

Artículo científico

Cómo citar: R. Rincón, "Nivel de conocimiento en maintenance resource management (MRM) en el cacom-3 de la fuerza aérea colombiana", *Inventum*, vol. 14, no. 26, pp. 61-69, enero - junio, 2019. doi: 10.26620/uniminuto.inventum.14.26.2019.61-69

Editorial: Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO.

ISSN: 1909-2520
eISSN: 2590-8219

Recibido: 11 de enero de 2019
Aprobado: 28 de febrero de 2019
Publicado: 15 de abril de 2019

Nivel de conocimiento en maintenance resource management (MRM) en el CACOM-3 de la Fuerza Aérea Colombiana

Level of knowledge in maintenance resource management (MRM) in the CACOM-3 of the Colombian Air Force

Nível de conhecimento em gestão de recursos de manutenção (MRM) no CACOM-3 da Força Aérea Colombiana

Resumen

El propósito de esta investigación fue determinar el nivel de conocimiento en Maintenance Resource Management (MRM), que posee actualmente el personal técnico que labora en mantenimiento de aeronaves A-37B, A-29, C-95, SR-560, C-208 y B 212 en la Fuerza Aérea Colombiana (FAC) en el Comando Aéreo de Combate No. 3 (CACOM-3), en busca de mejorar cada día más la Seguridad Operacional al interior de la Fuerza.

El procedimiento establecido para determinar el nivel de conocimiento en (MRM), consistió en diseñar un instrumento de recolección de datos en Safety Management System (SMS), Human Factors (HF) y Normatividad FAC vigente (Manual de Mantenimiento y Mensajes Técnicos) [1], como aspectos fundamentales para un entorno operacional administrado bajo la cultura de un sistema integrado de MRM en la FAC. Con esta información se estableció estadísticamente cuáles son los aspectos de conocimiento más débiles en el personal de oficiales de mantenimiento, inspectores, jefes de grupo y operarios que labora en el proceso de mantenimiento aeronáutico bajo los mismos parámetros. Finalmente, se presentan los resultados del análisis de la información obtenida y se concluye con el nivel de conocimiento en Seguridad Operacional y Manejo de Recursos de Mantenimiento en el Comando Aéreo de Combate No. 3.

Palabras clave: FAC (Fuerza Aérea Colombiana), MRM (Manejo de Recursos de Mantenimiento), SMS (Sistema de Seguridad Operacional), Normatividad FAC (Manuales y Mensajes Técnicos Regulatorios para el mantenimiento de aeronaves en la FAC) y FH (factores humanos).

Abstract

The purpose of this research was to determine the level of knowledge in Maintenance Resource Management (MRM), which currently has the technical staff working in maintenance of aircraft A-37B, A-29, C-95, SR-560, C-208 and B 212 in the Colombian Air Force (FAC) in the Combat Air Command No. 3 (CACOM-3), seeking daily improvement of Operational Security within the Force.

Rafael Andrés Rincón Barrera

rafael.rinconb@fac.mil.co

Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea Colombiana

Copyright:



The procedure aimed to determine the level of knowledge in (MRM), consisted of designing a data collection instrument in Safety Management System (SMS), Human Factors (HF) and current FAC Regulations (Maintenance Manual and Technical Messages) [1], as fundamental aspects for an operational environment managed under the culture of an integrated MRM system in the FAC. With this information it was statistically established which are the weakest aspects of knowledge in the personnel of maintenance officers, inspectors, group leaders and operators who work in the aeronautical maintenance process under the same parameters. Finally, the results of the analysis of the information obtained are presented and conclusion are made with the level of knowledge in Operational Safety and Management of Maintenance Resources in Combat Air Command No. 3.

Keywords: FAC (Colombian Air Force), MRM (Maintenance Resource Management), SMS (Operational Safety System), FAC Regulations (Manuals and Technical Regulatory Messages for aircraft maintenance in the FAC) and FH (human factors).

Resumo

O objetivo desta pesquisa foi determinar o nível de conhecimento em Gerenciamento de Recursos de Manutenção (MRM) do pessoal técnico responsável pela manutenção das aeronaves A-37B, A-29, C-95, SR-560, C-208 e B 212 da Força Aérea Colombiana (FAC) no Comando Aéreo de Combate No. 3 (CACOM-3), buscando melhorar a cada dia mais Segurança Operacional dentro da Força.

O procedimento adotado para determinar o nível de conhecimento em (MRM) consistiu na concepção de um instrumento de coleta de dados em Sistema de Gestão da Segurança (SMS), Fatores Humanos (HF) e atuais Regulamentos FAC (Manual de Manutenção e Mensagens Técnicas) [1], como aspectos fundamentais para um ambiente operacional gerido sob a cultura de um sistema integrado de MRM na FAC. Com esta informação se estabeleceu estatisticamente quais são os aspectos mais deficitários do conhecimento da equipe de oficiais de manutenção, inspetores, líderes de grupo e operadores que trabalham no processo de manutenção aeronáutica. Finalmente, são apresentados os resultados da análise onde conclui-se com o nível de conhecimento em Segurança Operacional e Gestão de Recursos de Manutenção no Comando Aéreo de Combate n.º 3.

Palavras-chave: FAC (Força Aérea Colombiana), MRM (Gestão de Recursos de Manutenção), SMS (Sistema de Segurança Operacional), Regulamentos FAC (Manuais e Mensagens Técnicas Regulatórias para manutenção de aeronaves na FAC) e FH (fatores humanos).

I. INTRODUCCIÓN

La FAC cuenta con un Sistema de Gestión del Riesgo Operacional normalizado a través del (Manual de Gestión en Seguridad Operacional para la Fuerza Aérea Colombiana, *Manual FAC-O-MASEO, FAC 3 - 007*. Público, primera edición 2010), en el cual se contemplan diferentes planes de acción [2]; uno de estos está enfocado al manejo de los factores humanos y tiene como objetivos: fortalecer el sistema de defensas de la FAC para evitar o controlar las fallas humanas, así como, minimizar las consecuencias de estas, previniendo la ocurrencia de eventos de seguridad operacional por este factor 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 [3].

Para el cumplimiento de estos objetivos, en la Guía Rápida de Seguridad Operacional (QRH) de la FAC [4] se establecieron normas e instrucciones para la estructuración, actualización, difusión y verificación de los planes de instrucción y entrenamiento en CRM (Crew Resource Management), MRM (Management of Maintenance Resources) y TEM (Threat Error Management); siendo escogida la JELOG (Jefatura Logística) para el desarrollo de MRM. Sin embargo, la problemática encontrada radicó en que para estructurar un programa en MRM se debe averiguar el nivel de conocimiento actual de la temática objeto de la instrucción, por tanto, la investigación propuesta busca dar respuesta a la siguiente pregunta:

¿Cuál es el nivel de conocimiento en Maintenance Resource Management (MRM) que posee actualmente el personal

técnico que labora en mantenimiento de aeronaves en la FAC - CACOM-3?

La estructura del trabajo fue establecida de la siguiente forma: identificación del problema, metodología, resultados y conclusiones.

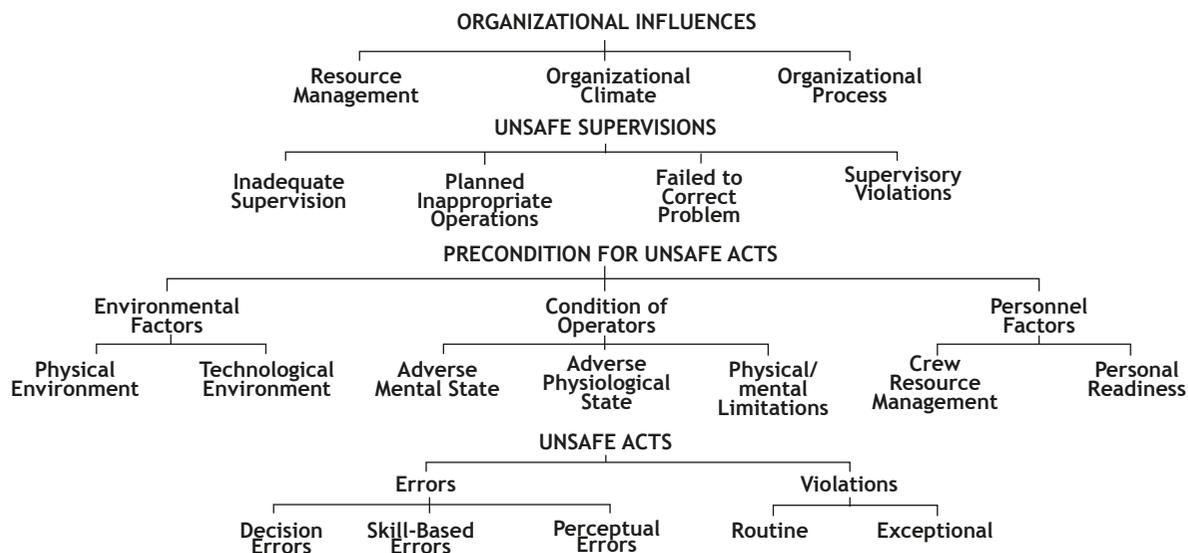
II. MARCO TEÓRICO

Factores humanos

El análisis y la clasificación de los factores humanos o HFACS (Human Factors Analysis and Classification System), de acuerdo con [5], fue desarrollado en la Fuerza Aérea de los Estados Unidos para analizar e investigar los factores humanos en aspectos de la aviación militar; basaron su estudio en el modelo del queso suizo (Reason 1990). El HFACS sirve como una herramienta para asistir en el proceso de investigación de accidentes, en el entrenamiento de blancos y esfuerzos de prevención de accidentes. Los investigadores pueden identificar sistemáticamente fallas activas y latentes, dentro de una organización, que ocasionaron un accidente. El objetivo de HFACS, de acuerdo con sus creadores, no es atribuir la culpa; es comprender los factores causales subyacentes que conducen a un accidente. La siguiente figura describe el error humano en cuatro niveles de fallas:

- Actos inseguros de los operadores (por ejemplo, tripulación).
- Condiciones previas para actos inseguros.
- Supervisión insegura.
- Influencias organizacionales

Figura 1. Modelo HFACS



Fuente: [5].

Definición de MRM

El concepto de MRM ha evolucionado a través de las investigaciones en factores humanos, desde su origen en 1992 hasta la fecha, y diversos autores difieren en su definición en algunos aspectos [6], [7], [8], [9] y [10]. De acuerdo con el análisis de evolución de cuatro generaciones de MRM realizado por la NASA en 2001, la definición de MRM se concibe de la siguiente forma:

“The industry leaders from a multiparty cooperative program in maintenance, which was designed to improve communication and reduce errors” (Taylor & Christensen, 1998, pp. 48, 105-6), coined the term MRM in 1992. The industry correctly defines MRM as “...an interactive [emphasis added] process focused upon improving the opportunity for the maintenance technician to perform work more safely and effectively” (ATA, 1999, Chapter 2). In that same ATA document MRM is referred to as a training program, but MRM is much more than training. MRM is a tool to provide individuals and groups with the skills and processes to manage errors that are within their control, such as communication, decision-making, situational awareness, workload management, and team building. Part of MRM is training, but part of it must be

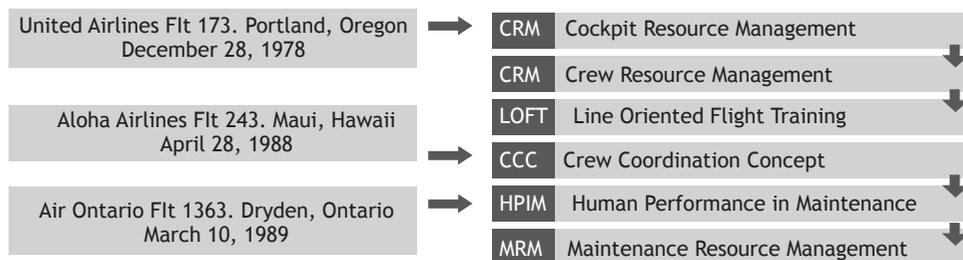
the application and management of the attitude, skills, and knowledge that training and behavior can provide [11].

MRM se puede entonces definir como un proceso para mejorar la comunicación, eficacia y seguridad en las operaciones de mantenimiento aeronáutico en los niveles I, II y III (línea, hangar y overhaul) que lo componen, que va más allá de un programa de entrenamiento enfocado en adquirir habilidades personales, sino que va enfocado en reducir los errores atribuidos a factores humanos en los accidentes de aviación. Difiere del concepto de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) que se enfoca en el manejo de riesgos laborales para evitar lesiones a los empleados de una compañía.

Evolución de MRM

El autor en [12] señala que la evolución del MRM proviene de los siguientes eventos: “MRM is the result of a series of events that drove its development. Outlines the evolution of MRM and human factors training programs. The catalyst for the development of cockpit resource management (CRM), the United Airlines (UAL) Flight 173 DC-8 accident, is described below”.

Figura 2. Evolución MRM.



Fuente: [12].

La evolución del Manejo de Recursos de Cabina (CRM) a nivel de aviación mundial generó nuevos conceptos desde su enfoque dirigido a la administración de los factores humanos, de modo que se creó así el Manejo de Recursos de Mantenimiento (MRM), el cual pretende impactar el desarrollo de actividades de mantenimiento aeronáutico desde la perspectiva de la correcta administración de los factores humanos, con el fin de generar acciones preventivas orientadas a evitar situaciones que pongan en peligro la seguridad de las aeronaves.

III. MARCO METODOLÓGICO

Esta investigación es descriptiva, teniendo en cuenta 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” [13]; además es explicativa debido a 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” [13]. Así mismo, por su temporalidad se define de carácter transversal teniendo en cuenta que se hace un corte en el tiempo y se realiza en el presente [14].

Método de muestreo probabilístico para el trabajo de campo

Se determina el uso de muestreo probabilístico teniendo en cuenta que este tipo de muestreo es una técnica en el cual las muestras son recogidas en un proceso que brinda a todos los individuos de la población las mismas oportunidades de ser seleccionados.

Características del público objetivo de investigación

El público objetivo de investigación es el personal militar perteneciente a la FAC que labora en el grupo técnico del CACOM-3 ubicado en Barranquilla. Los miembros de dicho grupo trabajan en mantenimiento aeronáutico en diferentes roles como oficial de mantenimiento, inspector, jefe de grupo u operario y algunos de ellos tienen funciones en vuelo en algunas aeronaves a las que les realizan el mantenimiento. Este conjunto de personas está compuesto por hombres y mujeres, 17 de ellos oficiales y 117 suboficiales con rangos de edades entre 18 y 47 años, de nacionalidad colombiana nacidos en diferentes lugares del país.

Tamaño de la población de estudio y tamaño de la muestra

El tamaño de la población de estudio es de 134 individuos, esta cifra corresponde a la cantidad de personal del grupo técnico del CACOM-3. Para determinar el tamaño de la muestra a usar para la aplicación del instrumento de recolección de datos se aplica la siguiente fórmula que corresponde al cálculo del tamaño de la muestra en población finita [15]:

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{e^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

- n: Tamaño de la muestra.
- N: Tamaño de la población, para el 134 está definida en 17 oficiales y 117 suboficiales, para un total de 134 personas.
- Z: Puntuación típica asociada al nivel de confianza adoptado = 1,96.
- e: Error estándar = 7 % (usualmente está entre 5 % y 10 %).
- p.q: Proporciones complementarias en condiciones normales = 0,5 x 0,5 = 0,25.

$$n = \frac{1,96^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 134}{0,07^2 \cdot (134 - 1) + 1,96^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5} = 79,82$$

Por tanto: $n = 80$ individuos

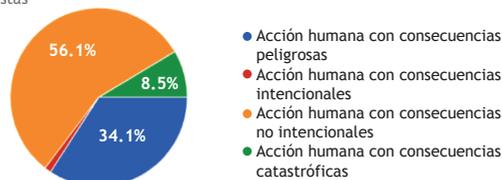
IV. RESULTADOS

Se diseñó un instrumento de recolección de datos en los temas de factores humanos (FH), seguridad operacional Safety Management System (SMS) y regulaciones aéreas (REG FAC). Se obtuvo una participación de 82 individuos para el análisis y se obtuvieron los siguientes resultados:

Factores humanos (FH)

Figura 3. FH, error humano

El error humano se puede definir como?
 82 respuestas

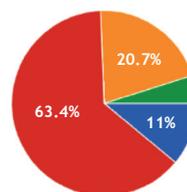


Fuente: elaboración propia.

El autor en [16], define el error humano como: acción humana con consecuencias no intencionales, de acuerdo con esta definición, como se observa en la figura 3 en color naranja, el 56,1 % de los participantes en el instrumento conoce la definición.

Figura 4. FH, MRM

Cual de las siguientes afirmaciones es correcta?
 82 respuestas



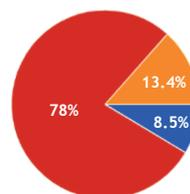
- Maintenance Resource Management (MRM), hace parte del proceso de Crew Resource Management (CRM)...
- Maintenance Resource Management (MRM), es un proceso para mejorar la eficacia, la comunicación asertiva y...
- Maintenance Resource Management (MRM), es un proceso de mejoras de...
- Maintenance Resource Management (MRM), es una herramienta gerencia...

Fuente: elaboración propia.

Maintenance Resource Management (MRM), de acuerdo con [11], es un proceso para mejorar la eficacia, la comunicación asertiva y la seguridad en operaciones de mantenimiento con aeronaves. La figura 4 ilustra como el 63,4 % de la población participante conoce su significado.

Figura 5. FH, Maintenance Error Decision Aid

Un proceso de Maintenance Error Decision Aid (MEDA), incluye entre otros?
 82 respuestas



- Identificar fecha y hora de violaciones en el mantenimiento, sancionar a los infractores de la normatividad aeron...
- Identificar quien cometió el error, encontrar factores contribuyentes, incluir los errores en mantenimiento...
- Identificar quienes cometen errores en mantenimiento, tomar acciones...
- Identificar culpables, reportar a entes competentes y sancionar a respons...

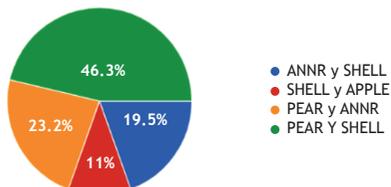
Fuente: elaboración propia.

Un proceso de Maintenance Error Decision Aid según [17] incluye identificar quién cometió el error, encontrar factores contribuyentes, incluir los errores en mantenimiento en una base de datos, por tanto, como se observa en la figura 5, el 78 % de la población conoce el concepto.

Figura 6. FH, modelos de entrenamiento

Son modelos desarrollados para mejorar el entrenamiento en Factores Humanos para la aviación:

82 respuestas



Fuente: elaboración propia.

En factores humanos los modelos PEAR (People, Environment, Resources and Actions) y SHELL (Software, Hardware, Environment and Liveware) fueron desarrollados para mejorar su entrenamiento como lo indican diferentes autores [18], [19], [20], [21] y [22]. Como se observa en la figura 6, el 46,3 % de la población participante en el instrumento lo conoce.

Figura 7. FH, defensas para la gestión del riesgo

Defensas para la gestión del riesgo en Seguridad Operacional pueden ser?

82 respuestas



Fuente: elaboración propia.

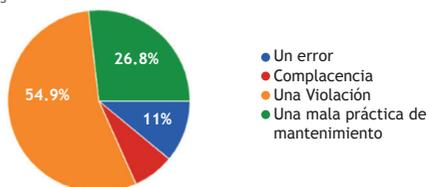
En factores humanos el entrenamiento, los reglamentos y la tecnología son defensas de acuerdo [23] para la gestión del riesgo, como se puede observar en la figura 7 el 63,4 % conoce estas defensas.

Seguridad Operacional operacional - Safety Management System SMS)

Figura 8. SMS concepto de violación

No usar las listas de chequeo durante el desarrollo del mantenimiento es?

82 respuestas



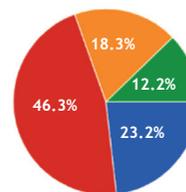
Fuente: elaboración propia.

Varios autores recalcan la importancia de diferenciar adecuadamente el error humano de las violaciones, puesto que este es uno de los factores primordiales en el manejo del concepto de seguridad operacional y es sobre esta diferenciación desde donde se conciben los programas de manejo del riesgo. De acuerdo con [16] y [24], en SMS no usar las listas de chequeo es una clara violación sin embargo como se ilustra en la figura 8, el 54,9 % de la población conoce el concepto.

Figura 9. SMS error activo error latente

Cual es la diferencia entre error activo y error latente?

82 respuestas



- Que el error activo se siente activamente en la organización mientras que el latente se siente pa...
- Que el error activo se siente inmediatamente en una organización mientras que el latente conduce ha...
- Que el error latente conduce siempre a todos los errores activos
- El error latente es un producto de múltiples errores activos

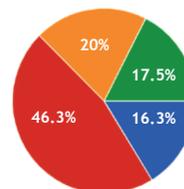
Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con [16], los errores se pueden clasificar entre error activo y latente, el error activo se siente inmediatamente en una organización mientras que el latente conduce hacia su ocurrencia [16], como se observa en la figura 9 el 46.3 % de la población conocía al respecto.

Figura 10. SMS el riesgo

El riesgo enmarcado dentro de la Seguridad Operacional se puede definir como?

80 respuestas



- La evaluación de los peligros expresados en Urgentes e Inminentes
- La evaluación de las consecuencias de un peligro expresado en probabilidad y severidad
- La probabilidad de que peligros se materialicen medidos en peligrosidad
- La probabilidad de que peligros del sistema se materialicen

Fuente: elaboración propia.

Como lo indica [24], el riesgo en seguridad operacional se define como la evaluación de las consecuencias de un peligro expresado en probabilidad y severidad. De acuerdo con lo anterior, como se ilustra en la figura 10, el 46,3 % de la población conocía esta definición.

Figura 11. SMS funciones de OACI.

La OACI dentro de sus funciones tiene?
82 respuestas



Fuente: elaboración propia.

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), como lo indica [24], tiene como función principal regular la aviación civil en el mundo, siendo el principal organismo rector en estar de acuerdo. Lo anterior se ilustra en la figura 11, en donde el 53,7 % de la población conoce la función principal de este organismo.

Figura 12. SMS FAR y JAR

Las FAR y las JAR son?
82 respuestas



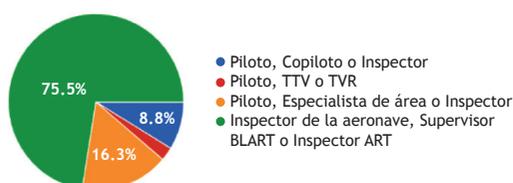
Fuente: elaboración propia.

Las FAR y JAR son regulaciones aereas internacionales ordenadas en Norte América y Europa [19]. De acuerdo con la figura 12, el 63,4 % de la poblacion las conoce.

Regulaciones aéreas REG FAC

Figura 13. REG. FAC forma FAC4-282T-1 (repetes de mantenimiento)

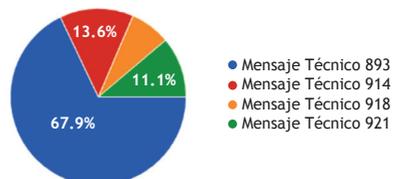
Las personas autorizadas para liberar símbolos en las formas FAC4 282T-1 son?
80 respuestas



Fuente: elaboración propia.

Figura 14. REG. FAC VP y VC

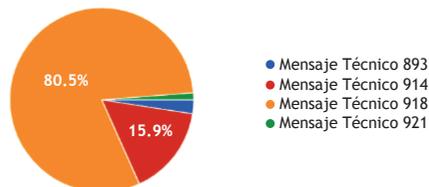
Los procedimientos de autorización para vuelos de prueba y comprobación están estipulados adicionalmente del MAMAE R2 2016 en?
81 respuestas



Fuente: elaboración propia.

Figura 15. REG. FAC procedimientos de rampa

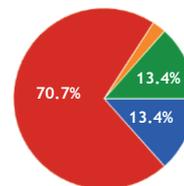
Los procedimientos de rampa y operación en línea de vuelo están estipulados en?
82 respuestas



Fuente: elaboración propia.

Figura 16. REG. FAC vuelo ferry

Son condiciones para realizar un vuelo ferry?
82 respuestas

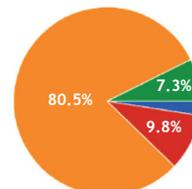


- Realizar junta técnica ordinaria, programar vuelo en condiciones VFR, llevar un inspector en la tripulación...
- Realizar junta técnica extraordinaria, programar vuelo en condiciones VFR, llevar un inspector en la tripulación...
- Realizar junta técnica ordinaria, programar vuelo en condiciones IF...
- Realizar junta técnica extraordinaria, programar vuelo en condiciones VF

Fuente: elaboración propia.

Figura 17. REG. FAC RII

Un Item de Inspección requerida RII es?
82 respuestas



- Un Item del Almacen que es critico y se debe asegurar su existencia en todo momento
- Un Item de las tareas de mantenimiento formas FAC4-201T que requiere ser realizado por técni...
- Una tarea de Mantenimiento que para ser desarrollada debe hacerse...
- Un Item incorporado en las listas maestras, el cual es de uso requeri...

Fuente: elaboración propia.

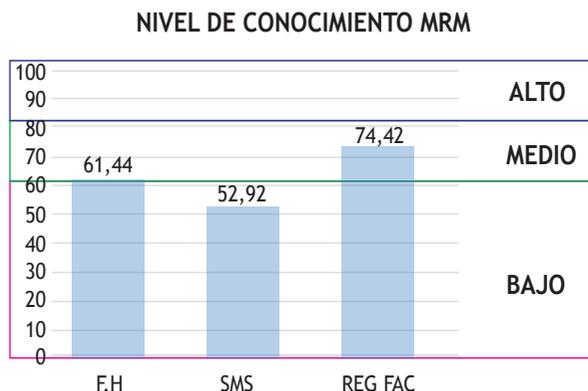
El Manual de Mantenimiento Aeronáutico de la FAC MAMAE R2 2016 [1] es el documento principal que normatiza el mantenimiento desarrollado para las aeronaves de la FAC. Los mensajes técnicos adicionalmente complementan y normatizan procedimientos que no se encuentran en el MAMAE. La aplicación del instrumento arrojó los siguientes resultados: las preguntas ilustradas en la figuras 13, 14, 15, 16 y 17 obtuvieron un porcentaje de acierto de acuerdo con [1] del 72,5 %, 67,9 %, 80,5 %, 70,7 % y 80,5 %, respectivamente.

V. DISCUSIÓN

Para determinar asertivamente el nivel de conocimiento en MRM que posee el personal que realiza mantenimiento de aeronaves en el CACOM-3, se usó un instrumento

de recolección de datos [13] que involucró conceptos entrelazados en tres áreas fundamentales de la seguridad operacional con los que se construye un proceso adecuado de MRM, como son: factores humanos, seguridad operacional - Safety Management System (SMS) y regulaciones FAC. Esto teniendo en cuenta que un proceso de MRM debe involucrar estas tres áreas para la FAC. De acuerdo con la dificultad establecida por el instrumento de medición, se instauraron las siguientes cuotas de parametrización conforme con el porcentaje de asertividad [0 %-60 %] bajo, [61 %-80 %] medio y [81%-100%] alto, la siguiente gráfica muestra el comportamiento por cada una de las aéreas en las que se midió el conocimiento:

Figura 18. Evaluación nivel de conocimiento MRM



Fuente: elaboración propia.

Se puede determinar así que: el nivel de conocimiento en las áreas de FH y REG FAC es MEDIO, así mismo, que el nivel de conocimiento en SMS es BAJO. Realizando un promedio simple a las tres áreas de conocimiento evaluadas se encuentra que la calificación final es de 63%, lo que corresponde a un nivel MEDIO, sin embargo, esta calificación está muy cerca al límite bajo inferior al 70 %, por tanto, una aproximación cualitativa más asertiva para la medición objeto de esta identificación es de un nivel de conocimiento MEDIO-BAJO.

VI. CONCLUSIONES

- Un proceso de MRM en la FAC para el desarrollo de tareas de mantenimiento en los niveles I, II y III, debe involucrar conocimientos en las áreas de factores humanos, SMS (seguridad operacional) y regulaciones FAC.
- El nivel de conocimiento en MRM que posee actualmente el personal que realiza el mantenimiento de aeronaves en la FAC - CACOM-3 es MEDIO-BAJO.
- El nivel de conocimientos en el área de factores humanos que posee el personal que realiza el mantenimiento de aeronaves en la FAC - CACOM-3 es MEDIO.

- El nivel de conocimientos en el área de SMS (seguridad operacional) que posee el personal que realiza el mantenimiento de aeronaves en la FAC - CACOM-3 es BAJO.
- El nivel de conocimientos en el área de regulaciones FAC que posee el personal que realiza el mantenimiento de aeronaves en la FAC - CACOM-3 es MEDIO.
- El 54,9 % de la población a la cual se le aplicó el instrumento de medición diferencia adecuadamente el concepto de error y violación en términos de la seguridad operacional - SMS.
- El 46,3 % de la población objeto del instrumento no tiene claro el concepto de riesgo en términos de la seguridad operacional - SMS.
- Existe una oportunidad de mejorar la Seguridad Operacional para la FAC CACOM-3, a través de la capacitación en temas de MRM para el personal técnico que labora en el mantenimiento de las aeronaves.
- La FAC a través de su Maestría en Seguridad Operacional busca encontrar mecanismos útiles para medir y mejorar la seguridad operacional en todas sus unidades militares.

VII. REFERENCIAS

- [1] *Manual de Mantenimiento Aeronáutico FAC-MAMAE R2*, Fuerza Aérea Colombiana, Bogotá, 2016, pp. 188-202.
- [2] *Manual de Gestión en Seguridad Operacional para la Fuerza Aérea Colombiana*, Fuerza Aérea Colombiana, Bogotá, 2010, pp. 21-32.
- [3] M. Solano ed. *Estudios de seguridad operacional, una mirada desde la academia. Compilación de artículos de revisión sobre seguridad operacional*, Bogotá: Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea Colombiana, 2015.
- [4] *QRH - Guía Rápida de Seguridad Operacional FAC*, Bogotá: FAC-IGEFA, 2016.
- [5] "Human Factors Analysis and Classification System (HFACS)," (20 de 09 de 2016) [En línea]. Disponible en [https://www.skybrary.aero/index.php/Human_Factors_Analysis_and_Classification_System_\(HFACS\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Human_Factors_Analysis_and_Classification_System_(HFACS)).
- [6] Chun-Yong Kim, B.-H. S. (2015). "A Study on Safety Culture in Aviation Maintenance Organization," *Advanced Science and Technology Letters* [En línea]. Disponible en: Vol. 120 (GST 2015), pp.485-490. DOI: <http://dx.doi.org/10.14257/astl.2015.120.95>

- [7] K. A. Pettersen, K. Aase, (2008, mzo.). “Explaining safe work practices in aviation line maintenance. Stavanger,” *Safety Science* [En línea]. Disponible en: Vol. 46, No. 3, pp. 510-519. DOI: 10.1016/j.ssci.2007.06.020.
- [8] B. G. Kanki, *Human factors in aviation*, Estados Unidos: Elsevier Inc NASA, 2010.
- [9] E. Lozano-Alvernia, (2008, en.). “La seguridad en la aviación depende de los factores humanos,” *Ciencia y Poder Aéreo* [En línea]. Disponible en: Vol. 3 No. 1, pp. 37-39. DOI: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.65>.
- [10] D. H. Siao, *The implementation of safety management systems in maintenance operations. Tennessee*, tesis de maestría, College of Basic and Applied Sciences Middle, Tennessee State University. Nashville, Tennessee, Estados Unidos, 2015.
- [11] J. C. Patankar, (2001, en.). “Four generations of maintenance resource management program in the United States: and analysis of the past, present and future. Journalist of air transportation world wide,” *Journal of Air Transportation World Wide* [En línea]. Disponible en: Vol. 6, No. 2. <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20010103213.pdf>.
- [12] M. Robertson. (1998). “Maintenance resource management,” en *Human Factors Guide for Aviation Maintenance - FAA* [En línea]. Disponible en: https://www.faa.gov/about/initiatives/maintenance_hf/library/documents/media/human_factors_maintenance/human_factors_guide_for_aviation_maintenance_-_chapter_16.maintenance_resource_management.pdf.
- [13] R. F. Hernández, *Metodología de la Investigación*, México: Mc Graw Hill, 2014, p-cap 2,3 y 4.
- [14] Cordero, Z. R. (2009). “La investigación aplicada: una forma de conocer,” *Revista Educación* [En línea]. Disponible en: Vol. 33, No. 1, pp. 155-165. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44015082010>
- [15] S. Ortega, *Metodología de la Investigación MAESO*, Bogotá, D. C.: Universidad EAN, 2018.
- [16] C. A. Wenner, C. G. Drury, (2000, ag.). “Analyzing human error in aircraft ground damage incidents,” *International Journal of Industrial Ergonomics* [En línea]. Disponible en: Vol. 26, No. 2, pp. 179-180. DOI: 10.1016/S0169-8141(99)00065-7.
- [17] D. Virovac, A. Domitrović, E. Bazijanac, (2017). “The influence of human factor in aircraft maintenance,” *Promet - Traffic & Transportation* [En línea]. Disponible en: Vol. 29, No. 3, pp. 257-266. <https://hrcak.srce.hr/file/275534>.
- [18] J. Kozuba, (2011, my.). “Impact of human factor on likelihood of aircraft accident,” *Archives of Transport System Telematics* [En línea]. Disponible en: Vol. 4, No. 2, pp. 29-36. <http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-article-BSL7-0054-0014>.
- [19] H. S. Rashid, *Human factors effects in helicopter maintenance: proactive monitoring and controlling techniques*, tesis Ph.D., School of Engineering, Cranfield University Cranfield, Inglaterra, 2010.
- [20] “ICAO SHELL Model,” (2016, my. 25). *Skybrary* [En línea]. Disponible en: https://www.skybrary.aero/index.php/ICAO_SHELL_Model.
- [21] “PEAR Model,” (2016, sept. 25). *Skybrary* [En línea]. Disponible en: https://www.skybrary.aero/index.php/PEAR_Model.
- [22] B. W. Johnson, (2000, dic.). “Reducing installation error in airline maintenance,” *FAA* [En línea]. Disponible en: https://www.faa.gov/about/initiatives/maintenance_hf/library/documents/media/human_factors_maintenance/reducing_installation_error_in_airline_maintenance.pdf.
- [23] A. J. Xavier, *Managing human factors in aircraft maintenance through a performance excellence framework*, tesis de maestría, Embry-Riddle Aeronautical University Daytona, Daytona, Estados Unidos, 2005.
- [24] “Sistema de Gestión de la Seguridad Operacional (SMS),” (2014, nov. 14). *ICAO* [En línea]. Disponible en: https://www.icao.int/SAM/Documents/2014-ADSAFAS/10_SMS.pdf.

VIII. RECONOCIMIENTOS

Este artículo ha sido posible gracias al apoyo de la FAC, especialmente de la EPFAC y CACOM-3.

Quiero agradecer a los señores CR. Álvaro Pino Canosa, TC. Hernán Iván Vega Angulo y TC. Jhon Jairo Plata Castillo, por su apoyo, dirección y confianza.