchos países a desarrollar una normativa para este tipo de aeronaves.

Actualmente se intenta unificar la normativa existente para cada país en una normativa conjunta e internacional que facilite el proceso de certificación de estos programas. El solicitante del certificado de Aeronavegabilidad deberá demostrar el cumplimiento de cada uno de los requisitos definidos en las Bases de Certificación aprobadas y hacerlo según los medios de demostración pactados. También deberá cumplir con los procedimientos específicos del programa de certificación acordado, documentar las evidencias de demostración de cumplimiento y ponerlas a disposición de la autoridad, así como facilitar a los técnicos las medidas necesarias para comprobar las evidencias de demostración de cumplimiento con las Bases de Certificación.

Palabras clave: Aeronaves no tripuladas, certificación de tipo, regulaciones aeronáuticas, ensayos en vuelo, Aeronavegabilidad.



## Abstract

Presidential Decree 2937 assigns to the State Aviation Aeronautical Authority (AAAES), among others, the function of adopting or structuring methods and procedures aimed at standardizing the aeronautical activities developed by State Aviation regarding minimum airworthiness conditions and requirements. and maintenance of the aircraft, as well as to support the design, development and certification of aeronautical products manufactured by the Colombian military aeronautical industry. Additionally, the four general responsibilities that are commonly accepted and assumed worldwide by all the aeronautical authorities and on which the AAAES projects the foundation of the functional structure are those of regulating, certifying, monitoring and correcting.

In addition to the above, the Colombian Air Force (FAC) together with the Science and Innovation Directorate of the Ministry of Defense MDN and the Colombian military aeronautical industry, within a process of technological development, began in 2016 the design and manufacture of the unmanned aircraft called QUIMBAYA, the first unmanned aircraft manufactured by Colombia in its entire history. Likewise, through a binational agreement between the Colombian Aeronautical Industry Corporation (CIAC) and the company AIRBUS MILITARY (Spain), they began in 2018 the feasibility process for the design and manufacture of a high-performance unmanned aircraft, a project called ATLANTE that begins its pre-conceptual phase in 2021.

Taking into account that, to date, the State Aviation Aeronautical Authority since its creation in 2018, has not defined a certification process for Class I aeronautical products and in order to reduce air accidents, mitigate risks, comply with standards international type certification and guarantee the airworthiness of future aircraft, the need arises to structure and develop a standard type certification protocol, so that it is known, guided and used by the Colombian military aeronautical industry. Derived from the above, this research project is of great relevance since it is focused on supporting the State Aviation Aeronautical Authority in fulfilling the functions defined by the national government, and in this same sense with the first two responsibilities general regulations (regulate and certify), which are commonly accepted and assumed worldwide by all aeronautical authorities, and which seek



to structure and consolidate a robust aeronautical regulatory framework, in accordance with the missionary particularities of State Aviation, to increase efficiency and operational security, in addition to promoting and supporting the Colombian military aeronautical industry.

Finally, this degree work contributes to the development of the line of research on Material Factors of the Master of Operational Safety, formalized within the minutes of academic council No. 008 of 2015, regarding the second trend, where the need is established to define standards and protocols for aircraft certification procedures. This research work aims to analyze which are the civil and military aeronautical regulations currently existing at national and international level, applicable for type certification of unmanned aircraft.

The requirements for airworthiness certification that have been issued to date by recognized aeronautical authorities with experience in this field will be consulted, in order to have a holistic perspective of the certification bases that must be established and negotiated between the industry and the Authority, with the sole purpose of complying with these requirements and thus promoting the safe operation of said aircraft. Subsequently, a model type certification plan will be structured, where the parts that make up a type certification plan will be described, such as the Certification Bases, definition of a Certificate and type design, means of compliance (MOC), matrix of compliance, certification and qualification documents, test plan, airworthiness statement to finally conclude with the conformity inspection.

Finally, the flight tests that must be carried out in compliance with the certification matrix will be defined, as well as the safety analysis (THAs) and safety check list. Due to its use, this research is explanatory as it is supported within a theoretical context and its fundamental purpose is to develop theory or processes by discovering broad generalizations or principles. ” (Tamayo, 2003. p.42). This form of research is carefully used in this work, bearing in mind that what is intended is to deliver the protocol for the unmanned aircraft type certification process, based on international procedures and requirements, but that can be described and adopted in the Colombian State Aviation.

Due to its scope, this research is descriptive since it is based on the description of the parts that make up an aircraft certification process, fundamental characteristics, more



representative ground and flight tests in order to achieve a more correct interpretation of the model to follow for the airworthiness certification of a prototype. The following preliminary results are part of the researcher's narrative from his postgraduated training in flight tests and certification of aircraft, as well as the experience gained in Job in training at the Military Aeronautical Authorities of Spain and Brazil, in addition to the Lessons learned in the certification process developed in previous years on the T-90 CALIMA aircraft. The Certification Plan aims to be able to affirm that an aircraft is capable of flying safely under defined conditions and limitations, that is, it is airworthy.

Obtaining and maintaining airworthiness (initial airworthiness and continued airworthiness respectively) require quality assurance in design, development, manufacturing, testing and testing, measurement equipment, documentation and changes, supplies and maintenance. Every certification process follows a series of tasks that must be carried out to obtain the Certificate (type certificate). The steps to follow are those: After initiating contacts with the certificate applicant, a Certification Program Manager is assigned. The program manager will be in charge of editing and updating the activity plan associated with the certification process. The responsibility of the head of the program implies the continuous monitoring of the certification process, establishing adequate communication channels between the applicant and the specialists involved in the program, in order to optimize the certification activities, controlling the approval of the certification and certification bases. the compliance matrix.

The authorities present will be in charge of exposing the certificate applicant to the general requirements of the authority, necessary for the implementation of the program, as follows: • General presentation about the systems that will be submitted to the certification process, and where the documents set forth above will be delivered in a more elaborate way. • Once the applicant is in a position to assume what a certification process implies, he will have to write a letter asking that the necessary tasks for the certification of his aeronautical product be addressed. • When this document is in the hands of the Program Manager, he will have to assign the appropriate specialists.

The Head of the Program creates the corresponding Activity Plan, which will expose: • Objective of the Plan. • Certification activities. • Required resources. • Expected expenses Once the Activity Plan is approved, the Program Manager must communicate it



to the applicant, so that he may proceed with the official presentation to the Project Authority with his idea of the certification plan. In the general presentation, the applicant for the certificate must go deeper into both the presentation of the product to be certified, making a detailed description of it, and the Certification Plan it proposes.

The certification plan is the document on which the certification of the aircraft is based, it is part of the contract established between client and manufacturer before the development of the project. The Manufacturer requests the AAAES to start the Certification process and, then, the BASES OF CERTIFICATION are jointly established.

The general outline of a certification plan is as follows:

- Purpose of the Document.
- Description of the System and Subsystems, so that the specialists of each discipline have a clear idea of the product to be certified.
- Proposed Certification Bases, special conditions and changes that require a revision of the Type Certificate.
- Compliance matrix
- Means of compliance through the compliance matrix (MOC).
- Test plan.
- Airworthiness Declaration.
- Compliance inspection
- Equipment qualification

To define the Certification Bases, the following steps must be followed:

1. Identification of the applicable requirements on the date of the certification request.
2. In the case of a model derived from another already certified, identification of the changes to the type design (proposed model) between the already certified and the one for which the certification is requested.
3. In this same case, determination of the amendments to the requirements, after the date of establishment of the Certification Bases of the model already certified, with which the applicant will freely choose to demonstrate compliance.
4. Determination of possible Special Conditions. Equivalent Exemptions and Security Statements.
5. Discussion between applicant and AAAES specialist, in order to accept the revisions, by the applicant, of the requirements to the Reference Certification Bases.
6. Final notification of the Certification Bases.

Once the means of compliance have been defined, the corresponding compliance matrix can be made. This is the best tool for monitoring the certification process at all times.

This matrix identifies the Airworthiness requirements, the proposed means of compliance and the supporting documents for said means of compliance. The applicable amendment may also appear for each requirement, panel to which it belongs, etc. As preliminary conclusions regarding the search and analysis of existing international regulations for the certification of unmanned aircraft type, it was evident that the

requirements of the EASA CS ( European Aviation Safety Agency Certification Specification), FAR (Federal) standards can be used. Aviation Regulation), however the Military are the most advanced and clear for this type of unmanned aircraft. The initial certification bases will not contain all the special conditions, exemptions or equivalent security declarations but must be developed as soon as possible, recording the different steps for their development and approval. When establishing the final certification bases, each and every one that has been determined must be registered, defining the Compliance Matrix (Check List) as a means of verification.

Due to the absence of a pilot in unmanned aerial vehicles, the airworthiness requirements are different from those established in manned aircraft. This has led many countries to develop regulations for this type of aircraft. Currently, an attempt is being made to unify the existing regulations for each country into a joint and international regulation that facilitates the certification process of these programs. The applicant for the airworthiness certificate must demonstrate compliance with each of the requirements defined in the approved Certification Bases and do so according to the agreed demonstration means. You must also comply with the specific procedures of the agreed certification program, document the evidence of compliance and make it available to the authority, as well as provide the technicians with the necessary measures to check the evidence of compliance with the Certification Bases.

**Key words:** Unmanned aircraft, type certification, aeronautical regulations, flight tests, Airworthiness.

## Referencias Bibliográficas

- Agency, E. E. (2016). EUROPEAN MILITARY AIRWORTHINESS DOCUMENT EMAD 21: EUROPEAN DEFENCE AGENCY.
- Bolkcom, C. (2009). Homeland Security Unmanned Aerial Vehicles and Border Surveillance.
- Bortner, R. (2012). Certification Challenges for Autonomous Flight Control Systems. Clothier, R. (2016). Determination and Evaluation of UAV Safety Objectives.
- Cordero, Z. R. (2009). LA INVESTIGACIÓN APLICADA: UNA FORMA DE CONOCER. Costa Rica: Universidad de Costa Rica.



Dong, L. (EE.UU, 2011). Application of Small UAV for Urban. 1-22. EAN, U. (2018). Modulo metodologia de la investigación. Bogota: EPFAC.

EASA. (2016). EMAR 21 EUROPEAN DEFENCE AGENCY. EUROPEAN MILITARY AIRWORTHINES.REGULATION.

EASA. (2016). EUROPEAN MILITARY AIRWORTHINESS DOCUMENT EMAD 21. UNION EUROPEA: EUROPEAN DEFENCE AGENCY.

Elias, B. (EE2012). Pilotless Drones: Background and Considerations for Congress Regarding Unmanned Aircraft Operations in the National Airspace System. ESPAÑA RAD, M. D. (2015). Reglamento de Aeronavegabilidad de la Defensa. Madrid: MDE. Esterberg. (2002). Qualitative methods in social research. Boston.: McGraw Hill.

G, H. (2013). Unmanned aircraft systems integration into the national airspace. Gonçalves Paula. (2015). Establishment of an initial maintenance program for UAVs based on reliability principle.

Gutiérrez, G. (2016). Drones In Archaeology. 9. Haddon, C. (2014). UK-CAA Policy For Light UAV Systems.

Harrison, G. (2013). Unmanned aircraft systems integration into the national airspace.

Jaén,(2010).<https://ewb.ihs.com/#/document/WPESHFAAAAAAAAAA?qid=636915519146404608&sr=re-3-10&kbid=4%7C20027&docid=942835887#h9dcb833d>. European Aviation Safety Agency EASA.

Javier, M. (2010). Apuntes Master de Ensayos en Vuelo 2010. Madrid.

Jones, T. (2016). Considerations for flight testing of UAVs in South African airspace. Faculty of Engineering, Stellenbosch University.

Keane, A. J. (2011). Multidisciplinary Design Optimization of UAV Airframes. 1-15.

Martin, N. (2007). Structural Design Aspects and Criteria for Military UAV. Matt Webster, M. F. (2011). Formal Methods for the Certification of Autonomous Unmanned Aircraft System. Reino Unido.

Matt Webster, M. F. (2011). Formal Methods for the Certification of Autonomous Unmanned Aircraft System. 21.

Mills,R.(2005)[www.human\\_factors\\_maintenance/human\\_factors\\_guide\\_for\\_aviation\\_maintenance\\_-\\_chapter\\_16.maintenance\\_resource\\_management.pdf](http://www.human_factors_maintenance/human_factors_guide_for_aviation_maintenance_-_chapter_16.maintenance_resource_management.pdf). FAA.

Nelson, G. M. (2012). Prospective Unmanned Aerial Vehicle Operations in the Future National Airspace System.

OACI. (2016). ICAO - International Civil Aviation Organization ICAO 9708 - Air Navigation Plan - Middle East Region - First Edition Supersedes 8700.

Pablo, A. P. (2009). Diseño de un Aeromodelo radio controlado para misiones de vigilancia. Colombia.



# PELIGROS DE LA OPERACIÓN AÉREA EN LA ANTÁRTIDA PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD OPERACIONAL DE LA FUERZA AÉREA COLOMBIANA

## ANTARCTIC AIR OPERATION HAZARDS TO ASSURE COLOMBIAN AIR FORCE AVIATION SAFETY.

TABARES GÓMEZ WILLIAM ANDRÉS<sup>8</sup>

Fuerza Aérea – Colombia

### Resumen

Como una decisión de estado, la Fuerza Aérea Colombiana continuará con el apoyo a las futuras expediciones antárticas para apoyar la política nacional de calificar a la nación como miembro consultivo del continente blanco, por tal motivo se debe robustecer los conocimientos de los peligros que representa para la aviación el vuelo en la antártica mejorando de manera continua y progresiva todos los procedimientos que se deben llevar a cabo para garantizar una operación segura con los más altos estándares en la Seguridad Operacional. El objetivo de esta investigación es identificar los peligros más representativos para la aviación en esos climas adversos y rápidamente cambiantes que presenta el polo sur siendo este, un desafío muy grande para las operaciones en una atmósfera tan diversa, hostil y desconocida para la humanidad, y más para la aviación en General.

Partiendo del nuevo entorno operacional de la FAC surge la pregunta ¿Cómo identificar los peligros de la operación aérea en la Antártida para garantizar la seguridad operacional de la Fuerza Aérea Colombiana? Riesgos como viento, bajas temperaturas, nieve, pista contaminada, son unos de los factores que se deben tener en cuenta para elaborar un panorama de riesgos robusto y suficiente que garantice una operación segura de las aeronaves que requiera la misión colombiana en sus futuras expediciones al continente austral. Países como Chile, Argentina, Uruguay, EEUU, Brasil entre otros, ya

---

<sup>8</sup> Administrador Aeronáutico. Fuerza Aérea Colombiana. William.tabares@fac.mil.co



viene realizando operaciones aéreas en la Antártida, en donde este tipo de operaciones se hacen necesarias por la incapacidad de navegar en el mar dadas las bajas temperaturas que se presentan en el ambiente austral durante la mayoría del tiempo y por algunos puntos distantes en donde no se puede acceder por vía marítima. De igual manera, dichos países cuentan con bases permanentes en dicho territorio lo cual hace indispensable el transporte cotidiano de logística en general para la sostenibilidad de sus operaciones, contexto en el cual, el apoyo aéreo se hace indispensable para el mantenimiento de la operación logística y científica Antártica. La seguridad operacional en la industria de la aviación se basa en la mitigación de posibles amenazas en todos sus procesos operacionales buscando como fin último evitar estados no deseados por parte de las tripulaciones y aeronaves que podrían desencadenar en eventos como incidentes o accidentes que traen consigo consecuencias nefastas para una organización.

La Antártida será un objetivo primordial para Colombia en los próximos años. La Fuerza Aérea por sus capacidades actuales, será la institución llamada a contribuir de manera activa en todas las expediciones que Colombia realice al continente blanco y deberá garantizar la seguridad operacional de todas sus operaciones con el fin de mantener siempre sus altos estándares de seguridad en todas sus operaciones aéreas. La preparación técnica de las aeronaves, y el entrenamiento de sus tripulaciones serán la base fundamental para mantener una seguridad operacional óptima en el cumplimiento de las misiones antárticas.

**Palabras clave:** Seguridad Operacional, Antártica, Vuelos polares

### **Abstract**

As a state decision, the Colombian Air Force will continue to assist future Antarctic expeditions to support the national policy of qualifying the nation as a consultative member of the white continent, for this reason we need to enhance the knowledge of the risks it represents for aviation flying over Antarctic, improving in a progressive manner all procedures that need to be accomplished to guarantee safe operation with the highest standards in operations safety. The target of this research is to identify the most



representative hazards for aviation in those adverse and rapidly changing climates that the South Pole present. Being this, a very great challenge for operations in an atmosphere so diverse, hostile and unknown to humanity, and more for general aviation.

**Key words:** Antartic flights, Operational safety, Antartic hazards.

## Referencias Bibliográficas

- Comando de Fuerza Aérea Colombiana. (2015). Manual De Técnicas Y Procedimientos Para Vuelos A Territorio Antártico En El Equipo C-130H. Bogotá D.C: TC Ramírez.
- Comisión Colombiana del Océano. (18 de febrero de 2015). Obtenido de Comisión Colombiana del Océano.: <http://www.cco.gov.co/cco/nosotros/la-comision.html>
- Comité Técnico Nacional de Asuntos Antárticos. (2018b). Programa Antártico Colombiano. Bogotá D.C.
- Conway, J. (2012). Hacia una estrategia ártica de la Fuerza Aérea. Air Space Power Journal.
- Deobold, V. D. (12 Septiembre de 2006 de 2006). La Investigación Descriptiva. Obtenido de Explorable. com: <https://noemagico.blogia.com/2006/091301-la-investigaci-ndescriptiva.php>
- Echemendía, B. (2011). Definiciones acerca del riesgo y sus implicaciones . Cuba. ECURED. (15 de Septiembre de 2018).
- Ecured. Obtenido de Conocimiento de todos y paratodos: [https://www.ecured.cu/Investigación\\_no\\_experimental](https://www.ecured.cu/Investigación_no_experimental)
- EGAST. (2017). Formación de hielo en los motores a pistón. AGENCIA ESTATAL DE SEGURIDAD AÉREA (AESA).
- EGAST. (2017b). FORMACIÓN DE HIELO EN VUELO. GRUPO EUROPEO PARA LA SEGURIDAD EN LA AVIACIÓN.



# ESCENARIOS SIMULADOS PARA ENTRENAR Y EVALUAR HABILIDADES NO TÉCNICAS EN LOS PILOTOS DE LA FUERZA AÉREA COLOMBIANA.

## ***SIMULATED SCENARIOS TO TRAIN AND EVALUATE NON-TECHNICAL SKILLS IN COLOMBIAN AIR FORCE PILOTS.***

Capitán RUIZ PINEDA PAUL FRANCISCO<sup>9</sup>

Fuerza Aérea – Colombia

### Resumen

El Proyecto propone un procedimiento de entrenamiento y evaluación de las habilidades no técnicas a los pilotos de la Fuerza Aérea Colombiana, como necesidad de implementar, en el manual de instrucción y entrenamiento de la Institución, un método estandarizado, que pueda ser utilizado por las escuelas de vuelo en el desarrollo de programas de vuelo al interior de cada una. Para ello se definieron 4 habilidades no técnicas orientadas a la reducción del error humano en todas las cabinas de vuelo y ambientes donde opere el hombre: mantenimiento de la conciencia situacional; toma de decisiones; liderazgo; comunicación y trabajo en equipo.

A nivel mundial la comunidad aeronáutica y científica habla que, el manejo de recursos de cabina, en inglés *CRM (Crew Resource Management)*, se encuentra en un estado actual llamado “sexta generación”, lo que ha implicado cambios a partir de la experiencia y el desarrollo tecnológico desde su creación en 1978, por la Administración

---

<sup>9</sup> Oficial del Curso numero 80, Especialidad Piloto, Ingeniero Mecanico con Especialización en Diseño Mecanico. Estudiante de la Maestría en Seguridad Operacional. Actualmente se desempeña como piloto alumno en Satena y trabajo en la Direccion de Operaciones Especiales del Comando de Operaciones de la Fuerza Aérea Colombiana. Cargo de especialista operacional planes y directivas de la Jefatura de Operaciones Especiales. [Francisco.ruiz@fac.mil.co](mailto:Francisco.ruiz@fac.mil.co); [paulfrancisco31@outlook.es](mailto:paulfrancisco31@outlook.es)



Nacional de la Aeronáutica y del Espacio “NASA”, a la fecha. En el cual se prioriza la implementación de programas de instrucción y entrenamiento a partir de datos conocidos en habilidades no técnicas.

La aviación se ha desarrollado tecnológicamente a pasos agigantados y en una forma exponencial desde su creación, con la premisa de ser más segura a medida que incidentes y accidentes han generado lecciones aprendidas, cambiando desde la ergonomía hasta la forma que la automatización hace volar. A pesar de lo anterior, los accidentes siguen ocurriendo.

Entre el 60 y 80% de los accidentes de aviación son atribuibles, a errores humanos (Shappell, y otros, 2007), y aunque los pilotos estén entrenados, calificados y aptos para volar, se siguen cometiendo errores por parte de las tripulaciones que en muchos casos generan fatalidades. Esto hace reflexionar sobre la instrucción orientada a la toma de decisiones y todas aquellas habilidades que puedan reducir el error humano. Es allí donde se orienta este documento, el que ofrece una metodología de instrucción que pueda ser implementado en las escuelas de vuelo para medir y calificar a los pilotos en el desarrollo de estas habilidades.

La investigación de este proyecto, tipo cualitativa interpretativa con enfoque hermenéutico se guía bajo 3 fases:

1. Identificar que habilidades no técnicas han sido factores contribuyentes en incidentes y accidentes de la Fuerza Aérea Colombiana.
2. Evaluar la funcionalidad de técnicas y procedimientos pedagógicos para la enseñanza de habilidades no técnicas en los pilotos de la Fuerza Aérea Colombiana por medio de la existencia de los simuladores de vuelo que posee cada unidad y escuela de vuelo.
3. Estructurar un procedimiento de instrucción y evaluación en habilidades no técnicas para incluir en el manual de instrucción y entrenamiento de la Fuerza Aérea Colombiana de fácil entendimiento y desarrollo para los pilotos.



En la primera fase se obtiene que la enseñanza en CRM en la Fuerza Aérea Colombiana esta regida por el manual de instrucción y entrenamiento donde establece que ningún tripulante que termine su capacitación en las escuelas básicas podrá desempeñarse en cargos de vuelo de los equipos avanzados hasta que complete y certifique el curso de CRM, establecido por medio del Objetivo Virtual de Aprendizaje (OVA), así como un oficio donde se ordena un tiempo mínimo para ser dictada la clase de CRM, en los cursos iniciales y recurrentes de vuelo. Adicional, de una clasificación de un total de 69 eventos, entre el 2018 y el 2020, se obtiene que el 57% de los eventos son resultado y tienen factor contribuyente el liderazgo (no ajusta ni mantiene los estándares), el 29% a conciencia situacional (no recoge información relevante; no interpreta ni entiende la información), el 12% a toma de decisiones (no revisa y no evalúa la opción tomada), y 2% a administración de tareas.

**Palabras clave:** CRM: Crew Resource Management, Habilidades no técnicas.

## Summary

The Project proposes a procedure for training and evaluating non-technical skills to pilots of the Colombian AirForce, as a need to implement,, in the instructional and training manual of the Institution,, a standardized method, which can be used by flight schools in the development of flight programs within each. For this purpose, 4 non-technical skills were defined aimed at reducing human error in all cockpits and environments where man operates: maintaining situational awareness;; decision-making;; leadership; communication and teamwork.

Globally the aeronautical and scientific community habla that,, the management of cabin resources, in CRM (*Crew Resource Management*), is in a current state called "sixthgeneration",which has involved changes from experience and technological development since its creation in 1978,, by the National Aeronautics and Space Administration sexta generación "NASA"NASA",to date. In which the implementation of instructional and training programs is prioritized from known data in non-technical skills.



Aviation has developed technologically in leaps and bounds and in an exponential way since its creation, with the premise of being safer as incidents and accidents have generated lessons learned, changing from ergonomics to the way automation makes fly. Despite the above, accidents continue to happen.

Between 60 and 80% of aviation accidents are attributable, to human error, and even if pilots are trained, qualified and fit to fly, mistakes are still made by crews that in many cases generate fatalities. This makes you reflect on decision-oriented instruction and all those skills that can reduce human error. It is there that this document is oriented, which provides an instructional methodology that can be implemented in flight schools to measure and rate pilots in the development of these skills. (Shappell, and Others, 2007)

The research of this project, interpretive qualitative type with hermeneutic approach is guided under 3 phases:

1. Identify which non-technical skills have been contributing factors in Colombian Air Force incidents and accidents.
2. Evaluate the functionality of pedagogical techniques and procedures for teaching non-technical skills in Colombian Air Force pilots by means of the existence of flight simulators possessed by each unit and flight school.
3. Structure an instructional and evaluation procedure in non-technical skills to include in the Colombian Air Force instruction and training manual of easy understanding and development for pilots.

In the first phase it is obtained that CRM teaching in the Colombian Air Force is governed by the instruction and training manual where it states that no crew member who completes his training in the basic schools can perform in flight positions of the advanced teams until he completes and certifies the CRM course, established through the Virtual Learning Objective (OVA), as well as a trade where a minimum time is ordered to be dictated the CRM class, in the initial and recurring courses. In addition, from a rating of a total of 69 events, between 2018 and 2020, it is obtained that 57% of the events are resulting and have contributing factor leadership (does not adjust or maintain the standards), 29% in situational awareness (does not collect relevant information; does not interpret or understand the

information), 12% to decision-making (does not review and does not evaluate the option made), and 2% to task management.

**Keywords.** CRM: Crew Resource Management, Non-technical skills.

## Referencias Bibliograficas

NASA. (1981). *Guidelines for Line-Oriented Flight Training*. NASA. Moffett Field: NASA JSC TECHNICAL LIBRARY.

Jensen, R. S. (1989). *Aeronautical Decision Making Cockpit Resource Management*. The Ohio State University, Aviation Psychology Laboratory, Arlington, Virginia. Obtenido de <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a205115.pdf>

Helmreich, R. L. (1989). *NASA*. Obtenido de NASA: <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19870013202.pdf>

Ruiz Bolivar, C. (2013). *Instrumentos y Tecnicas de Investigación Educativa: Un Enfoque Cuantitativo y Cualitativo para la Recolección y Análisis de Datos*. (D. T. Consulting, Ed.) BookBaby, Texas, USA: BookBaby.

Flin, R., Matin, L., Goeters, K.-M., Hormann, H.-j., Amalberti, R., Valot, C., & Nijhuis, H. (01 de 01 de 2003). *Development of the NOTECHS (non-technical skills) system for assessing pilots' CRM skills*. Recuperado el marzo de 2020, de researchgate: [https://www.researchgate.net/publication/224989989\\_Development\\_of\\_the\\_NOTECHS\\_non-technical\\_skills\\_System\\_for\\_Assessing\\_Pilots'\\_CRM\\_Skills/link/58918d39a6fdcc1b4145ee99/download](https://www.researchgate.net/publication/224989989_Development_of_the_NOTECHS_non-technical_skills_System_for_Assessing_Pilots'_CRM_Skills/link/58918d39a6fdcc1b4145ee99/download)

Thomas, M. (2004). Predictors of Threat and Error Management: Identification of Core Nontechnical Skills and Implications for Training Systems Design. *International Journal of Aviation Psychology*, 207-231.

Ruff-Stahl, H.-J., Vogel, D., Dmoch, N., Krause, A., Strobl, A., Farsch, D., & Stehr, R. (2016). Measuring CRM Aptitude: Is NOTECHS a Suitable Tool for Pilot Selection? *International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace*, Article 4.



**TIPIFICAR UN SISTEMA DE EVALUACIÓN Y CONTROL EFICIENTE DE GESTIÓN OPERACIONAL AJUSTADO A SATENA PARA FORTALECER LA OPERACIÓN Y LA SEGURIDAD AÉREA DE LA COMPAÑÍA**

***TYPIFY AN EFFICIENT EVALUATION AND OPERATIONAL MANAGEMENT CONTROL SYSTEM ADJUSTED TO SATENA TO STRENGTHEN THE COMPANY'S OPERATION AND AIR SAFETY***

TC. Jeekson Martin Romero Toro<sup>10</sup>

Fuerza Aérea – Colombia

## **Resumen**

En los últimos 20 años, la industria aeronáutica a nivel global, conociendo la necesidad de tener organizaciones seguras y eficientes en la aviación y dando cumplimiento a los requisitos que exige la OACI (Organización Aérea Civil Internacional) a través de sus 19 anexos, han estructurado diferentes tipos de sistemas de evaluación y control de la operación y la seguridad operacional que han sido incorporados para beneficiar los diferentes sectores de la industria de la aviación.

---

<sup>10</sup> Teniente Coronel de la Fuerza Aérea Colombiana. Piloto e instructor de vuelo. Administrador Aeronáutico. Especialista en Seguridad y Defensa Nacional de la ESDEGUE. Oficial de seguridad del Curso 23 del Instituto Militar Aeronáutico. Curso Spanish Aviation Safety Management – Fort Rucker – USA. Curso de QMS, SMS básico y avanzado UAEAC. Profesor militar e Instructor Académico y de vuelo. Instructor CFIT, ALA y CRM de la Fuerza Aérea. Fuerza Aérea Colombiana. Subdirector de Fiabilidad de la Dirección de seguridad operacional. Oficial de Seguridad Operacional FAC. jeekson.romero@fac.mil.co



Por lo tanto, las aerolíneas han buscado seleccionar dado su capacidad operativa y organizacional, un sistema que se ajuste a su necesidades y políticas empresariales y que brinden beneficios tanto económicos, de rentabilidad y fortalezca la seguridad operacional.

Por consiguiente, las Compañías aéreas han modificado sus organizaciones con el fin de adaptarse a los cambios en seguridad operacional, especialmente en la evaluación, gestión y control de sus procesos; donde algunas han optado por sistemas sencillos como ISO 9001-2015 y otras con sistemas más robustos e integrales como IOSA (IATA Operational Safety Audit) de IATA, lo anterior, ajustándose a su capacidad en recursos, tamaño de la organización y tipo de aviación.

El problema que mantiene la compañía, es que actualmente no tiene un sistema de evaluación y control que avale sus estándares, sus procesos operacionales y de seguridad, la empresa no tiene la opción de obtener beneficios comerciales con otras aerolíneas, no puede acceder a códigos compartidos, a reducción de costos por seguros y por lo tanto a proyectar su visión empresarial, asimismo, SATENA no tiene claro que tipo de auditoria se ajustaría a su estructura organizacional, operacional y comercial.

La presente Investigación hace énfasis en la estrategia que como compañía debe tomar la empresa Servicio Aéreo a Territorios Nacionales S.A. (SATENA), al tener la decisión de identificar y establecer un sistema adecuado a su organización, que evalúe la operación y la seguridad operacional, que sea efectivo y le garantice mantenerse en el mercado como una aerolínea de desarrollo con sostenibilidad, rentabilidad y manteniendo altos estándares de calidad en Seguridad operacional conservando la misión que tiene la compañía y es la de brindar un mejor servicio y un vuelo más seguro a sus clientes (SATENA, 2017).

Consecuentemente, la presente investigación tiene como objetivo tipificar un sistema de evaluación eficiente de gestión operacional ajustado a SATENA, para fortalecer la operación y la seguridad aérea de la compañía, haciendo necesario identificar el sistema que asegure la calidad en las operaciones y en seguridad operacional y que sea aplicable de forma estandarizada a toda la organización, que generen soluciones a los problemas en cuanto a la actualización continua de las normas regulatorias, evolución a mejores prácticas



dentro de la industria de la aviación y eliminar la redundancia de auditorías que a veces son innecesarias y generan costos adicionales para la compañía.

La metodología de la investigación tiene un tipo de estudio mixto, con un enfoque correlacional descriptivo, dado que se realizó un análisis cualitativo a los documentos de aplicación de criterios de cada sistema de evaluación y control y un análisis cuantitativo a los costos de implementación a los sistemas y a sus análisis estadísticos; por su alcance es básico al producir conocimiento, es descriptivo ya que dará la información para tomar decisiones estratégicas de compañía; por su temporalidad es transversal teniendo en cuenta que es realizada en el primer semestre de 2020 y es no experimental.

El estudio se inició realizando un análisis documental, siendo caracterizado a través de un mapa mental y en una matriz comparativa descriptiva de los sistemas de evaluación, control y gestión de la operación y de la seguridad operacional de las prácticas internacionalmente reconocidas, donde se identificaron 6 tipos de auditorías; seguido, se realizó una encuesta semiestructurada, instrumento validado a través de un panel de expertos logrando identificar en los directivos y líderes de área de la compañía SATENA las metas e intenciones de proyección empresarial para seleccionar el tipo de auditoría ajustable a la organización.

Por otra parte, se utilizaron los datos de la encuesta donde se identificaron 3 sistemas de evaluación y control a quienes se les realizó un análisis de brechas (GAP Análisis), herramienta de diagnóstico utilizado en organizaciones para determinar por medio de comparaciones, el estado y desempeño real y el ideal de una organización, dando una visión de cuáles son sus debilidades y faltantes y hacia donde debe dirigir los esfuerzos para alcanzar y poner en marcha ese ideal de organización (Escuela Europea de Excelencia, 2015). Se identificaron por lo tanto los faltantes y el estado de la compañía para la aplicación de los sistemas, este análisis brindó la visión real y actual de la empresa, generando los datos más importantes ya que se identificó las fallas y las brechas documentales y de infraestructura de la organización.

Finalizando y usando los datos del Gap Análisis se estructura un análisis comparativo cualitativo y cuantitativo de los sistemas de evaluación y control de acuerdo a su aplicación, costos, alcance e implementación, así mismo, se brinda la información



comparativa de casos aplicados de auditorías en la industria y que se son de interés y de análisis para Satena. También, se realiza una triangulación de métodos, (encuesta, Gap Análisis y las tablas comparativas), pudiéndolas cruzar con las variables definidas, por otro lado, se realiza una triangulación de datos, que da la confiabilidad y validación del estudio para aplicar el sistema de evaluación y control acorde con lo requerido por la compañía SATENA.

La etapa final de esta investigación constituirá una herramienta y una base objetiva para que los directivos de la compañía determinen de acuerdo al estado financiero, los objetivos empresariales, las circunstancias de tiempo, competencia, favorabilidad y un escenario de eficiencia de acuerdo al costo y beneficio, cual sistema de evaluación y control se ajusta a SATENA para su implementación.

Finalmente, como conclusión se puede determinar que cada sistema tiene sus pros y contras y dependerá de las decisiones que como compañía y la visión que como empresa tenga SATENA para la aplicación del sistema, siendo factores fundamentales la capacidad financiera, los costos de implementación y los beneficios, criterios que jugarán un papel importante en la toma de la decisión.

**Palabras clave:** Sistemas de evaluación y control, costos, beneficios, estándares, Seguridad Operacional

### **Abstract**

In the last 20 years, the aeronautical industry at a global level, knowing the need for safety and efficient organizations in aviation and complying with the requirements that ICAO (International Civil Air Organization) demands through its 19 annexes, have structured different types of evaluation and control systems for operation and safety that have been incorporated to benefit the different sectors of the aviation industry.

Therefore, airlines have sought to select, given their operational and organizational capacity, a system that adjusts to their business needs and policies and that provides both economic and profitability benefits and strengthens safety.



For that reason, is how airlines have modified their organizations in order to adapt to changes in operational safety, especially in the evaluation, management and control of their processes; where some have opted for simple systems such as ISO 9001-2015 and others with more robust and comprehensive systems such as IOSA (IATA Operational Safety Audit) from IATA, the above, adjusting to their capacity in resources, size of organization and type of aviation.

The problem that the company maintains is that it currently does not have an evaluation and control system that supports its standards, its operational and safety processes, the company does not have the option of obtaining commercial benefits with other airlines, it cannot access shared codes, in order to reduce insurance costs and therefore to project its business vision, SATENA is also not clear on what type of audit would fit its organizational, operational and commercial structure.

This Research emphasizes the strategy that the company Air Service to National Territories S.A. (SATENA), should take as a company, when having the decision to identify and establish an adequate system for its organization, which evaluated the operation and operational safety, which be effective and guarantee you stay on market as a development airline with sustainability, profitability and maintaining high quality standards in Operational Safety while maintaining the mission of the company and that is to provide a better service and a safer flight to its customers (SATENA, 2017) .

Consequently, this research aims to typify an efficient operational management evaluation system, adjusted to SATENA to strengthen the operation and air safety of the company, making it necessary to identify the system that ensures quality in operations and operational safety, which be applicable in a standardized way to the entire organization, that generate solutions to problems regarding the continuous updating of regulatory standards, evolution to best practices within the aviation industry and eliminate the redundancy of audits that are sometimes unnecessary and generate additional costs for the company

The research methodology has a type of mixed study with a correlational approach, since a qualitative analysis was carried out on the criteria application documents of each evaluation and control system and a quantitative analysis of the costs of implementation to the systems, due to its scope it is descriptive since it will give the information to make



strategic company decisions, due to its temporality it is transversal considering that it is carried out in the first semester of 2020 and it is non-experimental.

Subsequently, the study began by carrying out a documentary analysis being captured in a descriptive comparative matrix of the evaluation, control and management systems of the operation and safety of internationally recognized practices, where 8 types of audits were identified, followed by a semi-structured survey, instrument validated through a panel of experts, managing to identify in the managers and leaders of the area of the company SATENA the goals and intentions of business projection to select the type of audit adjustable to the organization therefore, and according to the analysis of the survey was used where 3 evaluation and control systems were determined, to which a gap analysis (GAP Analysis) was carried out, a diagnostic tool used in organizations to determine, through comparisons, the status and real performance and the ideal of an organization, giving a vision of what its weaknesses and shortcomings are and where it should direct its efforts to achieve and implement that ideal of organization (European School of Excellence, 2015). Therefore, identifying the shortcomings and the status of the company for the application of the systems, this analysis provided the real and current vision of the company, generating the most important data, taking into account that the organizational documentary and infrastructure failures and gaps were identified.

Finishing and using the data from the Gap Analysis, a qualitative and quantitative comparative analysis of the evaluation and control systems will be carried out, according to their application, costs, scope and implementation, as well as providing the comparative information of applied cases of audits in the industry and that are of interest and analysis for SATENA. Also, a triangulation of methods is performed, (survey, Gap Analysis and comparative tables), being able to cross them with the defined variables, likewise, a triangulation of data is carried out, which gives the reliability and validation of the study to apply the system of evaluation and control in accordance with the requirements of the SATENA company.

The final work will constitute a tool and an objective basis for the company executives to determine according to the financial statement, the business objectives, the circumstances of time, competition, favorability and an efficiency scenario according to cost



and benefit, which evaluation and control system is adjusted to SATENA for its implementation.

Finally, as a conclusion, it can be determined that each system has its pros and cons and will depend on the decisions that as a company and the vision that SATENA has as a business for the application of the system, being the implementation costs and benefits fundamental factors, criteria that They will play an important role in making the decision.

**Key words:** If evaluation and control systems, costs, benefits, Standards, Operational Safety

## Referencias Bibliográficas

- Broyhill, C. M. (Julio de 2016). The Effects of IS-BAO Implementation and Leadership Performance on Safety Culture in Business Aviation Flight Operations.
- Caballero, N. (Septiembre de 2012). Estudio en Normativa IOSA y aplicación practica. Proyecto fin carrera, Escuela Universitaria de Ingenieria Aeronáutica. Obtenido de [http://oa.upm.es/13835/1/PFC\\_Nerea\\_Mart%C3%ADnez\\_Caballero.pdf](http://oa.upm.es/13835/1/PFC_Nerea_Mart%C3%ADnez_Caballero.pdf)
- Flight Safety Foundation. (2018). An International Aviation Safety Program Safety Assurance for everyone. Obtenido de flight safety.org: <https://flightsafety.org/wp-content/uploads/2019/03/BARS-Program-2018.pdf>
- Flightsafety. (Febrero de 2007). Airline safety standard exceeds ISO 9001. Aerosafety World, 42-44.
- Laksana, A. H. (Enero de 2020). Integration conceptual framework of quality management system-occupational safety and health-and environment (QHSE) . Obtenido de Conference Series: Earth and Environmental Science .
- Mejia, O. (2015). Importancia de la implementación de un sistema de gestión integral en las empresas colombianas. Recuperado el 20 de Enero de 2020, de Biblioteca Universidad de San Buenaventura.
- Mohamed, E. (2016). Sudan University of Science and Technology. Obtenido de The Impact of Implementation of IATA Operational Safety Audit Program (IOSA) on Aviation Safety in Airlines.
- OACI. (2020). Documento 10004. Obtenido de Plan Global Para la Seguridad Operacional de la Aviación 2020-2022.



Pole, K. (Agosto de 2009). Diseño de metodologías mixtas Una revisión de las estrategias para combinar metodologías cuantitativas y cualitativas. Renglones(60).

SATENA. (2017). Manual de Gestión de Seguridad Operacional SMS SATENA. 114. (D. d. Seguridad, Ed.) Bogotá, Colombia.

Stolzer, A., & Goglia, J. (2015). Safety Management Systems in Aviation (2da ed.). (E. R. University, Ed.) Burlington, USA: ASHGATE.

Sushant, D. (Febrero de 2007). Airline Safety Standard Exceeds ISO 9001 . AeroSafety World. Obtenido de [https://flightsafety.org/wp-content/uploads/2016/12/asw\\_feb07\\_p42-44.pdf](https://flightsafety.org/wp-content/uploads/2016/12/asw_feb07_p42-44.pdf)

Toscano, G. T. (27 de Mayo de 2011). La utilización del método comparativo en estudios cualitativos en ciencia política y ciencias sociales. . Kairos: Revista de temas sociales(27), 11.



**METODOLOGÍA DE INNOVACIÓN “DESIGN THINKING”, EN LOS SERVICIOS  
DE CONTROL DE TRÁNSITO AÉREO DEL COMANDO AÉREO DE COMBATE  
NO. 7**

***INNOVATION METHODOLOGY "DESIGN THINKING", IN THE AIR TRAFFIC  
CONTROL SERVICES OF THE COMBAT AIR COMMAND NO. 7***

T2. RODRÍGUEZ CLAVIJO GUSTAVO ADOLFO<sup>11</sup>  
Fuerza Aérea – Colombia

**RESUMEN**

El proceso de investigación que se presenta en este texto, se basa en la aplicación de la metodología “*Design Thinking*” (DT) como herramienta de innovación en los servicios de control de tránsito aéreo del Comando Aéreo de Combate No. 7, siendo éstos uno de los actores principales en la seguridad operacional.

El D.T busca identificar, visualizar, detectar y solventar problemas de un modo sistemático y creativo, a través de una serie de herramientas que permiten durante el proceso recolectar datos, definir y seleccionar muestras, encontrar la problemática, definir el alcance teórico, establecer hipótesis y variables, seleccionar el diseño de la investigación, generar ideas, prototipar, testear e implementar (Brown, 2008).

Desde los comienzos de la aviación se ha considerado el error humano como factor principal de accidentes e incidentes. Los factores humanos conciernen a las personas en sus ambientes de vida y trabajo y a sus relaciones con máquinas, equipos y procedimientos OACI (1998).

---

<sup>11</sup> Ingeniero industrial, especialización en Gestión de la innovación. Estudiante MAESO. Fuerza Aérea Colombiana. Supervisor de Tránsito Aéreo. Cali, Colombia. Instructor militar, Jefe Escuadrilla de Tránsito Aéreo, Supervisor ATS. Gustavo.rodriguez@fac.mil.co



García (2000) afirma que la naturaleza humana es el componente más frágil y más fácilmente influenciado por factores externos e internos que afectan su desempeño; es por esto que se deben tener en cuenta las capacidades y limitaciones humanas que repercuten en la seguridad y eficacia de las operaciones aéreas; la presencia del error humano estuvo, está y estará presente en todos los niveles de acción y decisión, siempre que al frente de la operación se ubique una persona, bajo estos conceptos se pueden afectar a diferentes áreas tales como los Servicios de control de tránsito aéreo que responden a la necesidad de prevenir el error y elevar el margen de seguridad operacional.

Las herramientas que se utilizan en esta investigación, aportan elementos por medio de los cuales es posible realizar análisis y observaciones a través del planteamiento de preguntas orientadas a lograr una mejor identificación del problema desde nuevas perspectivas y con soluciones innovadoras que tal vez no se logre utilizando enfoques metodológicos cualitativos tradicionales.

La Fuerza Aérea Colombiana ha presentado incremento en algunos eventos de seguridad en los últimos años entre ellos los “air prox” (cruce de aeronaves en vuelo por debajo de los límites de separación mínima), lo cual es un alto riesgo para la operación aérea, sin embargo los eventos que suceden día tras día, así como muchos más eventos no son reportados, factor que hace más difícil gestionar este o cualquier tipo de riesgo que ponga en peligro la operación aérea; en la mayoría de los casos esta situación se da por temor a alguna acción sancionatoria, lo que afecta en general todo el sistema de reportes de seguridad operacional.

Aunque en la Fuerza Aérea Colombiana existen diferentes programas y herramientas para una óptima gestión de la seguridad operacional no hay procesos sistémicos ni metodologías de innovación aplicados a la seguridad operacional, como el “Design Thinking” según Antony (como se cita en Jiménez, 2017), esta herramienta facilita la identificación y solución de problemas complejos a través de prácticas y métodos de diseño centrado en las personas desde el principio hasta el final del proceso, siendo la creatividad y la innovación factores fundamentales, cambiando paradigmas, rompiendo esquemas y hallando nuevos caminos que saquen de la rutina a los equipos de trabajo y los convierta en personas mucho más creativas y resolutivas contribuyendo a la mejora de la seguridad operacional y generando valor en la institución.



Esta metodología no se ha abordado en la Fuerza Aérea Colombiana, debido a que los centros de investigación y escuelas de negocios alrededor del mundo la han utilizado en el desarrollo de productos y servicios con altos componentes de tecnología y en busca de beneficios económicos para diferentes sectores del mercado; toda esta situación se convierte en una oportunidad donde el análisis teórico, el estudio de los diversos modelos del *Design Thinking* y los resultados visibles que ha tenido la correcta aplicación de la metodología, aportaran a la presente investigación hallazgos relevantes en el plano de los servicios de tránsito aéreo, estos hallazgos podrán ser tenidos en cuenta en otras líneas de investigación tales como tripulaciones, despachadores, personal de mantenimiento y/o cualquier área adicional que se involucre en la seguridad operacional.

Con la aplicación de la herramienta se busca identificar los puntos de fricción en los que se evidencia algún riesgo con las partes que intervienen en el servicio de tránsito aéreo, logrando de esta manera su identificación y pronta mitigación; Este tipo de estudios busca aliviar las preocupaciones y/o problemas que tienen los usuarios en su entorno laboral, refleja cambios en las condiciones de trabajo, incentiva la cultura de la seguridad y facilita la toma de decisiones a nivel organizacional.

La implementación de esta metodología se aborda desde el nivel operativo de la institución que es donde se desarrollan las operaciones, tomando como referencia los diferentes factores que definen en sí la “Causalidad de accidentes” (OACI, 2013), estos factores serán analizados en cada uno de los modelos y teorías existentes del Design Thinking, con el fin de definir el que mejor se aproxime a la realidad en los Servicios de Control de Tránsito Aéreo (SCTA); se parte del concepto de causalidad de accidentes definido por la OACI (Organización de Aviación Civil Internacional) en la tercera edición del documento 9859 (Manual de Gestión de la Seguridad Operacional).

El primer objetivo de esta investigación consiste en analizar los diferentes modelos de innovación basados en la metodología del “Design Thinking” para definir el más pertinente y aplicable a los Servicios de Control de Tránsito Aéreo. Por tal razón el proceso que se realizó en el desarrollo de este objetivo fue la selección de 5 factores clave en la seguridad operacional y que impactan en la óptima prestación de los servicios de control de tránsito aéreo, posterior a un análisis teórico y evaluación de cada uno en

los diferentes modelos existentes basados en el Design Thinking se obtuvo los siguientes resultados.

**Tabla No. 1 Modelos de innovación basado en *Design Thinking***

MODELO	Innovación	Tecnología	Usuarios	Condiciones Latentes	Reglamentos y Capacitación	TOTAL
TERCER ESPACIO HIBRIDO	5	4	5	4	4	4,4
101 MÉTODOS DE DISEÑO	5	3	5	5	5	4,6
HUMAN CENTERED DESIGN	5	4	5	5	5	4,8
DOBLE DIAMANTE	5	5	5	5	5	5

Fuente: Elaboración propia

Aunque los resultados son muy similares, como se explicó anteriormente el *Human Centered Design* y el Doble Diamante (Jiménez, 2017), muestran los mejores resultados, por tanto será el modelo del doble diamante por su nota final de 5 el que será abordado en la presente investigación. En este sentido el desarrollo del segundo

Objetivo específico de la investigación, será la aplicación de esta metodología en el personal de controladores aéreos y así sacar resultados por medio de la experiencia vivida en cada una de las fases; a la fecha no se han aplicado los instrumentos al personal de controladores aéreos aunque estos ya se encuentran listos para su desarrollo.

El análisis de los cuatro modelos seleccionados se realizó con una valoración factorial en la dimensión operativa de la Fuerza Aérea Colombiana y los factores directamente relacionados con la seguridad operacional (innovación, tecnología, usuarios, condiciones latentes, reglamentos y capacitación) esto permitió seleccionar el modelo más pertinente para abordar la presente investigación.

Los modelos analizados sirven para conocer los procesos de innovación en diferentes sectores del mercado así como su extensión a otras economías permitiendo la generación de nuevas prácticas y el crecimiento del tejido empresarial, es en este punto donde se debe adaptar el modelo seleccionado como mas pertinente al entorno aeronáutico (Servicios ATS).

Como se mencionó anteriormente la aplicación de los instrumentos de la metodología design thinking (segundo objetivo de la investigación), permitirán conocer de cerca los dolores, frustraciones, alegrías, motivaciones, entre otros, del personal de

controladores aéreos mientras presta su Servicio de Tránsito Aéreo, este proceso cuenta con 10 herramientas (anexo 1), de las cuales 3 las realiza el investigador, y las 7 restantes se desarrollan en sesiones grupales con el personal involucrado; estas actividades se encuentran en proceso.

En el entregable final de la investigación se dejará evidencia de cómo fue la experiencia de la aplicación metodológica del *Design Thinking* en el personal de Controladores que presta los Servicios de Control de Tránsito Aéreo en el Comando Aéreo de Combate No. 7; los hallazgos encontrados serán agrupados de tal forma que se conviertan en una propuesta diferente a la actual en cuanto a la forma de cómo se prestan los servicios ATS, todos estos resultados están orientados a impactar directamente la gestión de la seguridad operacional de la institución.

**Palabras clave:** Design Thinking, Investigación Cualitativa, Seguridad Operacional, Control de Tránsito Aéreo.

## ABSTRACT

The research process presented is based on the theoretical analysis and application of the “Design Thinking” (DT) methodology as an innovation tool in the air traffic control services of the Combat Air Command No. 7, these being one of the main actors in safety.

The DT seeks to identify, visualize, detect and solve problems in a systematic and creative way, through a series of tools that allow the process to collect data, define and select samples, find the problem, define the theoretical scope, establish hypotheses and variables, select the research design, generate ideas, prototype, test and implement.

The tools that are applied provide elements by means of which it is possible to carry out analyzes and observations by posing questions aimed at achieving a



better identification of the problem from new perspectives and with innovative solutions that may not be achieved using traditional qualitative methodological approaches. .

At the end of this investigation, the findings and their improvements will be incorporated into an easy-to-apply tool that directly impacts the institution's safety management.

**Key words:** Design Thinking, Qualitative Research, Operational Safety, Air Traffic Control.

## Referencias Bibliográficas

Brown, T. (2008). *Change by design: how design thinking transforms organizations and inspires innovation*. Nueva York: HarperCollins Publishers.

García Morales, D. (2000). *Análisis de Factores Humanos y Accidentalidad Aérea en Colombia* (Tesis de especialización). Universidad Nacional, Bogotá DC).

Jiménez, E. (2017). *Análisis y desarrollo de un modelo de tutorización basado en el Design Thinking orientado a la innovación estratégica en empresas colombianas* (tesis de doctorado). Universidad de Valencia, España.

OACI. (1998). *Manual de instrucciones sobre factores humanos*. Documento 9683, 1ra Ed. Cap. 1.

OACI. (2013). *Manual de Gestión de Seguridad Operacional*. Documento 9859, 3ra Ed. 20-25.



**PROGRAMA DE INSTRUCCIÓN EN FACTORES HUMANOS PARA  
MANTENIMIENTO (MXHF), DIRIGIDO AL PERSONAL QUE LABORA EN EL  
ÁREA DE MANTENIMIENTO AERONÁUTICO DE LA FAC PARA FORTALECER  
LA SEGURIDAD OPERACIONAL**

**MAINTENANCE HUMAN FACTORS TRAINING PROGRAM (MXHF), AIMED AT  
STAFF WORKING IN THE FAC'S AERONAUTICAL MAINTENANCE AREA TO  
STRENGTHEN OPERATIONAL SAFETY**

MY. RINCON BARRERA, RAFAEL ANDRES<sup>12</sup>  
Fuerza Aérea – Colombia

## Resumen

La capacitación en factores humanos en mantenimiento ha sido un tema de preocupación para los entes regulatorios de la aviación civil a nivel mundial, sin embargo, fue hasta el año de 1998 cuando la OACI publicó su documento 9863-AN/950 (human factors training manual), después de encontrar el impacto sobre la seguridad operacional que las falencias en la instrucción en este campo estaban generando. El documento 9824-AN/450 (Human factors guidelines for aircraft maintenance manual) de la OACI de 2003 ilustra la importancia del entrenamiento en factores humanos para el mantenimiento a través de un análisis estadístico de los accidentes desde 1959 hasta el año 2000, donde se

---

<sup>12</sup> Oficial de la FAC, Ingeniero Electronico UPTC, Especialista Logistica Aeronautica IMA-FAC, Maestrante Seguridad Operacional EPFAC-FAC. Estudiante Maestria MAESO EPFAC. COMANDO AEREO DE COMBATE No. 3. Jefe de la Seccion de Calidad. Colombia, Barranquilla. Grupos Tecnicos de CACOM-2 y CACOM-3, con experiencia en el mantenimiento de flotas de aeronaves como A-29, A-37B, T27, SA2-37AB, SR560, C208, B212, UH60, Hermes 450 y Hemes 600. [rafael.rinconb@fac.mil.co](mailto:rafael.rinconb@fac.mil.co)



visualiza que después de encontrar el factor primario por la ocurrencia de accidentes desde 1990 al año 2000 el mantenimiento represento el 5,9% de las causas atribuidas a estos.

En la actualidad el reporte de seguridad operacional de IATA de 2014-2018 informa que en ese lapso se presentaron 316 accidentes aéreos de los cuales 41 generaron 1517 fatalidades, el análisis de los factores contribuyentes a los eventos con fatalidades en cuanto a condiciones latentes se encuentra que los problemas de entrenamiento en el personal de mantenimiento representa el 4% (IATA, 2019, p. 149).

La FAC en busca de mejorar su seguridad operacional tiene implementado actualmente un sistema de gestión de riesgo operacional dentro del cual se contemplan diferentes planes de acción; uno de estos, está enfocado al manejo de los factores humanos y tiene como objetivos: fortalecer el sistema de defensas de la Fuerza Aérea Colombiana para evitar o controlar las fallas humanas, así como, minimizar las consecuencias de éstas contribuyendo al cumplimiento de la misión institucional y previniendo la ocurrencia de eventos de seguridad operacional por factor humano y asignar responsabilidades específicas a cada uno de los procesos de la Fuerza para el afianzamiento de la gestión adecuada del factor humano y de la cultura positiva de seguridad operacional.

Para el cumplimiento administrar el proceso de Seguridad Operacional la FAC estableció en el QRH Guía rápida de Seguridad Operacional de la FAC (FAC-IGEFA, 2016, p. 91), que se deben emitir normas e instrucciones para la estructuración, actualización, difusión y verificación de los planes de instrucción y entrenamiento en CRM (Crew Resource Management), MRM (Maintenance Resource Management) y TEM (Threat Error Management) para cada equipo de acuerdo con las misiones típicas que ejecuta. Colocando como responsables a JEA (Jefatura de Educación Aeronáutica) para el desarrollo de CRM, JELOG (Jefatura Logística) para el desarrollo de MRM, el COA (Comando de Operaciones Aéreas) para el desarrollo del TEM y al DISOP (Dirección de Seguridad Operacional) para SUPRO (Subdirección de Prevención Operacional). El enfoque investigativo de este proyecto esta en la estructuracion de un programa de instrucción en MRM, llevandolo hasta su punto de evolución para que sea vigente al momento de una posible aplicación.

El objetivo de este proyecto de investigacion es el de “Estructurar el programa de instrucción en factores humanos para mantenimiento aeronáutico MxHF, dirigido al



personal que labora en el área de Mantenimiento Aeronáutico en la FAC para fortalecer la Seguridad Operacional”, en el se ilustran las tendencias en evolución de factores humanos en el área del mantenimiento aeronáutico “Maintenance Human Factors” (MxHF), término acuñado desde finales del 2017 como la evolución del MRM (Maintenance Resource Management).

Para definir las tendencias y evolución de programas en MxHF o MRM el proyecto de investigación ilustra una matriz de datos con 33 diferentes fuentes entre artículos científicos y tesis que se procesan para señalar las tendencias y las mejoras en el proceso de seguridad operacional que se presentan después de la implementación de estos programas. Así mismo, señala las guías normativas vigentes de las autoridades aeronáuticas mundiales para la instrucción en estos programas. De igual forma, se establece en una matriz las metodologías que pueden ser aplicables para desarrollar un programa de instrucción en MxHF o MRM dirigido al personal de mantenimiento de la FAC.

Posteriormente ilustra el diseño y desarrollo de un instrumento de recolección de datos en MxHF para la FAC que incluye temas de HF (Factores Humanos), SMS (Safety Management System), y normatividad en mantenimiento aeronáutico FAC. Con la información obtenida realiza el análisis estadístico de los datos obtenidos por el instrumento mostrando cuáles son los aspectos del conocimiento más débiles encontrados en el personal que labora en el proceso de mantenimiento aeronáutico al interior de la FAC.

A través de la realización de una matriz de cruce de contenidos, elaborados por expertos de instrucción en programas de capacitación en MxHF, se codifica a través de color, se establecen los contenidos propios de un programa de MxHF que al ser tratada con los datos de la matriz de aspectos más débiles en la FAC se obtiene un programa de instrucción adecuado para el personal de la institución. Finalmente estos contenidos se ajustan de acuerdo a las competencias que se esperan desarrollar en el personal a través del desarrollo del formato FORMATO DE SÍLABO MAESTRIA EPFAC establecido con criterios de confiabilidad y dependencia en esta investigación.

El tipo de la Investigación usada para este proyecto de investigación según su naturaleza se considera no experimental, por su tipo de uso es de carácter descriptiva y explicativa, teniendo en cuenta que de acuerdo a Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P.(2014) una investigación descriptiva es aquella que “busca especificar las propiedades,

las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis” (p. 98).

Explicativa teniendo en cuenta que “Está dirigida a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Se enfoca en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables” (Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P, 2014, p. 98). Así mismo, por su temporalidad se define de carácter transversal teniendo en cuenta que se traslada desde los orígenes del MRM en 1998 hasta el presente. El enfoque de esta investigación por el tipo de datos es de carácter mixta (cualitativa y cuantitativa), dado a que va extraer, datos numéricos históricos, así como conocimiento y experiencia del personal técnico de mantenimiento.

Entre las conclusiones de este proyecto de grado se encuentran:

- Los diversos autores que tratan MRM o MxHF coinciden que no existe un modelo estándar para su instrucción e implementación, sino que este debe adaptarse a las necesidades de la organización. Sin embargo, autoridades aeronáuticas como ICAO, FAA, EASA y la Aeronáutica Civil Colombiana incorporan textos guías de programas de instrucción para este tipo de programas
- El nivel de conocimiento del personal que labora en el área de mantenimiento aeronáutico en la FAC en el área de regulaciones FAC vigentes es MEDIO, mientras que en las áreas de Factores Humanos (HF) MRM o MxHF y Seguridad Operacional (SMS) es BAJO. Realizando un promedio simple a las tres áreas de conocimiento evaluadas se encuentra que la calificación final es de 61.79%, lo que corresponde a un Nivel MEDIO, sin embargo, esta calificación está muy cerca al límite bajo, por tanto, un diagnóstico cualitativo más asertivo para la medición objeto de esta investigación es de un nivel de conocimiento MEDIO-BAJO.
- Existe una oportunidad de mejorar la Seguridad Operacional para la FAC, a través de la capacitación en temas de MRM o MxHF para el personal técnico que labora en el mantenimiento de las aeronaves.
- Cruzar diferentes contenidos a través de una matriz de codificación de colores permite determinar las coincidencias y aproximar un estándar basado en diferentes fuentes.

- Un programa de instrucción en MRM o MxHF en la FAC debe involucrar conocimientos macros en las áreas de Factores Humanos (HF), Seguridad Operacional (SMS) y Regulaciones FAC.

**Palabras clave:** Factores Humanos para Mantenimiento, Manejo de Recursos de Mantenimiento, Sistema de Seguridad Operacional, Normatividad FAC, factores humanos.

### **Abstract**

Training in human factors in maintenance has been a matter of concern for civil aviation regulatory bodies worldwide, however, it was not until 1998 when ICAO published its document 9863-AN / 950 (human factors training manual ), after finding the impact on safety that the shortcomings in the training in this field were generating. The ICAO document 9824- AN / 450 (Human factors guidelines for aircraft maintenance manual) of 2003 illustrates the importance of training in human factors for maintenance through a statistical analysis of accidents from 1959 to 2000, where visualizes that after finding the primary factor for the occurrence of accidents from 1990 to 2000, maintenance accounted for 5.9% of the causes attributed to them.

Currently, the 2014-2018 IATA safety report reports that 316 air accidents occurred during this period, of which 41 generated 1,517 fatalities, the analysis of the contributing factors to the events with fatalities in latent conditions is found that training problems in maintenance personnel represents 4% (IATA, 2019, p. 149).

The FAC in search of improving its operational security has currently implemented an operational risk management system within which different action plans are contemplated; one of these, is focused on the management of human factors and has the following objectives: to strengthen the defense system of the Colombian Air Force to avoid or control human failures, as well as to minimize the consequences of these, contributing to the fulfillment of the institutional mission and preventing the occurrence of safety events due to human factors and assigning specific responsibilities to each of the Force's processes for



the strengthening of the adequate management of the human factor and the positive culture of safety.

For compliance, administer the Operational Safety process, the FAC established in the QRH FAC Operational Safety Quick Guide (FAC-IGEFA, 2016, p. 91), that standards and instructions must be issued for structuring, updating, disseminating and Verification of the instruction and training plans in CRM (Crew Resource Management), MRM (Maintenance Resource Management) and TEM (Threat Error Management) for each team according to the typical missions it executes. Placing JEA (Head of Aeronautical Education) for the development of CRM, JELOG (Head of Logistics) for the development of MRM, COA (Command of Air Operations) for the development of TEM and DISOP (Directorate of Operational Safety) for SUPRO (Operational Prevention Subdirectorate). The investigative focus of this project is on the structuring of an MRM training program, taking it to its point of evolution so that it is effective at the time of a possible application.

The objective of this research project is to "Structure the training program in human factors for aeronautical maintenance MxHF, aimed at personnel working in the area of Aeronautical Maintenance in the FAC to strengthen Operational Safety", in which the trends in evolution of human factors in the area of aeronautical maintenance "Maintenance Human Factors" (MxHF), a term coined since late 2017 as the evolution of MRM (Maintenance Resource Management), as well as the implementation of programs in MxHF or MRM The safety process in commercial airlines has improved, reducing the risks presented by human factors in the development of aeronautical maintenance under the analysis of a data matrix obtained from different scientific databases, in the same way it establishes in a matrix the methodologies that may be applicable to develop an instructional program in MxHF or MRM aimed at the maintenance staff of the FAC.

To define the trends and evolution of programs in MxHF or MRM, the research project illustrates a data matrix with 33 different sources between scientific articles and theses that are processed to indicate the trends and improvements in the safety process that are presented afterwards. of the implementation of these programs. Likewise, it indicates the current normative guides of the world aeronautical authorities for the instruction

in these programs. Similarly, the methodologies that may be applicable to develop an MxHF or MRM training program for FAC maintenance personnel are established in a matrix.

Subsequently, it illustrates the design and development of a data collection instrument in MxHF for the FAC that includes issues of HF (Human Factors), SMS (Safety Management System), and regulations on aeronautical maintenance FAC. With the information obtained, perform the statistical analysis of the data obtained by the instrument, showing which are the weakest aspects of knowledge found in the personnel who work in the aeronautical maintenance process within the FAC.

Through the creation of a content crossover matrix carried out by instructional experts in MxHF training programs carried out through color coding, the contents of an MxHF program are established, which when treated with the matrix data From weaker aspects in the FAC, an adequate training program is obtained for the staff of the institution. Finally, these contents are adjusted according to the competences that are expected to be developed in the staff through the development of the SYLLABUS FORMAT EPFAC format.

The type of Research used for this research project, according to its nature, is considered non-experimental, due to its type of use, it is descriptive and explanatory, taking into account that according to (Hernández, R., Fernández, C., and Baptista, P, 2014) a descriptive investigation is one that "seeks to specify the properties, characteristics, and profiles of people, groups, communities, processes, objects, or any other phenomenon that is subjected to an analysis" (p. 98).

Explanatory bearing in mind that "It is aimed at responding to the causes of physical and social events and phenomena. It focuses on explaining why a phenomenon occurs and under what conditions it manifests itself, or why two or more variables are related "(Hernández, R., Fernández, C., and Baptista, P, 2014, p. 98). Likewise, due to its temporality, it is defined as transversal, taking into account that it has been transferred from the origins of the MRM in 1998 to the present. The focus of this research by type of data is mixed (qualitative and quantitative), given that it will extract historical numerical data, as well as knowledge and experience of technical maintenance personnel.

**Key words:** Human Factors for Maintenance, Maintenance Resources Management, Operational Safety System, Regulations Manuals and Regulatory Technical Messages for the maintenance of aircraft in the FAC.

## Referencias Bibliograficas

A. Shanmugam, T. P. (2015). *Human Factors in Training for aircraft maintenance Technicians*. India: Triennial Congress of the IEA.

Alan Hobbs, B. G. (2008). *Patterns of Error in Confidential Maintenance Incident Reports*. USA: THE INTERNATIONAL JOURNAL OF AVIATION PSYCHOLOGY.

Al-Najjar, B. (1996). *Total Quality Maintenance An approach for continuous reduction in costs of quality products*. Suecia: Industrial Engineering, Lund University.

Bin, C. (2014). *Aviation maintenance human error analysis and management method*. China: Trans Tech Publications, Switzerland.

Caren A. Wenner, C. G. (1998). *Analyzing human error in aircraft ground damage incidents*. Buffalo, USA: International Journal of Industrial Ergonomics 26 (2000) 177}199.

Carla Hackworth, K. H. (2007). *A Survey of Maintenance Human Factors Programs Across the World*. USA: International Journal of Applied Aviation Studies FAA.

Chun-Yong Kim, B.-H. S. (2015). *A Study on Safety Culture in Aviation Maintenance Organization*. Gunsan, Korea: Department of Defense Science & Technology, Howon University.

Cordero, Z. R. (2009). *LA INVESTIGACIÓN APLICADA: UNA FORMA DE CONOCER*. Costa Rica: Universidad de Costa Rica.

Cruz García, K. E. (2017). *Estilos de aprendizaje y Rendimiento académico en estudiantes de una Institución Educativa Pública – Sullana,.* Sullana – Perú: UNIVERSIDAD SAN PEDRO, FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD, ESCUELA PROFESIONAL DE PSICOLOGIA.

Vivina Asensi-Artiga, A. P.-P. (2002). *EL MÉTODO CIENTÍFICO Y LA NUEVA FILOSOFÍA DE LA CIENCIA*. España: Departamento de Información y Documentación. Universidad de Murcia.



William B Jhonsos, C. H. (2008). *Human Factors in Maintenance*. USA: FLIGHT SAFETY FOUNDATION AEROSAFETYWORLD.

William B. Johnson, J. W. (2000). *REDUCING INSTALLATION ERROR IN AIRLINE MAINTENANCE*. USA: FAA.

Xavier, A. J. (2005). *MANAGING HUMAN FACTORS IN AIRCRAFT MAINTENANCE THROUGH A PERFORMANCE EXCELLENCE FRAMEWORK*. Daytona, USA: Embry-Riddle Aeronautical University.

