MODELO DE ABASTECIMIENTOS BASADO EN CONFIABILIDAD PARA LA FLOTA DE HELICÓPTEROS TH-67

Polanco Soler Yohan Eduardo

Programa de Maestría en Logística Aeronáutica

Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana

Yeisson Alexis Rincon Cuta Director / Asesor Técnico José Chacón Torres

Fecha 27 de julio de 2022

MODELO DE ABASTECIMIENTOS BASADO EN CONFIABILIDAD PARA LA FLOTA DE HELICÓPTEROS TH-67

TC. Polanco Soler Yohan Eduardo

Maestría en Logística Aeronáutica, Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea Colombiana

Notas de autor

Está investigación fue orientada por los señores CT. Chacón Torres José Fernando, Yeison Alexis Rincón y Dolly Giselle Tenjo Camacho, asesora metodológica. Maestría en Logística Aeronáutica, Escuela de Posgrados de la Fuerza Aérea Colombiana

Resumen

Garantizar la aeronavegabilidad continuada de las aeronaves es el objetivo específico de las empresas del sector aéreo, la Fuerza Aérea Colombiana busca el mismo fin por lo cual se apoya en un departamento de confiabilidad y un área de abastecimientos que en la institución se denominan sección confiabilidad y escuadrón de abastecimientos.

La óptima gestión de abastecimientos para las aeronaves garantiza el desarrollo de operaciones aéreas por lo que estas dependencias tienen procesos y procedimientos establecidos que permitan apoyar logísticamente la operación de las aeronaves, el área de confiabilidad desde la recolección de información para analizar y propender por acciones encaminadas a mantenimientos predictivos y el área de abastecimientos realiza la gestión logística para la adquisición de material requerido en el mantenimiento programado e imprevisto de las aeronaves.

Realizar la integración de los análisis de confiabilidad con la gestión de abastecimientos permite optimizar el proceso de adquisición de material y contar con disponibilidad de elementos que en un periodo corto de tiempo aumenta su posibilidad de falla, esto apoyado de la aplicación del modelo EOQ “Cantidad Económica de Pedido” que permite calcular las unidades óptimas para contar con el material en el almacén y no tener sobre stock de unidades optando hacia la implementación de buenas prácticas logísticas.

Palabras claves: Confiabilidad, Logística, Abastecimiento, Mantenimiento.

Agradecimientos

Doy gracias primero a Dios por permitirme alcanzar un logro más en mi vida personal y profesional, a mi familia que día a día me apoyaron y son mi fortaleza en todo lo que realizo, estuvieron conmigo a lo largo de todo el proceso, a mis profesores y asesores que me brindaron las bases, herramientas y soporte para desarrollar con éxito este proyecto de investigación y quienes me acompañaron en todo este camino aclarando las dudas y sorteando las dificultades que surgían a medida que avanzábamos, y a mi institución que me brindo el tiempo, las instalaciones y el personal humano para alcanzar este logro.

Finalmente hago participe de este logro y agradezco a cada integrante del Grupo Técnico No-43 que en alguna etapa del proyecto estuvo vinculado de diferentes formas, pero siempre contribuyendo al desarrollo de este trabajo con la experiencia de la operación diaria de la unidad y con todo el profesionalismo que caracteriza al personal técnico de la unidad.

Tabla de Contenido

Resumen 4

Agradecimientos 5

Tabla de Contenido 6

Tabla de Figuras 10

Tabla de Tablas 12

Capítulo 1. Introducción 13

Planteamiento del Problema 14

Pregunta de Investigación 15

Justificación 16

Objetivos 17

Capítulo 2. Marco Referencial 19

Antecedentes 20

Marco Contextual 25

Marco Situacional 27

Marco teórico 32

Mantenimiento Productivo Total (TPM) *32*

Optimización de Mantenimiento Preventivo (PMO) *36*

Cantidad Económica de Pedido (EOQ).....37

Estado del Arte.....**39**

PMO.....39

TPM.....40

EOQ.....41

Confiabilidad.....42

Logística.....44

Abastecimiento.....46

Mantenimiento.....47

Marco Legal y Normativo.....**49**

Manual de Mantenimiento.....49

Instructivo PASLO.....50

Manual de Confiabilidad.....50

Marco Conceptual.....**51**

Falla – Modos de Falla.....51

Confiabilidad.....52

Aeronavegabilidad.....53

Plan de Mantenimiento.....54

Capítulo 3 – Desarrollo Metodológico.....**56**

Justificación del Método.....**56**

Enfoque de Investigación.....56

Tipo de Investigación.....57

Metodología *58*

Tamaño de Población y Fiabilidad de la Muestra **62**

Técnicas e Instrumentos **64**

Encuesta 65

Integración TPM y PMO (Modelo propuesto) 69

TPM (Mejoras Enfocadas). 70

TPM (Mantenimiento Planificado). 72

TPM (Mantenimiento Áreas Soporte). 72

PMO (Análisis de Modo de Falla). 75

PMO (Racionalización y Revisión del FMA). 78

PMO (Agrupación y Revisión). 79

Hipótesis **19**

Capítulo 4 – Análisis y Resultados **81**

Recolección de datos y Análisis de la información **81**

Encuesta *81*

TPM-PMO *88*

Recopilación de Tareas. 88

Análisis de modo de falla. 90

Racionalización y Revisión del FMA. 92

Agrupación y Revisión. 93

EOQ *94*

Limitaciones Metodológicas de la Investigación **100**

Capítulo 5 – Conclusiones 100

Conclusiones 101

Recomendaciones 103

Bibliografía 104

Anexos 110

Tabla de Figuras

Figura 1. Tratamiento estadístico del Modelo elaboración del PASLO 14

Figura 2. Horas asignadas flota TH-67 15

Figura 3. Imagen satelital Luis F. Pinto Air Base 22

Figura 4. Evolución Confiabilidad y abastecimientos Fuerza Aérea Colombiana 25

Figura 5. Alistamiento 2019/2020 flota TH-67 27

Figura 6. Confiabilidad Flota TH-67 28

Figura 7. Resumen requerimientos PASLO 2021-2022 30

Figura 8. EHFAA Comando Aéreo de Combate No 4 31

Figura 9. Evolución Mantenimiento Productivo Total (TPM) 33

Figura 10. Representación gráfica modelo EOQ. 38

Figura 11. Enfoque metodología aplicada 57

Figura 12. Metodología aplicada al cumplimiento de objetivos específicos 58

Figura 13. Representación gráfica pilares TPM 60

Figura 14. Representación gráfica pasos metodología PMO 60

Figura 15. Integración metodología TPM-PMO 61

Figura 16. Población de estudio GRUTE No 43 62

Figura 17. Secciones y escuadrones GRUTE No 43 63

Figura 18. Encuesta "Modelo de abastecimientos basado en confiabilidad para la flota TH-67" 66

Figura 19. Desarrollo integración TPM-PMO 70

Figura 20. Tratamiento de la información 75

Figura 21. Racionalización y Revisión del FMA 79

Figura 22. Agrupación y revisión de fallas según norma MIL-STD-1808C 79

Figura 23. Pregunta 1 Encuesta 81

Figura 24. Pregunta 2 Encuesta 82

Figura 25. Pregunta 3 Encuesta 83

Figura 26. Pregunta 4 Encuesta 84

Figura 27. Pregunta 5 Encuesta 84

Figura 28. Pregunta 6 Encuesta 85

Figura 29. Pregunta 7 Encuesta 86

Figura 30. Pregunta 8 Encuesta 87

Figura 31. Pregunta 9 Encuesta 87

Figura 32 . Analisis de modo de falla 90

Figura 33. Fallas asociadas con reemplazo CACOM4 91

Figura 34. Racionalización y revisión del FMA 93

Figura 35. Elementos reemplazados por falla 94

Tabla de Tablas

Tabla 1. Pasos tradicionales para la Implementación del Programa TPM..... 34

Tabla 2. Resumen Metodológico 64

Tabla 3. Estructuración de encuesta..... 67

Tabla 4. Análisis importancia preguntas ENCUESTA..... 68

Tabla 5. Clasificación análisis modo de falla 76

Tabla *6*. Recopilación de tareas 89

Tabla 7. Demanda (Confiabilidad) Vs EOQ..... 96

Tabla 8. Propuesta modelo de abastecimiento 98

Capítulo 1. Introducción

El helicóptero de transporte TH-67 es una aeronave de categoría "liviana" de la Fuerza Aérea Colombiana (FAC), se adquirió por parte de la FAC en el año 2016 y se realizó el recibimiento oficial de 30 aeronaves TH-67 en 2016 y los 29 restantes en 2019, el arribo de estos equipos al CACOM 4 mejoró la capacidad operacional de la Fuerza Aérea Colombiana, además que posicionó a la institución como líder regional en el entrenamiento de los alumnos pilotos militares de otros países de Sur América. (Fuerza Aérea Colombiana, 2018).

Estas aeronaves son el soporte de la instrucción para los pilotos de ala rotatoria de las Fuerzas Militares. En el 2016 se inauguró el centro de familiarización de pilotos en las instalaciones del Comando Aéreo de Combate No 4 y con los TH-67 se inicia la instrucción básica de los alumnos de la Escuela de Helicópteros para las Fuerzas Armadas.

Para el soporte logístico de estas aeronaves se tienen procesos establecidos para la adquisición de material como el proceso anual de soporte logístico [PASLO], el cual busca proyectar las necesidades de material en un periodo anual de acuerdo a las horas de vuelo asignadas a cada flota para el mismo año, identificando el material que se debe adquirir para realizar mantenimiento y continuar la operación, por otra parte la sección de confiabilidad busca mejorar la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de aeronaves asignadas logísticamente al CACOM-4, a través de la reducción de fallas, mejora continua y actualización de los programas de mantenimiento aeronáutico, orientados por una gestión y gerencia de mantenimiento efectiva.

Planteamiento del Problema

El instructivo para la elaboración del programa anual de soporte logístico operacional - PASLO (2017) contempla un tratamiento estadístico que busca ajustar las cantidades a adquirir de cada material tomando como referencia la rotación de los elementos (ver Figura 1.), pero no tiene en cuenta material asociado a fallas recurrentes identificadas en confiabilidad. Mediante la aplicación de metodologías como el Mantenimiento Productivo Total (TPM por sus siglas en ingles) y el sistema de Optimización de Mantenimiento Preventivo (PMO), se busca generar listas de materiales asociadas a las fallas que permitan garantizar la operación continua de la flota TH-67 en el Comando Aéreo de Combate No 4.

Figura 1.

Tratamiento estadístico del Modelo elaboración del PASLO

Nota: Adaptado del (Instructivo Para la Elaboración del Programa Anual de Soporte Logístico Operacional - PASLO, 2017)

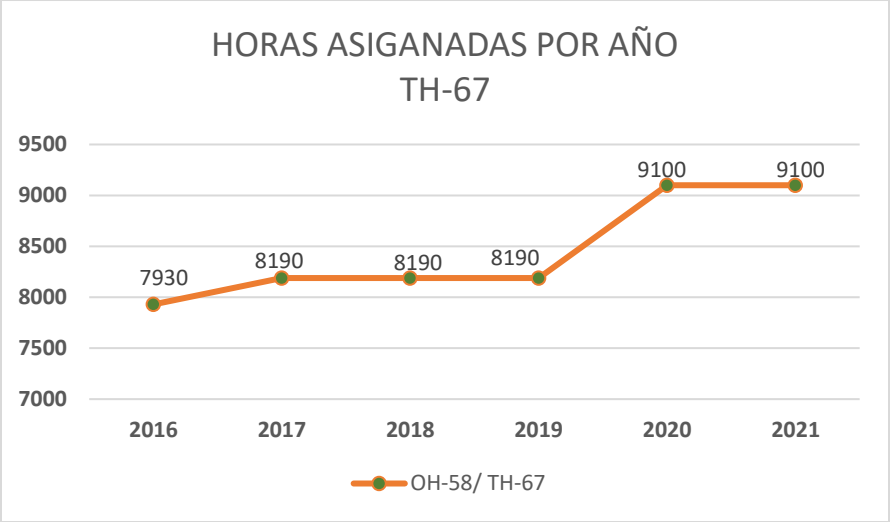
La flota de 59 aeronaves de ala rotatoria TH-67 fabricada por la compañía americana Bell Helicopter, ha estado al servicio de la Fuerza Aérea Colombiana desde el año 2016, fue soportada por una cadena logística administrada por la misión americana consecuente de tratados

y acuerdos binacionales hasta el año 2019, a partir de octubre del 2019 la Fuerza Aérea Colombiana asumió la gestión logística de la flota.

La flota de aeronaves de TH-67 soporta el entrenamiento anual de aproximadamente 24 alumnos extranjeros y 50 alumnos de las Fuerzas Armadas de Colombia, siendo así la flota con mayor cantidad en misiones de entrenamiento de la FAC, su asignación de horas ha ido en ascenso (ver Figura 2) puesto que la cantidad de pilotos militares a formar aumenta anualmente siendo pertinente la propuesta de optimización del proceso actual mediante herramientas estadísticas basadas en confiabilidad que permitirían que los helicópteros sean aeronavegables en todas las fases del entrenamiento.

Figura 2.

Horas asignadas flota TH-67



Nota: Elaboración propia

Pregunta de Investigación

¿Cómo optimizar el modelo de abastecimiento basado en confiabilidad para la flota TH-67, integrando la filosofía TPM y la Metodología PMO?

Justificación

La flota de aeronaves TH-67 de la Fuerza Aérea Colombiana que opera en el Comando Aéreo de Combate No 4 soporta la instrucción de la Escuela de helicópteros de las Fuerza Militares de Colombia siendo la escuela de aviación con más aeronaves en el país, es referente a nivel internacional en Latinoamérica y realiza la formación de pilotos extranjeros en aeronaves de ala rotatoria.

La alta operación de las 59 aeronaves requiere una óptima gestión de suministros y materiales aeronáuticos que permitan que la aeronavegabilidad continuada de las maquinas garanticen el cumplimiento de las misiones de instrucción en entrenamiento.

Ballou (2004), expone que una buena gestión de la cadena de suministro trae importantes beneficios (p. 24), los cuales se podrían aplicar a la Fuerza Aérea Colombiana, como, por ejemplo:

- Flexibilidad en la gestión. En relación con el producto final la eficiencia de una cadena de suministro permite una mayor flexibilidad en el proceso de compra y adquisición de materiales aumentando recursos al adquirir los materiales al momento que sea requerido teniendo certeza de su fecha de llegada.
- Gestión de inventario optimizada. Una cadena de suministro bien integrada permite que el inventario sea adecuado para que la cantidad de materias primas y producto disponible en la cadena sea el justo para ser entregado al usuario final, evitando así que exista un desabastecimiento o problemas de exceso de stock.
- Mayores márgenes de beneficios. Si la cadena de suministros está adecuadamente gestionada los márgenes que se obtienen serán mayores porque es posible lograr importantes ahorros de costes en el proceso de adquisición.

Según Moubray (2004), la confiabilidad de la mano de un buen gerente o administrador experto en mantenimiento aeronáutico pueden romper paradigmas tradicionales permitiéndoles desarrollar nuevos enfoques. Para optimizar el modelo de gestión de abastecimientos es importante entender la relación existente entre la cadena de suministros y la logística, para ello se define que:

Una cadena de suministro está formada por todas aquellas partes involucradas de manera directa o indirecta en la satisfacción de una solicitud de un cliente.

Por lo expuesto anteriormente y teniendo en cuenta que "la confiabilidad es la probabilidad de que un componente desempeñe satisfactoriamente la función para la que fue creado durante un periodo establecido y bajo condiciones de operación establecidos. Es la calidad en el tiempo." (Reyes Aguilar, 2006).

La integración de metodologías aplicadas a confiabilidad y abastecimientos podría garantizar la disponibilidad de un componente antes de que falle para la flota TH-67, esto se refleja en la mejora de los procesos y las practicas logísticas de la institución procurando así que se dé un mejor manejo a las herramientas de confiabilidad y se integren a los procedimientos de abastecimientos garantizando en todo momento la disponibilidad de material en procura de tener el mayor número de aeronaves listas para el cumplimiento de la misión institucional.

Objetivos

Objetivo general:

Desarrollar el modelo de abastecimientos basado en confiabilidad para la flota TH-67.

Objetivos específicos:

- ✓ Describir el modelo actual de abastecimientos para la flota TH-67

- ✓ Definir las herramientas de confiabilidad para el análisis de fallas asociadas a remplazo de componentes
- ✓ Clasificar el material aeronáutico con sus respectivos niveles de criticidad de acuerdo con su recurrencia de fallas
- ✓ Plantear un modelo mediante el desarrollo de un instructivo basado en el análisis de confiabilidad y la metodología de abastecimientos para la flota TH-67.

Hipótesis

La información de análisis de datos estadísticos de confiabilidad permite analizar las fallas de la flota TH-67 asociadas con el cambio de elementos, lo cual permite una adquisición de material predictivo para garantizar la disponibilidad de elementos requeridos antes de que fallen manteniendo así la operación continuada de la flota TH-67.

Capítulo 2. Marco Referencial

Antecedentes

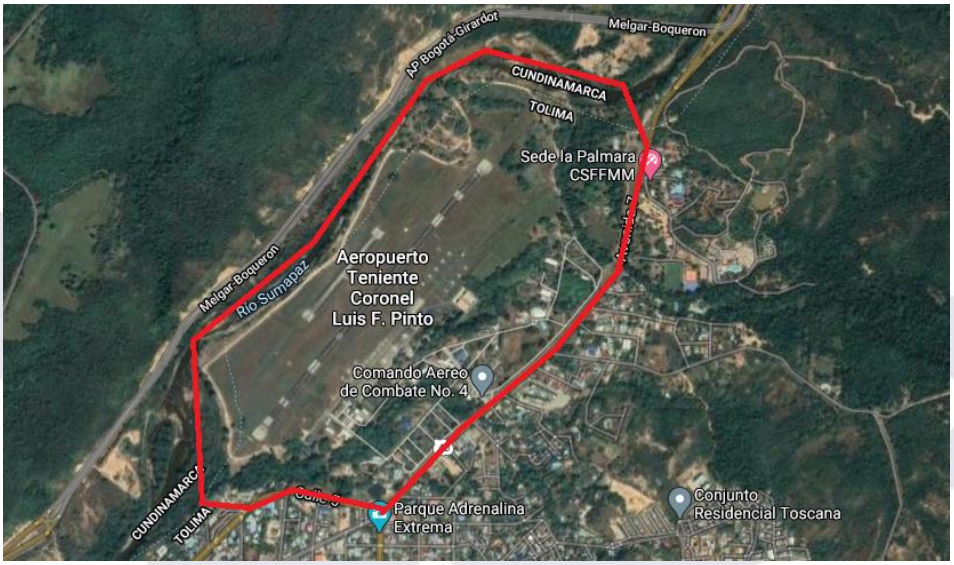
La gestión de abastecimientos en cualquier industria incluyendo la aeronáutica, es el medio por el cual se puede garantizar la adquisición de bienes, productos y/o servicios que permiten el flujo normal y desarrollo de un proceso de producción; la no disponibilidad o abastecimiento inadecuado de suministros aeronáuticos puede generar retrasos en el desarrollo normal de un cronograma de trabajo generando sobrecostos en el mantenimiento, demoras en el alistamiento de aeronaves y gastos adicionales de horas hombre, siendo esto un factor importante que se busca reducir al máximo permisible.

El Comando Aéreo de Combate No. 4, Base Aérea “TC. Luis Francisco Pinto Parra”, se encuentra ubicado en el departamento del Tolima en el municipio de Melgar (ver

Figura *3.*), la creación de esta Base Aérea se remonta al 27 de febrero de 1954 junto a la Escuela de Helicópteros para las Fuerzas Armadas EHFAA, desde esta fecha la Escuela ha graduado más de 7.000 nuevos pilotos de Ejército, Armada, Fuerza Aérea, Policía Nacional de Colombia y países como Honduras, Perú, Guatemala, México, Panamá y República Dominicana, quienes en 8 meses logran llegar a comandar aeronaves tipo BELL TH 67 CREEK.

Figura 3.

Imagen satelital Luis F. Pinto Air Base



Nota: (Google maps). (s.f.) (Imagen satelital Luis F. Pinto Air Base) Recuperado el 23-feb-2021, https://www.google.com/maps/place/Melgar.

En el año 2006 al interior de la Fuerza Aérea Colombiana surgió una dependencia cuyo objetivo principal se basó en establecer, desarrollar y a su vez implementar la confiabilidad aeronáutica en la Jefatura de Operaciones Logísticas [JOL] y cada uno de los diferentes Grupos Técnicos de la Unidades Militares Aéreas [UMAS]. Esta dependencia se denomina como la Subdirección de Confiabilidad Aeronáutica, haciendo parte de la Dirección de Ingeniería y la dirección de Mantenimiento de la Jefatura de Operaciones Logísticas y tiene sus pares en las diferentes Secciones de Confiabilidad de cada grupo técnico de la FAC.

En algunos casos el proceso de adquisición de material hace referencia a conocimiento empírico del personal de mantenimiento y de las fallas que se registran a lo largo del año sin un fundamento teórico o estadístico para la adquisición de material. Durante el proceso de mantenimiento y de estructuración de planes de mantenimiento no se ha realizado una verificación de las fallas de la aeronave, sus posibles mejoras y cambios, es decir no se tiene una

tipificación clara de los requerimientos de material acorde a un análisis de confiabilidad mediante la metodología RCM.

Esta falta de integración entre el proceso de confiabilidad y el proceso de abastecimiento afecta directamente la cadena de producción creando una afectación directa en:

- Alistamiento logístico del Comando Aéreo de Combate No 4.
- Costos por sobre mantenimiento en componentes.
- Tiempos prolongados de aeronaves en tierra por falta de material.
- Incumplimiento a cronogramas académicos de los alumnos de vuelo.

La Fuerza Aérea Colombiana [FAC] mediante procesos y procedimientos ha desarrollado una gestión de insumos y/o material para garantizar la operación continuada de las diferentes aeronaves, las cuales se describen en el *(Instructivo Para la Elaboración del Programa Anual de Soporte Logístico Operacional - PASLO, 2017)* (ver

Figura 4.), el cual inicia con una proyección de horas de vuelo en un periodo de tiempo de un año por pate del Centro de Direccionamiento Operacional del Comando de Apoyo a la Fuerza [CEOAF] para las diferentes flotas de aeronaves de la Fuerza Aérea Colombiana; estas horas se informan a las unidades militares las cuales realizan una proyección de mantenimiento mediante un escalonamiento adecuado para trabajos programados teniendo en cuenta no sobrepasar la capacidad instalada del Grupo Técnico.

Figura 4.

Evolución Confiabilidad y abastecimientos Fuerza Aérea Colombiana

Nota: Elaboración propia

La elaboración de este cronograma de mantenimiento requiere la verificación del material requerido y el existente (inventario) en el almacén; posterior se realiza una clasificación ABC del material en cada almacén aplicando el principio de Pareto o comúnmente llamado principio 80/20 basado en la probabilidad de empleo del elemento para garantizar un soporte logístico acorde a la necesidad.

Marco Contextual

La Fuerza Aérea Colombiana mediante el Manual de Confiabilidad Aeronáutica (2014) [O-MACOA], el cual fue realizado por la Subdirección de Confiabilidad Aeronáutica de la FAC [SUCOA], donde estableció una serie de directrices, enfocadas en el cambio y redefinición de objetivos, procedimientos y procesos de la confiabilidad aeronáutica en la Fuerza Aérea Colombiana, de igual forma se establecen instrucciones y se proporcionan herramientas para cada una de las Secciones de Confiabilidad de cada unidad militar de la Fuerza Aérea Colombiana con el único fin de que se desarrolle la gestión de forma eficaz y eficiente y se

pueda optimizar la operación de sus aeronaves mediante la implementación de la confiabilidad Aeronáutica.

La confiabilidad Aeronáutica en la institución se encuentra direccionada con los objetivos planteados en el plan estratégico de la Fuerza Aérea Colombiana 2011-2030, en pro del cumplimiento de la misión constitucional y fundamentada con la doctrina existente para la ejecución de mantenimiento aeronáutico en sus aeronaves, define sus políticas, procesos y procedimientos en este manual, cumpliendo los objetivos planteados en el Plan Estratégico Funcional [PEF] y en el Plan Estratégico Institucional [PEI].

Es de aclarar que en confiabilidad establece estrategias tendientes a analizar y lograr una mejora continua de la funcionalidad de los componentes y equipos aeronáuticos de la Fuerza Aérea, dentro de los límites inherentes a su diseño y en las condiciones normales de operación para garantizar operaciones aéreas exitosas.

Finalmente, El manual de abastecimiento que se implementó en el 2009 contenía las políticas de cálculo de PASLO para una vigencia futura el cual establecía un procedimiento de planeación y adquisición de material aeronáutico denominado programa anual de soporte logístico PASLO, el cual en seis pasos definía su cálculo, seguimiento y control, con la derogación de este manual en el año 2019 por modificaciones y actualización del mismo se creó el Instructivo para la elaboración del Programa Anual de Soporte Logístico Operacional, el cual tiene como finalidad establecer y estandarizar una metodología para la elaboración del [PASLO], con el fin de realizar un cálculo de necesidades de compra y servicios aeronáuticos acertado en busca de optimizar la gestión de los recursos a nivel institucional y realizar una proyección de las necesidades de las aeronaves y se estandariza el modelo de planeación de requerimientos de

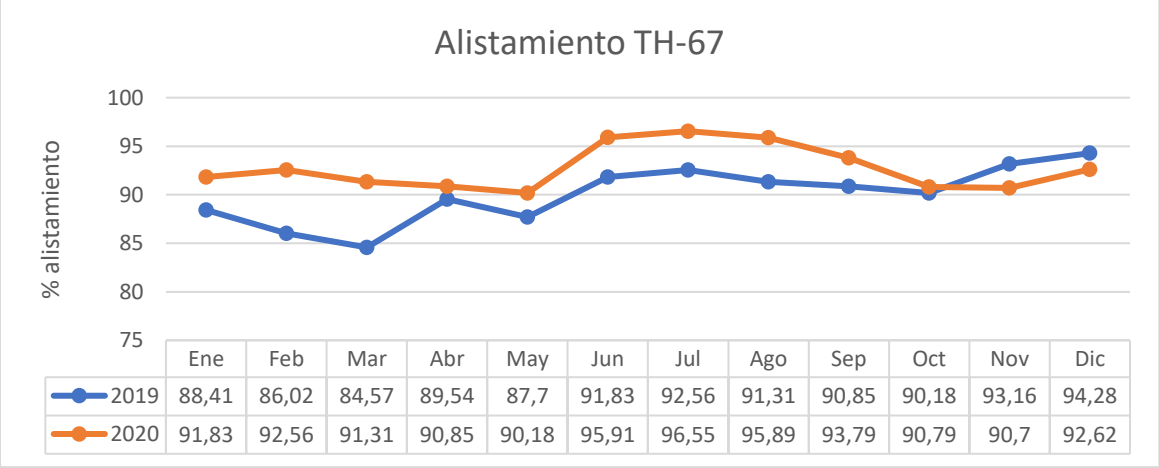
materiales y servicios de acuerdo a la proyección de horas a volar, Fuerza Aérea Colombiana (2017).

Marco Situacional

La flota TH-67 de las Fuerza Aérea Colombiana con sus 59 aeronaves ha presentado durante el año 2019 y 2020 un alistamiento de 90% y 92,4% respectivamente (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), este soporte logístico requerido por la flota al ser asumido por la FAC requirió iniciar el cálculo del material requerido para mantener la aeronavegabilidad continuada de las aeronaves.

Figura 5.

Alistamiento 2019/2020 flota TH-67



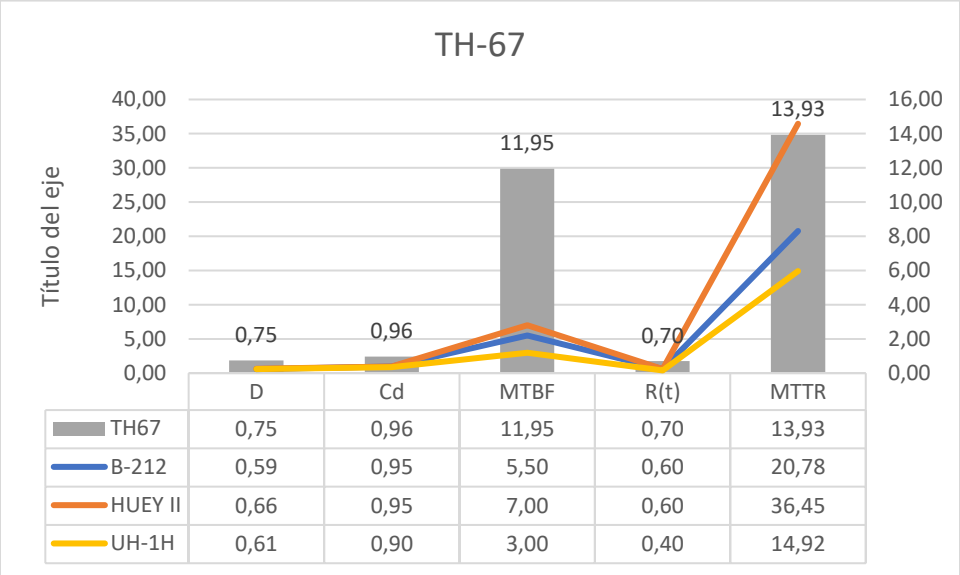
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2019	88,41	86,02	84,57	89,54	87,7	91,83	92,56	91,31	90,85	90,18	93,16	94,28
2020	91,83	92,56	91,31	90,85	90,18	95,91	96,55	95,89	93,79	90,79	90,7	92,62

Nota: elaboración propia

La flota TH-67 es la más grande del Comando Aéreo No4, teniendo una Disponibilidad (D) del 75%, brindando una Confiabilidad de despacho (Cd) del 96%, se ha calculado un Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF- Mean Time Between Failures) de 11,95 Horas con un Tiempo Medio Entre Reparación (MTTR – Mean Time To Repair) de 13,93 Horas y finalmente la flota presenta una confiablidad (Rt) del 70% (ver Figura 6).

Figura 6.

Confiabilidad Flota TH-67



Nota: elaboración propia

Con el PASLO elaborado para el lapso 2021-2022, calculado para soportar 9100 horas de vuelo a 59 aeronaves TH-67 (ver

Figura *7*), se calculó el material requerido para cumplir el mantenimiento programado e imprevistos en la operación de las aeronaves en un valor de $ 268.660.413,00 y por otra parte los elementos reparables para cumplimientos de Time Between Overhaul TBO $1.534.540.379 que suman para un total de $1.823.200.792 en material aeronáutico para la flota.

Figura 7.

Resumen requerimientos PASLO 2021-2022

	FUERZA AÉREA COLOMBIANA AUTORIDAD AERONÁUTICA DE LA AVIACIÓN DE ESTADO	Código	GA-JELOG-FR-225
	RESUMEN REQUERIMIENTOS PASLO (PROGRAMA ANUAL DE SOPORTE LOGISTICO OPERACIONAL)	Versión	2
		Vigencia	17/04/2019

UNIDAD LOGISTICA: CACOM-4 — EQUIPO: TH-67

FECHA DE ELABORACIÓN: 15-04-2020 — NUMERO DE AERONAVES: 59

HORAS ASIGNADAS: 9100 HRS — LAPSO PROYECTADO: 2021-2022

ADQUISICIONES REPUESTOS AERONÁUTICOS		PRIORIDAD SAP	CANTIDAD ÍTEMS	CANTIDAD DE ELEMENTOS	COSTO TOTAL PESOS
MANTENIMIENTO PROGRAMADO- Cronograma de Mantenimiento	MATERIAL CONSUMIBLE LISTAS MAESTRAS	001	0	0	$ 0
	MATERIAL CONSUMIBLE CAMBIOS MANDATORIOS	003	2	3	$ 162.194.455
	KITS REPUESTOS PARA REPARACIONES TBO EN LA UNIDAD	019	2	8	$ 126.377.987
	LLANTAS	014	0	0	$ 0
	SUBTOTAL		4	11	$ 288.572.442
MANTENIMIENTO DE IMPREVISTOS (CORRECTIVO)	MATERIAL CONSUMIBLE TIPO A	007	1	22	$ 87.971
	MATERIAL REPARABLE T.A COMPRA EXTERIOR (REPOSICIÓN)	013	0	0	$ 0
	MATERIAL REPARABLE T.A COMPRA LOCAL (REPOSICIÓN)	013	0	0	$ 0
	KITS REPUESTOS PARA REPARACIONES T.A EN LA UNIDAD	020	0	0	$ 0
	MOTORES COMPRA AL EXTERIOR	012	0	0	$ 0
	SUBTOTAL		1	22	$ 87.971
TOTAL			5	33	$ 288.660.413

PLAN DE REPARACIONES		PRIORIDAD SAP	CANTIDAD ÍTEMS	CANTIDAD DE ELEMENTOS	COSTO TOTAL PESOS
MANTENIMIENTO PROGRAMADO Cronograma TBO	REPARACIONES EXTERIOR TBO	002	3	11	$ 84.938.374
	REPARACIONES LOCAL TBO	002	1	4	$ 4.000.000
	REPARACIONES UNIDAD TBO	N/A	6	15	$ 481.123.289
	REPARACIONES CAMAN TBO	N/A	1	10	$ 10.000.000
	MOTORES (EXTERIOR, LOCAL, CAMAN, UNIDAD) (DILOA)	N/A	8	8	$ 954.478.716
	SUBTOTAL		19	48	$ 1.534.540.379
MANTENIMIENTO DE IMPREVISTOS (CORRECTIVO)	REPARACIONES EXTERIOR T.A	006	0	0	$ 0
	REPARACIONES LOCAL T.A	006	0	0	$ 0
	REPARACIONES UNIDAD T.A	N/A	0	0	$ 0
	REPARACIONES CAMAN T.A	N/A	0	0	$ 0
	SUBTOTAL		0	0	$ 0
TOTAL			19	48	$ 1.534.540.379
MANTENIMIENTO MODIFICATIVO O RECUPERATIVO	MANTENIMIENTO MAYOR (DILOA)	N/A	0	0	$ 0
	MODERNIZACIÓN (DILOA)	004	0	0	$ 0
	RECUPERACIÓN (DILOA)	005	0	0	$ 0
	CONTRATACIÓN A TERCEROS SERVICIOS DE MANTENIMIENTO (DILOA)	N/A	0	0	$ 0
TOTAL			0	0	$ 0
TOTAL			24		$ 1.823.200.792

Página 1

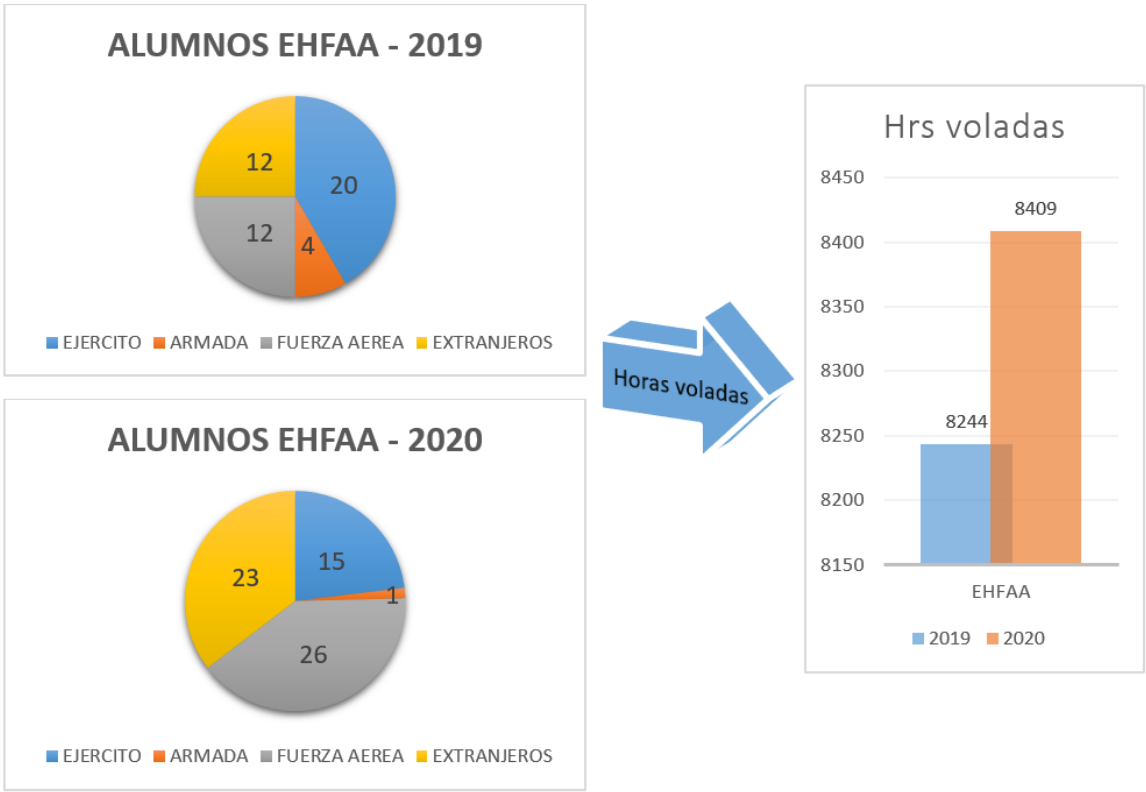
Nota: Presentación ESABA Grupo Técnico No 4 (PASLO 2021-2022)

Este soporte logístico debe suplir y satisfacer la necesidad de la escuela de helicópteros para las Fuerza Armadas [EHFAA] del CACOM-4 debido a que el número de alumnos es

directamente proporcional a las horas requeridas por la flota TH-67 y la demanda de material para el soporte logístico, la EHFAA formo en el 2019 a 48 alumnos y para el año 2020 se incrementó el número de alumnos a 65 de los cuales se encuentran integrantes de la Fuerza Aérea Colombiana, Ejercito Nacional, Armada Colombiana y alumnos extranjeros (ver Figura 8). La proyección de alumnos va en aumento y se debe garantizar la formación de este personal con el mismo número de aeronaves por lo cual se procura con el modelo minimizar el riesgo de paralización de helicópteros por falta de componentes o repuestos.

Figura 8.

EHFAA Comando Aéreo de Combate No 4



Nota: elaboración propia

Marco teórico

Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Según Palencia O. G (2017), el Mantenimiento Productivo Total [TPM] es conocido como un sistema gerencial que cuenta con la participación de todo el personal de la organización con equipos de producción siempre listos; la metodología es soportada por varias técnicas de gestión las cuales establecen estrategias adecuadas para mejorar la productividad empresarial (p. 2).

El TPM tiene tres significados diferentes: Búsqueda de la eficacia económica, Prevención del mantenimiento a través del “diseño orientado al mantenimiento”, y Participación total de los trabajadores mediante el mantenimiento autónomo (Nakajima, 1988).

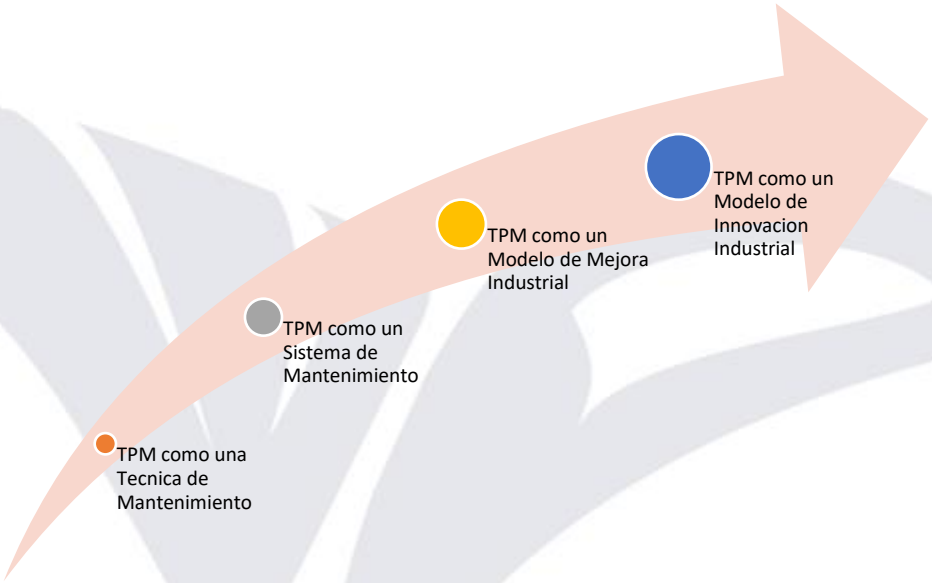
En el TPM todos los problemas de operación de los equipos se consideran perdidas, las cuales deben ser monitoreadas y agrupadas en "las seis grandes pérdidas":

1. Pérdidas por Averías
2. Pérdidas de Preparación y Ajustes
3. Inactividad y Paradas Menores
4. Pérdidas de Velocidad Reducida
5. Pérdidas de Puesta en Marcha
6. Defectos de Calidad y Repetición de Trabajos

El Alcance del TPM ha venido evolucionando desde la década de los 70, hasta el punto de que se considera actualmente como un sistema de Innovación Empresarial.

Figura 9.

Evolución Mantenimiento Productivo Total (TPM)



Nota: elaboración propia

Palencia O. G (1992), menciona que el aporte de un modelo basado en el TPM en un sistema de mantenimiento podría reflejarse en:

- Eficiencia y eficacia del Mantenimiento.
- Prevención de averías y pérdidas.
- Capacitación continuada del personal.
- Optimización técnica de mantenimiento Preventivo y Predictivo.
- Se extiende el ciclo de vida útil del equipo se extiende, y se reducen los costos totales de operación (p. 15).

De acuerdo con Toral Franco y Burgos Toaza (2013), el modelo TPM se basa o se fundamenta en 8 pilares así:

1. Mejora focalizada o eliminar las grandes pérdidas del proceso productivo

2. Mantenimiento autónomo o hacer partícipe al operario en la conservación, mantenimiento y/o mejora de la máquina donde trabaja de manera que pueda detectar a tiempo las fallas potenciales

3. Mantenimiento planificado o lograr mantener el equipo y el proceso en estado óptimo por medio de actividades sistemáticas y metódicas para construir mejora continua

4. Mejoramiento de la calidad o tomar acciones preventivas para obtener un proceso y equipo cero defectos

5. Control inicial

6. TPM en los departamentos de apoyo o eliminar las pérdidas en los procesos administrativos y aumentar la eficiencia

7. Capacitación de los empleados, a ser posible entre el personal de la propia empresa

8. Seguridad, higiene y medio ambiente o crear y mantener un sistema que garantice un ambiente laboral sin accidentes y sin contaminación.

La implementación de un modelo TPM en una organización, requiere de una implementación secuencial del programa que logre la adaptación y cambio del modelo de la organización, para ello se han definido unos pasos (ver Tabla 1), que permiten esta transición exitosa.

INTENCIONALMENTE EN BLACO

Tabla 1.

Pasos tradicionales para la Implementación del Programa TPM

FASE	PASO	PUNTOS CLAVE
Preparación	1. La alta dirección anuncia la introducción del TPM.	Conferencia sobre TPM en la compañía, artículos en revistas de la empresa.
	2. Programas de educación y compañas para introducir TPM.	La Alta Dirección: Seminarios y reuniones Personal General: Cursos y diapositivas.
	3. Crear una organización para promover internamente el TPM.	Comité de dirección y subcomités especializados. Establecer oficina central TPM
	4. Establecer las metas y políticas básicas del TPM.	Analizar las condiciones existentes: Establecer estrategias y objetivos. Prever resultados.
	5. Diseñar un plan maestro para desarrollo de TPM	Preparar planes detallados desde la fase de preparación hasta la postulación para el premio TPM.
Implementación	6. Organizar un acto de lanzamiento del proyecto TPM (Kick off ò saque inicial)	Invitar clientes, afiliados y proveedores.
	7. Crear una organización para el mejoramiento general de la productividad.	Mejoramiento de los índices de control: Auto mantenimiento, mantenimiento general, Mejoramientos y capacitación.
	8. Crear un sistema para la gestión temprana de nuevos equipos.	Desarrollar equipos y productos fáciles de usar y mantener.
	9. Crear un sistema de mantenimiento de calidad	Fijar, sostener y verificar las condiciones para eliminar los defectos (Cero defectos)
	10. Crear un sistema administrativo y de apoyo eficaz. TPM en departamento de apoyo.	Optimizar las funciones administrativas y el entorno de oficinas.
	11. Implementar un sistema para mejorar la seguridad, la salud y el entorno.	Cero accidentes y ambiente agradable.
Conso-lidación	12. Implantación perfecta del TPM y mejorar los niveles del programa.	Evaluación para el premio TPM: Objetos más elevados.

Nota: (Dávila Vides, y otros, 2005)

El tiempo en la implementación de una metodología como el TPM es importante, teniendo en cuenta que el tiempo de implementación depende del estado inicial en que se encuentre la organización al inicio del proceso.

Siendo una filosofía japonesa ha requerido que se desarrolle una adaptación a la cultura latina que permite una segura y exitosa implementación del programa TPM, por lo cual se determinan los siguientes pasos:

1. Evaluación de la situación actual al interior de la empresa y su entorno, diagnóstico.

   Este primer paso para la implementación del programa consiste en hacer un

reconocimiento del estado actual en todos los entornos de forma transversal, para lograr identificar de una forma clara como se cumplen los procesos dentro de la empresa.

2. Plan de trabajo. Luego de la realizar el diagnóstico inicial se busca realizar un detallado y especifico plan de trabajo, donde se define la estrategia de aplicación de todas y cada una de las actividades, los plazos para realizarlas y el plan maestro del TPM a largo plazo.
3. Presentación del Plan de trabajo. Este tercer paso corresponde a un paso muy importante para la implementación de la metodología, ya que es este el momento donde se obtiene el apoyo de la parte directiva de la organización.
4. Desarrollo y gestión del programa TPM. Por último, después de la presentación del programa de TPM se continúa llevando a cabo las tareas planteadas o cronograma en el plan de trabajo ya definido para su cumplimiento.

Optimización de Mantenimiento Preventivo (PMO)

Palencia O. G (2017), expone que el sistema de Optimización de Mantenimiento Preventivo [PMO] es un método diseñado para revisar los requerimientos de mantenimiento, el historial de fallas y la información técnica de los activos en operación (p. 13).

"El proceso de Optimización del Mantenimiento Preventivo, facilita el diseño de un marco de trabajo racional y rentable. Esto implica una buena experiencia en hacer mantenimiento planeado. A partir de ahí, las mejoras se pueden alcanzar fácilmente con la adecuada asignación de recursos; y el personal de mantenimiento puede enfocar sus esfuerzos en los defectos de diseño de la planta, o en las limitaciones operativas" (p. 14).

El sistema PMO es base para una Ingeniería de Confiabilidad efectiva, y para la adecuada eliminación de defectos, teniendo en cuenta que:

- Se reconocen y resuelven los problemas con la información exacta.
- Se logra un efectivo uso de los recursos.
- Se mejora la productividad de los operarios y del personal de mantenimiento.
- El sistema se adapta a las situaciones y los objetivos específicos de cada cliente.
- La optimización del PM motiva al personal (p. 16).

Chica Mejía & Hernández Flórez, 2009, exponen que la aplicación del modelo está constituida por 9 pasos así:

Paso 1. Recopilación de Tareas

Paso 2. Análisis de Modos de Falla (FMA)

Paso 3. Racionalización y Revisión del FMA

Paso 4. Análisis Funcional (Opcional)

Paso 5. Evaluación de Consecuencias

Paso 6. Definición de la Política de Mantenimiento

Paso 7. Agrupación y Revisión

Paso 8. Aprobación e Implementación

Paso 9. Programa Dinámico

Cantidad Económica de Pedido (EOQ)

El modelo EOQ, tiene el fin de optimizar el tamaño de lote de compra o de la producción; es decir, minimizar los resultados donde combina dos costos relevantes en la gestión empresarial; siendo el costo fijo de compra y costos de producción, y costos de mantener el

inventario; dentro del cual se aglomeran costos como renta, consumo de energía eléctrica, mano de obra y entre otros. Es por ello que el modelo EOQ se direcciona a determinar el lote óptimo de producción que es representado con la letra Q (Valencia, Lambán, & Royo, 2014).

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot S}{H}}$$

El modelo considera los siguientes parámetros:

D: Demanda de unidades por año

S: Costo de emitir una orden

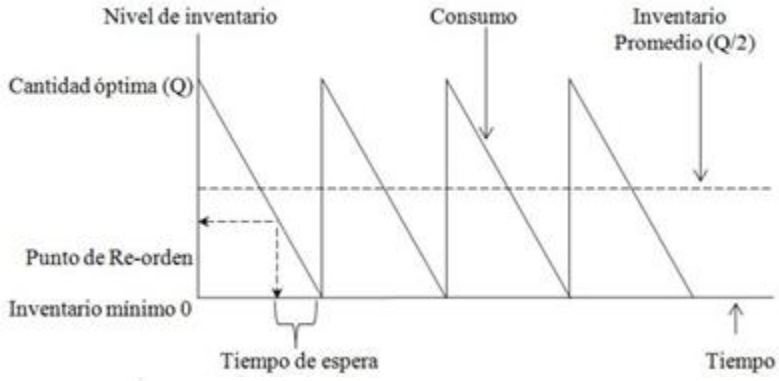
H: Costo asociado a mantener una unidad en inventario en un año

Q: Cantidad a ordenar

La representación gráfica de la metodología en mención se encuentra en la Figura 9.

Figura 10.

Representación gráfica modelo EOQ.



Nota: (Gallo, 2017, Método EOQ sin faltantes, pág. 15)

La altura de cada triángulo, según explica Gallo (2017), representa el tamaño óptimo de pedido que minimiza la función de costos totales. La base del triángulo es el tiempo que pasa desde que se recibe la orden hasta que se termina el lote (este tiempo se conoce como el

tiempo de ciclo). Adicionalmente con este modelo matemático se puede identificar el punto de reorden que es un nivel crítico de inventario de modo que cada vez que el inventario llegue a ese nivel se hace un pedido de Q* unidades (p. 15).

Estado del Arte

En Latinoamérica se han realizado diferentes investigaciones relacionadas con los conceptos centrales de este proyecto de investigación, los cuales son conceptos independientes, pero se relacionan entre sí cuando en una cadena logística interactúan todas las partes de la organización en un ciclo logístico que se repite continuamente en una línea de producción. Se realizó rastreo de información a las siguientes temáticas: confiabilidad, logística, abastecimiento y mantenimiento, y a las metodologías aplicadas de TPM, PMO y EOQ con un enfoque industrial en diferentes sectores ya que son prácticas logísticas que se aplican en diferentes sectores de la producción y múltiples entornos industriales.

Se revisaron 28 artículos de revistas nacionales e internacionales indexadas, así como tesis de maestría y doctorados internacionales y nacionales de los cuales se contemplaron trabajos realizados desde el año 2004 al 2020.

En referencia a la consulta realizada a continuación se relacionan los trabajos más pertinentes con el proyecto así:

PMO

En cuanto a la metodología conocida como PMO se revisaron dos trabajos de grado nacionales las cuales se presentan a continuación:

El primer trabajo de grado de especialización realizado por Meza Manco, S. Y., y Galarza Pira. F (2020), titulado *"Propuesta para la aplicación de PMO al plan de mantenimiento de la turbina de gas de la empresa Air Liquide Colombia (ALCO)"* en donde se concluyó que el mantenimiento predictivo es un tipo de mantenimiento que relaciona determinadas variables físicas con el desgaste o el estado de una máquina siendo pertinente en la investigación para analizar el nivel de confiabilidad en cada sistema de la aeronave y buscar las fallas persistentes en los helicópteros.

El segundo trabajo de grado para obtener el título de especialista en alta gerencia de Cristancho, P. J (2014), denominado "*Propuesta de mejoramiento de gestión de mantenimiento para el departamento de confiabilidad y proyectos en la Empresa Petrosantander Colombia (inc.)",* muestra como el mantenimiento tiene uno de los mayores costos operativos controlables en la industria, pero mediante la implementación de la confiabilidad es la clave para alcanzar un mantenimiento efectivo. Por lo cual se evidencia que la metodología PMO aplicada en nuestro proyecto es apropiada en nuestro modelo de abastecimiento planteado.

TPM

Para la implementación de la metodología TPM se revisaron cuatro textos los cuales aportan al desarrollo de la investigación así:

El primer artículo de la autoría de Villeda Morales, Á (2012), titulado *"Propuesta de un programa de mantenimiento aplicando TPM para el área de mantenimiento de ala fija de la coordinación de transportes aéreos del gobierno del estado",* es pertinente con la investigación como referente en la implementación del modelo TPM como herramienta auxiliar a un proceso ya existente.

El segundo artículo es el ensayo de Olarte Duarte, J (2017), denominado *"Optimización de los procesos de mantenimiento del C208b GRAND CARAVAN de la aviación del ejército",* siendo pertinente con el proyecto de grado en el análisis de los beneficios que ofrecen diferentes conceptos y herramientas técnicas como el Lean Six Sigma para la optimización de los procesos de mantenimiento en el sector aeronáutico y en el desarrollo de nuestro proyecto se implementaran metodologías just in time.

El tercer trabajo de grado internacional de la universidad Cesar vallejo de Perú, realizado por Castro Valdiviezo, C. F (2017), para obtener el título profesional de ingeniero mecánico se tituló "*Mantenimiento Productivo Total (TPM) para incrementar la confiabilidad de los equipos de alquiler Caterpillar de la empresa UNIMAQSA-2017*", muestra el proceso logístico siendo pertinente en el proyecto para la adaptación y modelamiento de esta metodología en el nuevo modelo de gestión de abastecimiento propuesto.

El cuarto artículo es de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Programa Ingeniería Industrial del Politécnico Gran colombiano realizado por Luna Mendoza J, 2018, titulado "*Introducción al mantenimiento industrial tipo TPM (Mantenimiento Productivo Total) y RCM (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad)",* el cual es pertinente con el proyecto de grado en la aplicación de diferentes metodologías para aumentar la confiabilidad en equipos y maquinas buscando optimización de la cadena de abastecimiento.

EOQ

Dentro del rastreo de información se encontraron 3 artículos relacionados con esta metodología los cuales se presenta a continuación:

El primer paper de Lambán, M. P., Rivas, A. M., Center, Z. L., Royo, J., & Berges, L (2009), titulado "*Modelo de la gestión económica de la cadena de suministro. Primer Congreso de Logística y Gestión de la Cadena de Suministro*" en el cual se presenta un modelo teórico-práctico para la gestión económica de la cadena de suministro, con lo cual se confirma la aplicación del modelo EOQ en el desarrollo del proyecto de investigación.

El segundo documento es la tesis de grado de Guamantica Iza, L. V (2013), de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador quien en su trabajo denominado "*Diseño del modelo de cantidad económica de pedido (EOQ) del inventario de la empresa General Motors del Ecuador*" presenta una propuesta de modelo para mejorar la gestión siendo pertinente para definir la implementación del manejo de inventario dejando en evidencia la forma de realizar planeación y control logístico del material.

Por último, se revisó el trabajo de grado de Castillo Martínez, J. A (2014), de la Universidad Militar Nueva Granada titulada "*Definición de stock de seguridad y punto de reorden para la compra de equipos en una empresa de servicios del sector telecomunicaciones*" la cual presenta la aplicación del modelo de Cantidad económica de pedido [EOQ] a los datos disponibles de la compañía siendo pertinente en la investigación para establecer un paso a paso en el cálculo de todas las variables que componen el modelo.

Confiabilidad

En el rastreo de información se hallaron 5 documentos relacionados con esta temática las cuales se presentan a continuación:

El primer documento es un ensayo de Díaz Bocanegra, C. A (2018), denominado "*La confiabilidad como herramienta para mejorar el alistamiento de las aeronaves de la aviación*

del ejército" donde se evidencia cómo a través de la administración aplicada con la simulación de modelos, estadísticas, implementación de nuevas tecnologías, la confiabilidad, se transforman en herramientas que contribuyen de manera significativa al auto sostenimiento y mayor número de aeronaves listas para la misión dentro de la Aviación del Ejército siendo pertinente para evidenciar la integración de herramientas de confiabilidad con otras áreas funcionales de una organización.

El segundo documento es un artículo de Diestra Quevedo, J. P., Esquiviel Paredes, L., & Guevara Chinchayan, R (2017), el cual se titula "*Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para optimizar la disponibilidad operacional de la máquina con mayor criticidad*" siendo pertinente en el desarrollo de esta investigación ya que nos muestra como diseñar un Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad que se ajuste a la necesidad operacionales.

El tercer documento es el artículo de Díaz Concepción, A., Romero García, J. A., Cabrera Gómez, J., & Viego Ariet, N (2015), titulado *"Estudio de confiabilidad operacional como soporte al mantenimiento aeronáutico en Cuba"* en el cual se caracteriza la actividad de mantenimiento en una empresa de aviación en Cuba evaluando los indicadores de cada elemento integrante de la confiabilidad operacional para el sistema de las aeronaves siendo pertinente para la investigación como guía en la aplicación y uso de análisis de Weibull, modelo de ajuste a la distribución y cálculo de disponibilidad de aeronaves.

El cuarto artículo es el "*Modelo mixto de confiabilidad basado en estadística para la optimización del mantenimiento industrial"* de Palencia, O. G., & González, H. Á (2017), donde se propone un modelo de mantenimiento optimo basado en estadística para las industrias que

tienen alta experiencia en mantenimiento involucrando técnicas de confiabilidad lo cual es aplicable a la aviación y en nuestro caso aviación de estado.

Finalmente, el quinto artículo es el Trabajo de grado *"Diseño de una metodología para diagnosticar fallas en los componentes de productos aeronáuticos con apoyo del método centrado en confiabilidad"* de González, Z (2018), quien plantea una metodología que ayude a los propietarios de aeronaves a reducir sus gastos en compra de repuestos, además de mantener un stop mínimo de componentes en su almacén siendo pertinente en el desarrollo de este proyecto para definir las variables a tener en cuenta en la creación del listado ABC de material critico a adquirir.

Logística

En cuanto al término de logística en el rastreo de información se revisaron 6 artículos, que se presenta a continuación:

El primer documento es un trabajo de grado de la Pontificia Universidad Javeriana en la Facultad De Ingeniería de Petrelli Molano, D. D (2010), el cual se titula *"Propuesta para la optimización y redefinición de la cadena logística para el suministro de repuestos aeronáuticos AOG (Aircraft on Ground)"* y nos muestra una propuesta de mejoras y redefinición en una cadena logística del suministro de repuestos aeronáuticos con el objetivo de mejorar los procesos y procedimientos asociados a la misma siendo pertinente en nuestra investigación para la definición y caracterización de la cadena logística interna del GRUTE No 43.

El segundo texto es el paper publicado en la Revista Chilena de Ingeniería por Salas-Navarro, K., Maiguel-Mejía, H., y Acevedo-Chedid, J., (2017), titulado *"Metodología de Gestión de Inventarios para determinar los niveles de integración y colaboración en una cadena*

de suministro" se presenta una metodología de gestión de inventarios para determinar los niveles de integración y colaboración en una cadena de suministros de tal forma que se generen políticas y estrategias logísticas que mejoran el desempeño en una cadena de suministros.

El tercer documento es el paper de Martínez Jurado, P. J., & Moyano Fuentes, J (2011), el cual se titula *"Lean Production y gestión de la cadena de suministro en la industria aeronáutica"* el cual describe su investigación sobre Lean Production y Gestión de la Cadena de Suministro en la industria aeronáutica siendo fundamental en la interpretación de estas metodologías y filosofías planteadas en el desarrollo del proyecto.

El cuarto es un artículo de Lambán, M. P., Royo, J., Valencia, J., Berges, L., y Galar, D (2013), titulado *"Modelo para el cálculo del costo de almacenamiento de un producto: caso de estudio en un entorno logístico"* en donde diversos autores han establecido la importancia que tiene el proceso logístico en la Cadena de Suministro siendo pertinente con esta investigación para analizar los diferentes conceptos en la industria aeronáutica y afines.

El quinto documento es el artículo de Choquecahua Tello, J. G (2017) titulado *"Implementación del sistema logístico de repuestos de helicópteros MI-17, para optimizar el control de inventario en la Aviación del Ejército"* que explica la implementación del sistema logístico de repuestos para optimizar el control de inventario en la aviación del ejército nacional, con la finalidad de disponer de un adecuado nivel de stock de repuestos para la flota de Aeronave de ala rotatoria MI-17, tiene pertinencia con el proyecto debido a que, debido a que la flota analizada de la aviación del ejército está compuesta por aeronave de ala rotatoria al igual que en esta investigación.

Finalmente, el sexto artículo es el *"Diseño e implantación de un sistema de logística en una industria aeronáutica"* de Cervantes Barla, E., (2011), donde se describen las características

principales del sector aeronáutico, enfatizando las de las plantas de producción aeronáuticas siendo pertinente este artículo ya que el desarrollo se enfoca muy especialmente la planta de montaje, ya que el sistema logístico se implantado en una empresa aeronáutica que tiene como objetivo principal la producción de partes de aviones.

Abastecimiento

En la revisión de artículos se encontraron 4 documentos relacionados con nuestra temática así:

El primer documento es la tesis de maestría de la Universidad de la sabana titulada *"Estudio de factibilidad de la integración del proceso de abastecimiento de material aeronáutico del Grupo Synergy a través del centro de distribución de Avianca ubicado en Miami" de* Gutiérrez Arango, V., y Vargas Rey, J (2013), el estudio muestra como Avianca SA en Colombia y su subsidiaria Avianca Inc. en Estados Unidos tienen implementando un proceso logístico y la infraestructura para el abastecimiento de material aeronáutico y se propone una alternativa de integración con la cual disminuyan costos y gastos para obtener la estandarización del proceso y el aprovechamiento de la infraestructura de Avianca SA siendo pertinente con el trabajo de investigación en la aplicación de metodologías en los procesos ya existentes de una organización.

El segundo es un artículo de Calderón, J. L., y Lario, F. C (2007), el cual se titula *"Simulación de cadenas de suministro: Nuevas aplicaciones y áreas de desarrollo"* en el cual se realiza una revisión de la literatura sobre simulación de cadenas de suministro y resume los conceptos principales sobre simulación y analiza más de 70 artículos publicados entre los años 2000 y 2006 siendo pertinente en la estructuración del marco teórico del proyecto de investigación.

El tercer artículo de Cortez Albino, C. E., Mena Nieves, M. A., & Reyes Zavaleta, J. A, (2015), *"Propuestas estratégicas de mejora en la cadena de abastecimiento de una empresa de servicios aéreos no regulares"* describe el entorno aeronáutico del Perú, posteriormente analiza la importancia de la cadena de suministro, los elementos importantes de la cadena de suministro, la gestión de compras, la estrategia de compra siendo pertinente para la investigación en la guía para describir las alternativas de mejora desde un punto de vista estratégico, de acuerdo a lo planteado en los dos primeros.

Por último, el cuarto artículo es *"Decision of lead-time compression and stable operation of supply chain"* de Zhang, S., Li, S., Zhang, S., y Zhang, M (2017), donde se muestra el estudio de una estrategia de optimización de costos y una estrategia de control robusta para realizar la operación robusta de bajo costo de la cadena de suministro con plazos de entrega mostrando una propuesta de optimización en el proceso de abastecimiento de un almacén.

Mantenimiento

Con relación al concepto de mantenimiento se hallaron 4 publicaciones las cuales desarrollan el concepto de mantenimiento en un contexto aeronáutico e industrial así:

El primer documento es la tesis de maestría de Torres Royo, A. M (2020) *"Estudio aplicado a las tareas de mantenimiento aeronáutico"* de la Universidad Politécnica de Valencia el cual se basa en el estudio de algunas de las tareas, que se llevan a cabo en un centro de mantenimiento aeronáutico, para su posterior análisis y propuesta de diferentes acciones de mejora siendo pertinente con nuestra investigación en la búsqueda de herramientas que permiten asociar la gestión de abastecimientos con la ejecución de tareas de mantenimiento.

El segundo documento es el paper de Depestre, L. O. L, 2012, titulado *"Del Mantenimiento Correctivo al Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad"* en el cual se realiza un estudio de la evolución histórica que ha experimentado el mantenimiento, según las características y el desarrollo tecnológico de cada época, desde las antiguas concepciones hasta las prácticas modernas siendo pertinente con la investigación como referente en la aplicación de las herramientas de confiabilidad con el proceso de abastecimiento aeronáutico.

El tercer documento es el artículo de Moreno Lemos, C. A (2004), *"Doctrina del mantenimiento, mantenibilidad, fiabilidad y aplicación en equipos aeronáuticos"* del Instituto Militar Aeronáutico de la FAC en el cual se describen cada una de las etapas de mantenimiento en la era industrial y aeronáutica con sus respectivas generaciones haciendo énfasis en la aparición de la fiabilidad y confiabilidad en el sector de la aviación por lo cual es muy pertinente en el desarrollo del trabajo de investigación en cuanto a la sustentación de la relación en la cadena logística entre abastecimientos y confiabilidad.

Finalmente, el cuarto artículo de Salas Luzuriaga, E., Hidalgo, C., Cando Simba, M., y Gordon Rosero, W (2010), titulado *"Implementación de un centro de mantenimiento aeronáutico en la ciudad de Guayaquil"* define el concepto de mantenimiento aeronáutico y como se estructura desde la organización para brindar un servicio a terceros que garantice la aeronavegabilidad continuada de las aeronaves cumpliendo con los estándares de calidad del ente regulador, este artículo es bastante pertinente porque es un referente para realizar la descripción del proceso de la organización enfatizando en la integración de procesos para optimizar el proceso productivo en la cadena logística.

Con el rastreo bibliográfico expuesto anteriormente se logró evidenciar en otras investigaciones la utilización y uso de nuestras metodologías y conceptos claves con aplicación

en el sector aeronáutico e industrial; los diferentes trabajos nos muestran modelos implementados y las teorías que soportan nuestro proyecto de investigación, se considera que el proyecto es apropiado a nuestra necesidad puesto que nos permite optimizar la adquisición de material minimizando tiempos de paralización de aeronaves a causa de elementos no disponibles en el almacén; no se evidenciaron investigaciones que se asemejen a la integración de metodologías que aquí se propone.

Con lo expuesto anteriormente se citan autores que abordan y aportan desde sus investigaciones al desarrollo de un modelo de gestión de abastecimiento basado en confiabilidad.

Marco Legal y Normativo

Manual de Mantenimiento

La Fuerza Aérea Colombiana en su Manual de Mantenimiento [MAMAE] FAC-4.1.1-0 (2016), establece la doctrina y las normas técnicas; para guiar y estandarizar de forma objetiva al personal aeronáutico técnico -logístico de la FAC para todos los aspectos que afectan la aeronavegabilidad y la confiabilidad de las aeronaves, este es un documento legal que establece parámetros de procesos, procedimientos, actividades, estructura organizacional, competencias, gestión del conocimiento y de la calidad ingeniería confiabilidad.

Todo personal militar y civil sin importar el rango, que tenga relación con el mantenimiento aeronáutico, y control aeronavegabilidad de las aeronaves FAC (incluido personal vuelo y seguridad) están en la obligación de conocer y cumplir el MAMAE para ello todos los comandantes a todo nivel supervisaran el estricto cumplimiento de este manual.

Instructivo PASLO

Por parte de abastecimientos la institución cuenta con él Instructivo Para la Elaboración del Programa Anual de Soporte Logístico Operacional – PASLO (2017), el cual establece y estandariza la metodología para la elaboración del Programa Anual de Soporte Logístico Operativo [PASLO], el cual permite realizar la proyección de necesidades de compra y servicios aeronáuticos requeridos para brindar el soporte logístico a la Fuerza Aérea Colombiana, buscando mejorar el desempeño en la gestión de los recursos. Estandarizar un modelo de planeación de requerimientos de Materiales y servicios acorde a las necesidades de soporte logístico de la FAC, bajo ciertos modelos estadísticos para pronósticos de inventarios.

Manual de Confiabilidad

Finalmente encontramos el Manual de Confiabilidad O-MACOA (2014), este documento define las directrices, objetivos, procesos y políticas de la Confiabilidad Aeronáutica en la FAC, también establece instrucciones de forma clara y específica, y proporciona herramientas y referencias para que la subdirección de confiabilidad y las secciones de confiabilidad de cada una de las bases de la FAC desarrollen su gestión de forma dinámica y efectiva, mediante la implementación de la confiabilidad aeronáutica en la Fuerza Aérea Colombiana. Así mismo, estandariza todos los formatos de informes y controles utilizados por cada una de las actividades propias de las dependencias de confiabilidad.

Marco Conceptual

Falla – Modos de Falla

Según Yavarone (2019), una falla es cuando un medio productivo cesa de realizar una o más de sus funciones, mucho antes del fin de su vida útil, se dice que ha fallado. Estas fallas pueden causar pérdidas, paradas imprevistas de planta, incrementos de los costos de mantenimiento y reparación.

Las fallas más tradicionales, incorporan fallas causadas por el deterioro o el uso y desgaste normal de materiales, componentes o conjuntos que componen en este caso una aeronave.

No obstante, también existen fallas causadas por errores humanos (operación de la aeronave y/o parte técnica de mantenimiento) o por desperfectos de diseño (fabricante) de modo que los posibles causantes de fallas en equipos pueden ser identificados y manejados apropiadamente.

Es también de suma importancia identificar la causa en detalle de modo que no se desperdicien tiempo ni esfuerzo en tratar síntomas en lugar de causas. Por otro lado, Es también de suma importancia asegurar que el tiempo no se desperdicia en el análisis mismo, por concentrase en demasiados detalles.

Un proceso de análisis de fallas debe clasificar estas consecuencias en cuatro grupos así:

* Consecuencias de fallas ocultas: Las fallas ocultas no causan un impacto directo, pero exponen a la empresa a fallas múltiples, con consecuencias serias y frecuentemente catastróficas. (La mayoría de estas fallas están asociadas con sistemas de protección no libres de fallas)

* Consecuencias medioambientales y de seguridad: Una falla trae consecuencias de seguridad si potencialmente puede dañar o causar la muerte. Tiene consecuencias medioambientales si provoca la violación de cualquier norma medioambiental corporativa, regional, nacional o internacional.

* Consecuencias operativas: Una falla trae consecuencias operativas cuando afecta la producción (rendimiento, calidad del producto, servicio al cliente o costos operativos, además del costo directo de reparación.)

* Consecuencias no operativas: Las fallas evidentes que conforman esta categoría, no tienen consecuencias ni de seguridad, ni de protección, de modo que solo implican el costo de reparación.

Confiabilidad

De acuerdo a lo establecido por (Reyes Aguilar, 2006) se complementa la definición de confiabilidad por (Palencia G, 2014) como: “la confiabilidad es la probabilidad de que un componente desempeñe satisfactoriamente la función para la que fue creado durante un periodo establecido y bajo condiciones de operación establecidos. La confiabilidad es la calidad en el tiempo; pero esta no es una definición completa de lo que es confiabilidad, ya que esta tiene alcances diferentes a la probabilidad; la confiabilidad es una nueva forma de ver la realidad, es una cultura organizacional que tiene como objetivo que todas las actividades de producción, y en general todas las tareas, se efectúen bien desde la primera vez y por siempre; no se acepta que se hagan las cosas precariamente o a medias.

De manera global, la confiabilidad se utiliza para medir el desempeño y/o comportamiento de sistemas, equipos y/o componentes individuales, con fines de garantizar: la

optimización de los costos de diseño, mantenimiento, calidad y producción; la seguridad humana, industrial y ambiental; la cantidad y consecuencia de las fallas; la calidad de los productos, entre otros aspectos.

Los fabricantes suelen realizar pruebas de fiabilidad en muestras de sus productos para garantizar el rendimiento deseado (Gasca, 2017).

Obtener confiabilidad normalmente significa economía de dinero y preservación de la seguridad integral del sistema productivo, razón que conduce a mantener un "balance económico" que permita fijar niveles de confiabilidad óptimos.

Un programa de confiabilidad, en términos prácticos, es el monitoreo continuo, registro y análisis del funcionamiento y condición de los componentes y sistemas de la aeronave. Los resultados son entonces medidos o comprados contra niveles de comportamiento normal establecidos de modo que la necesidad de una acción correctiva puede ser evaluada y en caso necesario, pueden ser adoptadas.

Aeronavegabilidad

La aeronavegabilidad es una condición o capacidad que tiene una aeronave para mantener su operación en condiciones seguras, cumpliendo con una parte técnica (Trabajos de Mantenimiento) y una parte legal (Documentación). Esta capacidad se refleja en un certificado de aeronavegabilidad que es otorgado por la autoridad de aviación competente de cada país y se conserva siempre que la aeronave siga cumpliendo con las especificaciones en el mencionadas (Aeronáutica Civil de Colombia, 2019).

Según la Fuerza Aérea Colombiana (2016), la aeronavegabilidad es una aptitud técnica y legal que deberá tener una aeronave o componente para volar conservando la integridad física

(Seguridad), incluyendo partes, componentes y subsistemas, cumpliendo con su capacidad de ejecución y características de empleo.

El principal reglamento sobre aeronavegabilidad en la aviación civil se encuentra en el Anexo 8 de la Organización Aérea Civil Internacional [OACI], también existen otros organismos como son la Administración Federal de Aviación [FAA] y la Agencia Europea de Seguridad Aérea [EASA] quienes establecen sus propias normas pero enmarcadas en las políticas y directrices establecidas por los estados contratantes del convenio de chicago.

Plan de Mantenimiento

Jaramillo García (2013), define al plan de mantenimiento como el componente en una estructura de gestión de activos que determina actividades programadas de mantenimiento a aplicar a los activos, con el objetivo de aumentar la eficiencia de los mismos, con acciones necesarias y en su debido momento, y determinar las frecuencias y variables que se van a controlar, disponibilidad presupuesto y recursos, así como los métodos para cada actividad.

Para Duffuaa & Campbell (2000), la planeación o planificación en el contexto del mantenimiento, se refiere al proceso por el cual se determinan, especifican y realizan todos los elementos requeridos para llevar a cabo una tarea antes de iniciar el trabajo con el objetivo de facilitar la ejecución del mismo.

Por otra parte, García Garrido (2003), dice que un programa de mantenimiento son el conjunto de todos los tipos de mantenimiento diseñados para mantener una instalación, equipo o sistema. En este programa se encuentran todas y cada una de las actividades necesarias para evitar o prevenir las principales fallas que pueden presentar la instalación o sistema. Es muy importante comprender bien esas dos definiciones: que el programa de mantenimiento es un

grupo de actividades de mantenimiento agrupados en gamas, que tienen por objetivo evitar o disminuir las fallas o averías en la instalación, equipo o sistema.

El plan de mantenimiento es el elemento en un modelo de gestión de activos que define los programas de mantenimiento a los activos (actividades periódicas preventivas, predictivas y detectives), el plan de mantenimiento es una serie de tareas que de manera planeada y programada se deben realizar a un equipo o sistema productivo con una frecuencia determinada.

Capítulo 3 – Desarrollo Metodológico

Justificación del Método

Enfoque de Investigación

Teniendo en cuenta que Hernández, Fernández, y Baptista (2010), menciona:

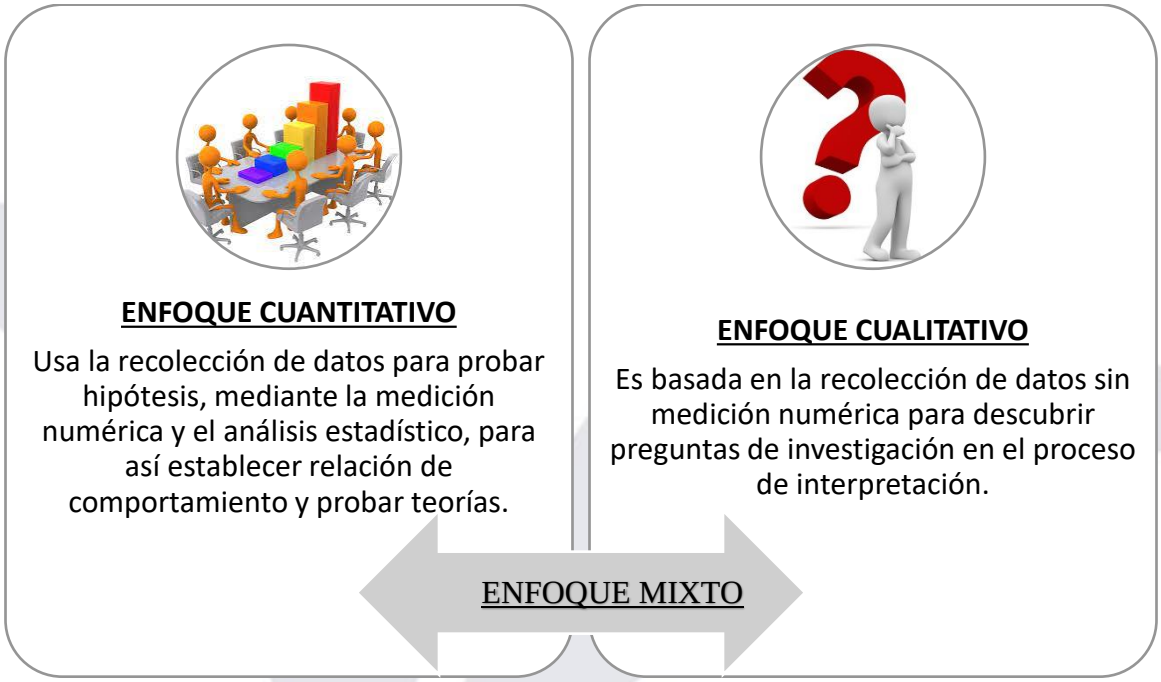
> "*La investigación científica se concibe como un conjunto de procesos sistemáticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno; es dinámica, cambiante y evolutiva. Se puede manifestar de tres formas: cuantitativa, cualitativa y mixta. Esta Última implica combinar las dos primeras. Cada una es importante, valiosa y respetable por igual (p. 36).*

El enfoque metodológico de la investigación es de carácter mixto (ver Figura 11) de acuerdo con la definición de Hernández Sampieri, Fernández Collado, y Baptista Lucio (2014), A lo largo de la historia de la ciencia han surgido diversas corrientes de pensamiento (como el empirismo, el materialismo dialéctico, el positivismo, la fenomenología, el estructuralismo) y diversos marcos interpretativos, como el realismo y el constructivismo, que han abierto diferentes rutas en la búsqueda del conocimiento. Sin embargo, y debido a las diferentes premisas que las sustentan, desde el siglo pasado tales corrientes se "polarizaron" en dos aproximaciones principales de la investigación: el enfoque cuantitativo y el enfoque cualitativo.

Ambos enfoques emplean procesos cuidadosos, metódicos y empíricos en su esfuerzo para generar conocimiento, por lo que la definición previa de investigación se aplica a los dos por igual, Sin embargo, aunque las aproximaciones cuantitativa y cualitativa comparten estrategias generales, cada una tiene sus propias características.

Figura 11.

Enfoque metodología aplicada



Nota: elaboración propia adaptada

Tipo de Investigación

El desarrollo del modelo de abastecimientos basado en confiabilidad para la flota TH-67, se realiza mediante un tipo de investigación descriptiva, explicativa y correlacional de acuerdo a lo expresado por Hernández, Fernández, y Baptista (2010), quien menciona que:

La metodología descriptiva tiene como propósito describir situaciones y eventos, es, decir miden y evalúan diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno o fenómenos a investigar (p. 91).

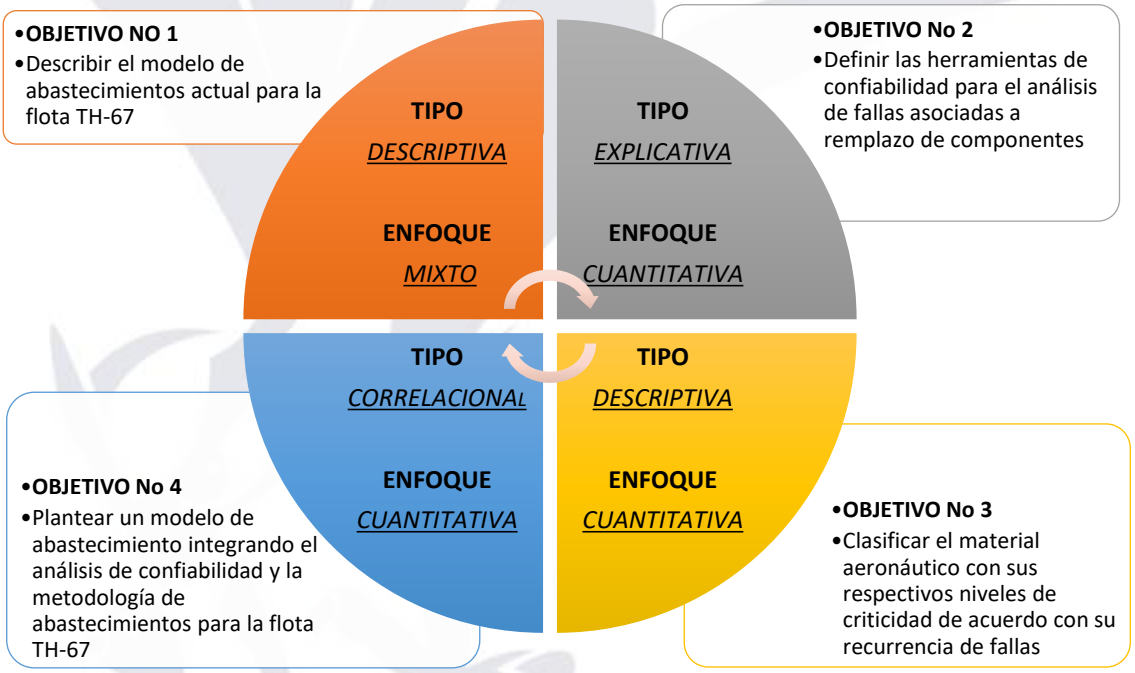
Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; están dirigidos a responder a las causas de los

eventos físicos o sociales, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da éste, o por qué dos o más variables están relacionadas (p. 93).

Finalmente, los estudios correlacionales son saber cómo se puede comportar un concepto o variable conociendo el comportamiento de otra u otras variables relacionadas. Es decir, para intentar predecir el valor aproximado que tendrá un grupo de individuos en una variable, a partir del valor que tienen en la variable o variables relacionadas (p. 95).

Figura 12.

Metodología aplicada al cumplimiento de objetivos específicos



Nota: elaboración propia

Metodología

Se desarrolló una metodología explicativa-descriptiva en los objetivos establecidos, teniendo en cuenta que las herramientas de confiabilidad son metodologías que ya se encuentran estructuradas y establecidas en el proceso de mantenimiento a nivel mundial.

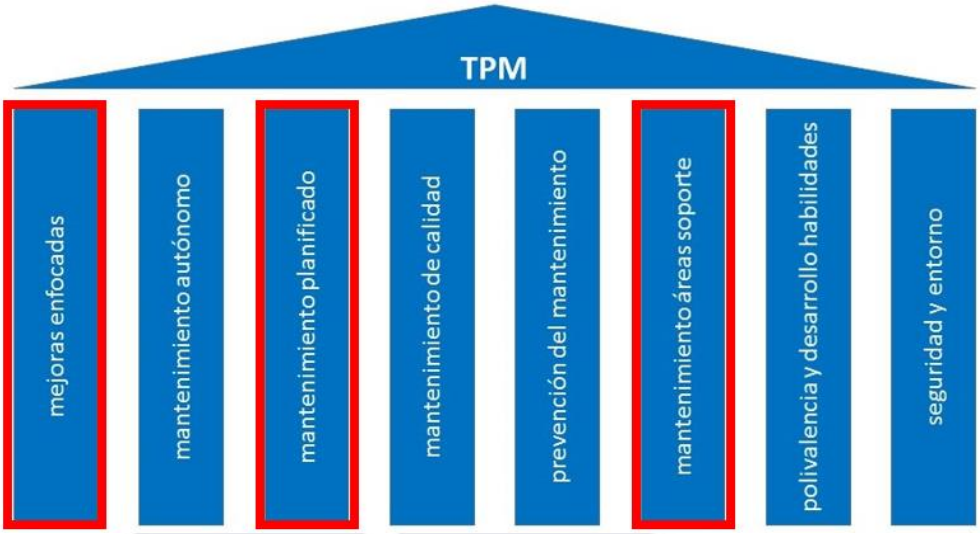
Durante el desarrollo de la metodología se inició con una verificación de las variables establecidas en la teoría y procesos de implementación de TPM, PMO y confiabilidad para identificar los principales sistemas de acuerdo a la clasificación de la norma MIL-STD-1808C (ver Anexo F), teniendo en cuenta que es una forma de organizar las distintas partes, reparaciones o tipos de sistemas de cualquier aeronave (avión o helicóptero) de estandarización mundial, de esta forma se analizan las fallas de mayor recurrencia por sistema y que requirieron de materiales y/o elementos aeronáuticos para de esta forma aislar las fallas asociadas a la mala operación de los equipos.

Se revisaron las metodologías RCM confiabilidad centrada en mantenimiento (Reliability Centered to maintenance) y la RCS Repuestos centrados en confiabilidad (Reliability Centered to Spare), pero fueron descartadas teniendo en cuenta que la metodología RCM se enfoca en la organización de las tareas de mantenimiento y la gestión de mantenimiento para migrar la producción a programas organizados que se basan en la confiabilidad de los equipos y la RCS se enfoca en el análisis de rotación de material y costos asociados a los inventarios del almacén por lo que solo contempla la información asociada a la gestión y consumo de material sin mirar factores externos a este.

Por otra parte, los 8 pilares de la metodología TPM son aplicables a mantenimiento; sin embargo, se tomaron los 3 pilares que permiten realizar la aplicación a la gestión de abastecimiento: mejoras enfocadas, mantenimiento planificado y mantenimiento áreas soporte (ver Figura 13).

Figura 13.

Representación gráfica pilares TPM



Nota: Adaptada de (Franco Zuluaga & Velez Velez, 2015)

Así mismo, se retomó la metodología del PMO con su estructura de nueve pasos con enfoque a mantenimiento, de la cual se aplicaron cuatro pasos para el desarrollo de un modelo orientado a la gestión de abastecimientos: Recopilación de tareas, Análisis de Modos de Falla [FMA], Racionalización y Revisión del FMA y, Agrupación y Revisión (ver Figura 14):

Figura 14.

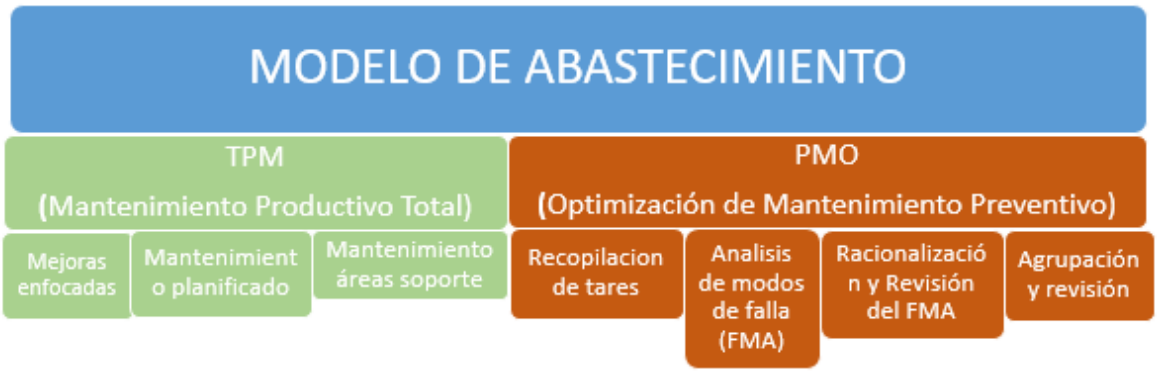
Representación gráfica pasos metodología PMO

Nota: Adaptada de (Chica Mejía & Hernández Florez, 2009)

De esta forma se propone la integración de dichos modelos para realizar un modelo basado en confiabilidad por lo que se desarrollara el análisis de la información bajo el siguiente planteamiento:

Figura 15.

Integración metodología TPM-PMO



Nota: elaboración propia

Posterior, mediante el análisis de metodologías para abastecimiento con el cálculo del EOQ se define la cantidad económica de pedido, de esta forma se determinaron los valores mínimos y máximos relacionados con la variable de costo de adquisición y costo de almacenamiento.

Al tratar los datos y analizar la información se integró el análisis de confiabilidad con la filosofía TPM y el modelo de gestión de abastecimientos buscando optimizar la disponibilidad de material en los almacenes teniendo en cuenta minimizar los costos de pedido y almacenamiento migrando a una logística bajo la filosofía JIT (Just In Time) logrando la optimización en la gestión de suministros para la Fuerza Aérea Colombiana.

Tamaño de Población y Fiabilidad de la Muestra

Según Suárez Gil (2013), se define la población como el conjunto de "individuos" al que se refiere nuestra pregunta de estudio o respecto al cual se pretende concluir algo, y la muestra es cualquier subconjunto derivado de una población.

Por lo cual se define a continuación la población y muestra en la aplicación de herramientas y análisis de la información.

Población

La población seleccionada para el desarrollo de la investigación está compuesta por el personal orgánico del Grupo Técnico No 43 el cual se integra por Oficiales, Suboficiales y personal Civil (véase Figura 15):

Figura 16.
Población de estudio GRUTE No 43

Nota: elaboración propia

Siendo un total de 217 personas que están inmersas en el desarrollo de la operación diaria del Grupo Técnico No 43 para dar soporte logístico a las aeronaves asignadas al Comando Aéreo de Combate No 4.

Teniendo identificado la población de estudio es necesario clasificar el personal del GRUTE No 43 en las respectivas secciones y escuadrones, se definió la muestra en cada uno de los objetivos planteados (véase Figura 17), teniendo en cuenta la estructuración de un grupo técnico de acuerdo con roles y perfiles del personal de acuerdo con el Manual de Mantenimiento del 2016 MAMAE 2da ed.

Figura 17.
Secciones y escuadrones GRUTE No 43

Nota: elaboración propia

Con la encuesta como instrumento de recolección de información, se determina que la muestra corresponde a 73 personas entre oficiales, suboficiales y personal civil lo que equivale al 33% de la población, pero corresponde al 100% del personal técnico especializado en el tema compuesto por Plana Mayor y Abastecimientos (Ver Figura 17).

La técnica aplicada para calcular la muestra es el muestreo no probabilístico por conveniencia teniendo en cuenta que el personal ya se encuentra clasificado internamente en la institución por lo que se identifica claramente el recurso humano a tener en cuenta en el estudio, el porcentaje de confiabilidad se estima en un 95%.

Para dar cumplimiento de los objetivos específicos 2, 3 y 4 se realizó un análisis estadístico de contenido con la información recolectada del software de planificación de recursos empresariales ERP de la Fuerza Aérea Colombiana SAP NetWeaber Versión 7500.2.7.1153. Según Martín, 2011, acerca de las fallas presentadas en aeronaves TH-67 en el lapso de tiempo determinado (2018-2021) con el fin de realizar un análisis gráfico y matemático mediante el software de Excel con la aplicación de tablas dinámicas que permitan extraer la información requerida.

Técnicas e Instrumentos

En este apartado se mencionan los instrumentos que se utilizaron durante el desarrollo de la investigación, los cuales respondieron a cada uno de los objetivos planteados. Antes de profundizar en cada uno de los instrumentos, se presenta la tabla 1 que ilustra el procedimiento de la investigación y la relación entre las técnicas y los objetivos específicos.

Tabla 2.

Resumen Metodológico

ITEM	OBJETIVO	METODOLOGÍA					PROCESOS Y/O VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	ESTADOS VARIABLE
		TIPO	ENFOQUE	MÉTODO O TÉCNICA	HERRAMIENTAS	POBLACIÓN / MUESTRA		
1	Describir el modelo actual de abastecimientos para la flota TH-67	Descriptiva	Cuantitativo _____ Cualitativo	Pareto ABC	Diagrama de Gantt Análisis estadísticos Indicadores ISLA Encuesta	GRUTE No 43 _____ Sección Planeación – Sección Abastecimientos – Plana Mayor	Proceso de gestión de abastecimientos Percepción de efectividad del proceso Alistamiento de la flota 2019-2020	N/A N/A %

ITEM	OBJETIVO	METODOLOGÍA					PROCESOS Y/O VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	ESTADOS VARIABLE
		TIPO	ENFOQUE	MÉTODO O TÉCNICA	HERRAMIENTAS	POBLACIÓN / MUESTRA		
2	Definir las herramientas de confiabilidad para el análisis de fallas asociadas a remplazo de componentes	Explicativa	Cuantitativo	FMA TPM PMO	Análisis estadísticos SAP	Plana Mayor GRUTE No 43 _____ Sección Confiabilidad	Índice de confiabilidad 2019 - 2020 Cantidad de Fallas asociadas a componentes	% N/A
3	Analizar el material aeronáutico con sus respectivos niveles de criticidad de acuerdo con su recurrencia de fallas	Descriptiva	Cuantitativo	TPM PMO	Análisis estadísticos Pareto 80/20 SAP	Almacenes GRUTE No 43 _____ Material TH-67	PASLO 2018-2019 (costos) Clasificación material ABC Material aeronáutico según confiabilidad	$ pesos EA EA
4	Plantear un modelo basado en el análisis de confiabilidad y la metodología de abastecimientos para la flota TH-67	Correlacional	Cuantitativo	TPM PMO EOQ	Pareto 80/20 EOQ Diagrama de procesos	GRUTE No 43 _____ Sección Abastecimientos	EOQ material por confiabilidad Instructivo paso a paso del modelo	EA N/A

Nota: elaboración propia

Encuesta

Torres, Paz, y Salazar (2019), indica que "la encuesta como instrumento de recolección de información constituye el término medio entre la observación y la experimentación. En ella se pueden registrar situaciones que pueden ser observadas y en ausencia de poder recrear un

experimento se cuestiona a la persona participante sobre ello. Por ello, se dice que la encuesta es un método descriptivo con el que se pueden detectar ideas, necesidades, preferencias, etc.” (p. 4).

Por lo expuesto anteriormente se considera que la encuesta es el instrumento de recolección de información más indicado para usar en el cumplimiento del primer objetivo en el desarrollo de modelo de abastecimientos basado en confiabilidad para la flota TH-67.

El objetivo de la encuesta planteada es describir la percepción y conocimiento del personal del Grupo Técnico No 43 acerca del modelo actual de gestión de abastecimientos para la flota TH-67 y el conocimiento acerca de las metodologías TPM, PMO y EOQ, para ello la encuesta aplicada cuenta con las siguientes características:

- Encuesta online
- Encuesta analítica
- Respuestas cerradas y abiertas.

Figura 18.

Encuesta “Modelo de abastecimientos basado en confiabilidad para la flota TH-67”

Nota: elaboración propia

El Perfil del encuestado es el de funcionario orgánico del Comando Aéreo de Combate No. 4 (oficial, suboficial o civil) que labora en el Grupo Técnico No 43 en el escuadrón abastecimientos o plana mayor.

La encuesta realizada (Ver Figura 18), se desarrolló para dar cumplimiento al primer objetivo específico, analizando gráficamente la percepción de personal para el modelo actual de abastecimiento en la flota TH-67 mediante la repuesta seleccionada a las preguntas que se observan en la Tabla 2.

Tabla 3.

Estructuración de encuesta

No	*PREGUNTA*	*OPCIONES DE RESPUESTAS*
1	¿Cómo considera la gestión de abastecimiento para la flota de aeronaves TH-67 en cuanto a la disponibilidad de material requerido?	- Buena - Regular - Mala - No la conoce
2	¿Conoce las variables que contempla el PASLO para el cálculo del soporte logístico de la flota TH-67?	- Si - No - Algunas
3	¿Ha evidenciado aeronaves paralizadas por falta de elementos o en condición NLA (No Lista por Abastecimientos)?	- Si - No
4	¿Considera la confiabilidad aeronáutica como esencial en la operación de las aeronaves TH-67?	- Si - No - Algunas veces
5	Según su conocimiento o percepción, ¿cuál es el índice de confiabilidad de la flota TH-67?	- 0 a 25% - 26 a 50% - 51 a 75% - 76 a100% - No lo conoce
6	¿Conoce en qué consiste la metodología de abastecimientos EOQ (Economic Order Quantity), utilizada en procesos de abastecimientos?	- Si - No
7	De las metodologías TPM (Total Productive Maintenance) y PMO (Planned Maintenance Optimization) ¿cuál ha escuchado y/o conoce que se maneje en el Grupo Técnico No 43?	- TPM - PMO - TPM y PMO - Ninguna de las dos
8	¿Considera que se puede integrar modelos y metodologías de confiabilidad con la gestión actual de abastecimiento de la flota TH-67?	- Si - No
9	Si Conoce alguna otra metodología que considere importante para tener en cuenta en la gestión actual de abastecimiento de la flota TH-67, menciónela.	Respuesta abierta

Nota: elaboración propia

La formulación de las preguntas realizadas va encaminada al cumplimiento del objetivo específico No 1 por lo cual se planteó la importancia de cada pregunta con el fin de evaluar la pertinencia de estas y el enfoque desarrollado en este instrumento de recolección de información como se observa en la Tabla 3.

Tabla 4.

Análisis importancia preguntas ENCUESTA

PREGUNTA	IMPORTANCIA
Primera	Brinda una perspectiva de cómo percibe el personal del GRUTE la gestión de abastecimientos asociado a la disponibilidad de material.
Segunda	Esta pregunta ayuda a conocer si el personal técnico conoce que es el PASLO y su aplicación como herramienta para calcular el soporte logístico de la flota TH-67.
Tercera	Permite conocer que tanto se percibe la carencia de material frente a los requerimientos de mantenimiento que han dejado aeronaves NLA.
Cuarta	Esta pregunta busca tener la información de qué importancia tiene para el personal la sección confiabilidad del Grupo Técnico y sus estudios en las aeronaves.
Quinta	Representa gráficamente cuanto considera el personal que es la confiabilidad de la flota TH-67
Sexta	Permite conocer que tanto está el personal familiarizado con la metodología de EOQ la cual se va a desarrollar en el proceso de investigación.
Séptima	Da a conocer que tanto está el personal familiarizado con las metodologías de TPM y PMO las cuales se van a desarrollar en el proceso de investigación.
Octava	Esta pregunta brinda un panorama de cómo percibe el personal la viabilidad de integrar metodologías y modelos de confiabilidad y abastecimientos como lo que se propone en el desarrollo del proyecto.
Novena	Finalmente, se consulta a los encuestados si conocen alguna otra metodología a fin con el desarrollo del proyecto para analizarla durante el desarrollo del modelo propuesto, si es el caso.

Nota: elaboración propia

Enlace on-line para acceder a la encuesta

https://forms.gle/VncUT8vDikvDUPdKA

Se realizó la validación del instrumento de la encuesta con 05 personas idóneas y expertas en el tema quienes mediante el "FORMATO DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS" (ver Anexo A) se evaluó la pertinencia, redacción, contenido y forma en una escala de 1 a 5, en el cual 1 fue "Totalmente en desacuerdo", 2 es "En desacuerdo", 3 es "Neutral", 4 es "De acuerdo" y 5 es "Totalmente en desacuerdo". En el costado derecho se plasmó una casilla rotulada como "OBSERVACIONES", en donde se dio la posibilidad agregar comentarios de ser pertinente y necesario.

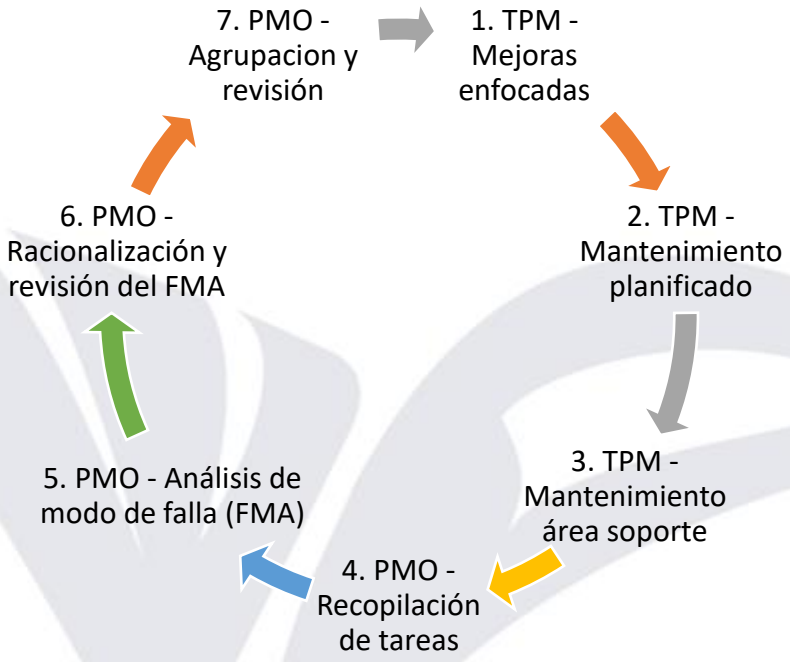
De esta forma se consolida la encuesta para definir el modelo de abastecimientos basado en confiabilidad para la flota TH-67.

Integración TPM y PMO (Modelo propuesto)

En el proceso de investigación para realizar un modelo de abastecimiento basado en confiabilidad mediante la integración de las metodologías y filosofías TPM y PMO se realiza la adaptación de cada una al nuevo modelo propuesto con el propósito de obtener un listado de material de componentes que han fallado durante la operación de las aeronaves TH-67.

Figura 19.

Desarrollo integración TPM-PMO



Nota: elaboración propia

TPM (Mejoras Enfocadas).

La aplicación de las mejoras enfocadas busca eliminar las grandes pérdidas ocasionadas en el proceso productivo, con el desarrollo de este proyecto se busca mitigar la disminución de alistamiento por fallas imprevistas en la flota TH-67 y aumentar la disponibilidad de aeronaves.

Las mejoras enfocadas es uno de los pilares del Mantenimiento Productivo Total que se compone de un análisis que se utiliza en la filosofía KAISEN donde es necesario definir las siguientes variables: Tema para mejorar - Entendimiento de la situación - Determinar anomalías - Análisis causa raíz - Implementación de mejoras.

Con la estructuración de este proyecto se pueden determinar dichas variables encaminadas al desarrollo del nuevo modelo de gestión así:

Tema para mejorar – Con el desarrollo del proyecto se busca optimizar los procesos y mejorar las practicas logísticas de la institución procurando así que se dé un mejor manejo a las herramientas de confiabilidad y se integren a los procedimientos de abastecimientos garantizando en todo momento la disponibilidad de material para la flota TH-67 en procura de tener el mayor número de aeronaves listas para el cumplimiento de la misión institucional.

Entendimiento de la situación – El entorno donde se desarrollará el proyecto ya ha sido planteado y descrito en el *"Marco situacional"* del proyecto el cual de acuerdo con la aplicación de la filosofía TPM para optimizar, mejorar y hacer cambios en un proceso productivo es necesario conocer la situación actual como un antecedente al tema a mejorar.

Concluyendo que es necesario la optimización del proceso actual mediante herramientas estadísticas basadas en confiabilidad que permiten que los helicópteros sean aeronavegables en todas las fases del entrenamiento.

Determinar anomalías – Teniendo en cuenta que una anomalía se considera a un cambio y/o desviación respecto a lo normal. Las anomalías asociadas en este modelo se representarán como las fallas en los diferentes sistemas de las aeronaves TH-67, por lo cual se inicia la integración con el modelo "PMO (Análisis de Modo de Falla)" donde se realiza recolección y clasificación de las anomalías durante la operación normal de las aeronaves.

Análisis causa raíz – Con la identificación previa a las fallas, la filosofía TPM contempla realizar un análisis donde se conozca la causa raíz de la anomalía presentada para lo cual teniendo en cuenta el tratamiento estadístico de la información en "PMO (Agrupación y Revisión)" se conocerá el elemento que fallo siendo considerado como la causa raíz teniendo en cuenta que el remplazo del mismo permite nuevamente tener la aeronave en línea y disponible.

Se realizará análisis y clasificación de los elementos que fallaron en el periodo de tiempo 2018-2021 en la flota TH-67.

Implementación de mejoras – Se realizará una propuesta de mejora con el resultado del análisis EOQ para el material que se identificó previamente, con el fin de implementar un modelo basado en confiabilidad que disponga de un material propenso a falla según las estadísticas pero que se encuentre disponible en el almacén eliminando los tiempos de paralización de la aeronave durante el proceso logístico de adquisición de un elemento.

TPM (Mantenimiento Planificado).

El mantenimiento planeado constituye un conjunto sistemático de actividades programadas a los efectos de acercar progresivamente al propósito de: cero averías, cero defectos, cero despilfarros, cero accidentes y cero contaminaciones.

Aplicando esta filosofía al proceso logístico de abastecimiento se busca como principal objetivo el abastecimiento planeado logrando de esta forma:

- Reducir costos del proceso logístico.
- Reducción tiempos de alistamiento de aeronaves por mantenimiento imprevisto.
- Eliminar la no disponibilidad de aeronaves por material.

TPM (Mantenimiento Áreas Soporte).

El principal propósito de este pilar es eliminar las pérdidas que se presentan en los departamentos que soportan las operaciones de la empresa y lo que se pretende es aprovechar la experiencia adquirida en el área de operaciones y trasladarla a las oficinas, almacenes y centros de información de la empresa.

Por lo cual el modelo propuesto realiza una vinculación de confiabilidad con el proceso de abastecimiento buscando que las pérdidas en los procesos representadas en los tiempos de

paralización de las aeronaves, sean mínimas al disponer de un stock de elementos como resultado de un modelo de abastecimiento basado en confiabilidad para la flota TH-67.

El vincular dos procesos en busca de un fin común contribuye al aprovechamiento del recurso humano y crea relación entre procesos que se encuentran en una misma cadena logística, pero en la actualidad no tienen ninguna relación ni procesos compartidos.

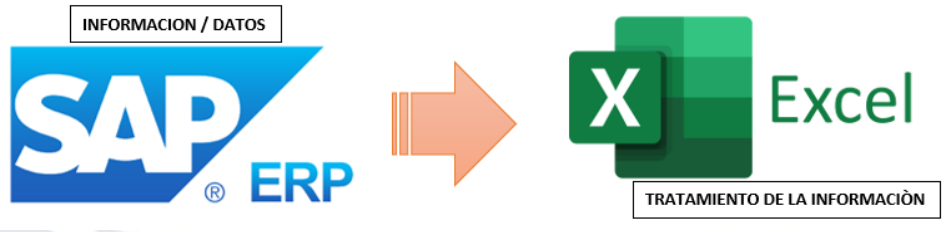
PMO (Recopilación de Tareas). La FAC cuenta con el sistema de información SAP, un ERP que compone un sistema integrado, de origen alemán, el cual se alimenta la base de datos, la información está disponible en todo el sistema a través de los distintos módulos instalados o creados para la empresa. Se facilita enormemente el flujo y gestión de información y el proceso de transacciones. Conlleva una serie de normas estándares en el software de negocios y también ofrece soluciones estándares para los requerimientos de información de la empresa. Es de aclarar que un ERP, siglas en inglés de “Planificación de Recursos Empresariales” es el encargado de integrar todos los procesos habidos y necesarios para operar una empresa. Finanzas, Recursos Humanos, Planta de producción y mantenimiento, Servicios, Suministros y Distribución, Compras, Contabilidad y otros, son integrados en un solo sistema. Esto es necesario para facilitar el flujo de información real y efectiva, que ayudan a la gerencia de la organización a tomar decisiones concretas y aumentar la productividad.

Del sistema SAP se lleva la información a Microsoft Excel (ver

Figura *20*) para realizar los análisis de la información que permiten obtener los datos asociados a las fallas en las aeronaves y de esta forma conocer las fallas que requieren el cambio de componentes.

Figura 20.

Tratamiento de la información



Nota: elaboración propia

PMO (Análisis de Modo de Falla).

El análisis de modo de falla se inicia con la recolección de la información acerca de reportes de mantenimiento no programados presentados durante 3 años en la flota TH-67, se analiza que la información del sistema y subsistema de la aeronave según la clasificación basados en la norma MIL-STD-1808C se encuentre diligenciada, posterior se verifica que los reportes realizados cuenten con aviso y orden de mantenimiento con la respectiva descripción de aviso y acción correctiva para la clasificación de la información para un análisis adecuado.

Las fallas extraídas del sistema SAP inicialmente son de todas las aeronaves asignadas logísticamente al CACOM-4 (HUEY-II, B-212, B-206 y TH-67) donde es necesario aplicar nuestro primer filtro seleccionando la información asociada a TH-67 la flota de aeronaves del proyecto de investigación.

Tabla 5.

Clasificación análisis modo de falla

ACCIÓN DE MANTENIMIENTO	Suma de Ordenes	ACCIÓN DE MANTENIMIENTO	Suma de Ordenes
AA	**3**	PEGAR	**4**
ACTUALIZAR	**2**	PINTAR	**5**
AJUSTAR	**53**	PITOT STATIC	**1**
ALINEAR	**1**	PRIMING	**2**
APLICAR ANTICORROSIVO	**3**	PRUEBAS	**54**
APRETAR	**96**	PULIR	**1**
ARMAMENTO	**19**	PURGAR	**6**
BALANCEAR	**2**	RECARGAR	**32**
BASH	**7**	RECONECTAR	**3**
CALIBRAR	**26**	REEMPLAZAR	**1625**
CARGAR	**1**	REGLAR	**105**
CAZAFALLAS	**29**	REGULAR	**15**
CHEQUEAR	**125**	REINICIAR	**36**
CONFIGURAR	**34**	REPARAR	**517**
FLUSHING	**42**	REPOSICIONAR	**12**
HARD LAND	**7**	REUBICAR	**12**
INSTALAR	**61**	SERVICIAR	**70**
INTERCAMBIAR	**2**	SOLDAR	**2**
LIMPIAR	**392**	TENSIONAR	**1**
LUBRICAR	**21**	TOPPING	**1**
MARCAR	**1**	TRACKING	**7**
NO APLICA	**69**	TROUBLESHOOTING	**15**
PACKING	**2**	VOM	**1**
Total general	**998**		**2518**
Total		**3525**	

Nota: elaboración propia

El ordenar la información por modo de falla permite identificar la causa y acción correctiva de la anomalía por lo cual se puede continuar el análisis de la información mediante la correcta selección de la acción de mantenimiento realizada para cada una de las fallas, para ello se define a continuación las principales acciones de mantenimiento realizadas así:

Remplazo. El status remplazo para una orden de mantenimiento hace referencia a el cambio de un componente para la solución de la falla donde se descartan pruebas funcionales y acciones correctivas de mantenimiento según el manual de la aeronave.

Chequeo. Se clasifica "chequeo" en el status de mantenimiento cuando por parte del técnico de mantenimiento se realizan pruebas funcionales de un elemento o sistema posterior al registro de una falla, pero durante las pruebas no se evidencia anomalías en el funcionamiento por lo que con el chequeo funcional se corrige la anotación sin incurrir en acciones adicionales.

Reparación. la acción correctiva de reparación se realiza cuando se corrige lo novedad identificando previamente la falla de la aeronave mediante un caza falla y aplicando así mismo la reparación de acuerdo al manual.

Mantenimiento. El estatus "mantenimiento" es utilizado cuando la falla en el instrumento o en el sistema es corregido mediante la ejecución de tareas según el manual que se realizan sin requerir el cambio físico de un componente o elemento

Reglaje. esta clasificación se asocia a las superficies de vuelo que durante su acción de mantenimiento requiere algún reglaje o calibración mediante a parámetros definidos en el manual que determinan un límite máximo y mínimo de operación del elemento.

Transcribe. la transcripción de una anomalía se realiza amparado del manual de mantenimiento de la aeronave que permite postergar la corrección de la falla porque en el

momento no se cuenta con el material requerido para su solución, esto siempre y cuando no se vea afectada la seguridad en la operación de la aeronave.

Instalación. la instalación es una categoría que no se contemplara en la clasificación puesto que es derivada de realizar una acción previa como lo es mantenimiento, reparación o reemplazo por lo cual se reclasificara las ordenes de mantenimiento con esta clasificación si da a lugar, se lo contrario no se tendrá en cuenta en el análisis.

PMO (Racionalización y Revisión del FMA).

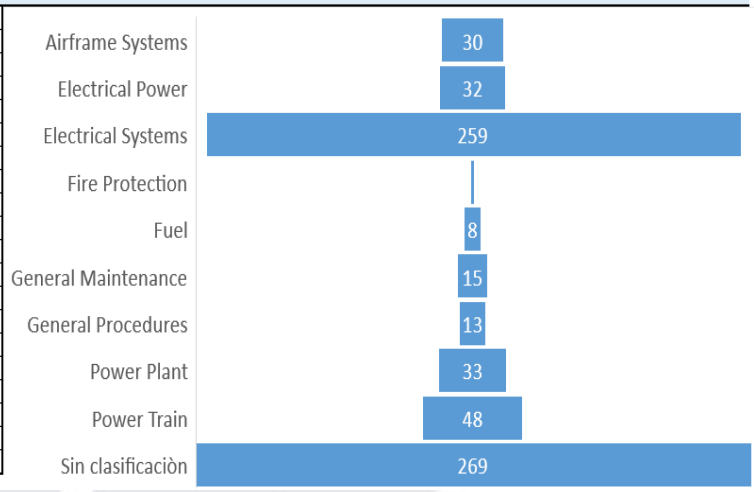
Con la información segregada y clasificada se obtienen las acciones de mantenimiento que se realizaron derivadas de la descripción de un aviso y descripción de una acción. Esto se debe a que después de realizar el trabajo físico en la aeronave la orden de mantenimiento requiere ser cerrada y para esto es necesario notificar mediante el sistema SAP como parte administrativa para dejar la aeronave con la anotación de falla corregida, al contar con la descripción de aviso y descripción de la acción realizada se analizan las fallas para corroborar que se realizó el cambio de un elemento o componente para solucionar la novedad y así continuar con el análisis de información.

Es de aclarar que la DESCRIPCIÓN DE AVISO es realizada por un personal técnico quien puntualmente describe la novedad del sistema o la falla presentada por la aeronave; al final del procedimiento administrativo se realiza la DESCRIPCIÓN DE ACCIÓN en la cual se indica la acción realizada con la falla.

Figura 21.

Racionalización y Revisión del FMA

	Etiquetas de fila
1	"SUCESO" EN CHEQUEOS EN TIERRA Y ANTES D
2	A CERO VELOCIDAD INDICADOR VELOCIMETRO M
3	ABRAZADERA DE ZAPATA LADO DERECHO PRESEN
4	ACEITE DE LA TRANSMISION SE TRANSFIERE A
5	ACEITE EN RESERVORIO HYDRAULICO SE ENCUENTRA CONTAMINADO.
6	ACELERADOR DEL COLECTIVO DERECHO TIENE E
7	ACTUADOR LINEAL INOPERATIVO
8	ACTUADOR LINEAL NO PERMITE REGULACION
9	ACTUADOR LINEAL PRESENTA ATASCAMIENTO AL
634	WINDSHIELD RH PRESENTA CRISTALIZACION
635	WINDSHIELD RH PRESENTA CRISTALIZACION Y
636	WINDWS UPPER RH P/N 206-031-108-034 PRES
637	ZAPATA DELANTERA DE SKID TUBE IZQUIERDO
638	ZAPATA DELANTERA DERECHA PRESENTA DESGAS
639	ZAPATA DELANTERA DERECHA PRESENTA RAJADU
640	ZAPATA DELANTERA IZQUIERDA PRESENTA FISU
641	ZAPATA DELANTETRA IZQUERDA PRESENTA RAJA
642	ZAPATA DERECHA DELANTERA PRESENTA FISURA
643	ZAPATA IZQUIERDA Y DERECHA CON EXCESIVO
644	ZAPATA LADO IZQUIERDO PRESENTA FISURA



Nota: elaboración propia

PMO (Agrupación y Revisión).

Con el análisis de la información se obtiene conocimiento del sistema de la aeronave y el elemento que fallo logrando conocer el número de unidades utilizadas o que fueron reemplazadas.

INTENCIONALMENTE EN BLANCO

Figura 22.

Agrupación y revisión de fallas según norma MIL-STD-1808C

Cuenta de AERONAVE	Etiquetas de colu					
Etiquetas de fila	Airframe Systems	Electrical Power	Electrical Systems	Power Plant	Power Train	Total general
ACTUADOR LINEAL				1		1
BATERIA		1				1
BLOWER	1					1
BOOT					1	1
CICUIT BRAKE			1			1
CIRCUIT BRAKE			1			1
EQ. PERNOTA	1					1
EQUIPO ADF			1			1
FILTER	1					1
FILTRO			1			1
GROMET					1	1
INSTRUMENTO			3			3
LIGHT			3			3
LINE				1		1
M/R HUB					1	1
RADAR ALTIMETRO			1			1
RADIO UHF			1			1
REGULADOR		1				1
SEAL					1	1
SPRING					1	1
VELOCIMETRO			1			1
WIRE			1			1
ZAPATA	1					1
Total general	**4**	**2**	**14**	**2**	**5**	**27**

Nota: elaboración propia

INTENCIONALMENTE EN BLANCO

Capítulo 4 – Análisis y Resultados

Recolección de datos y Análisis de la información

Encuesta

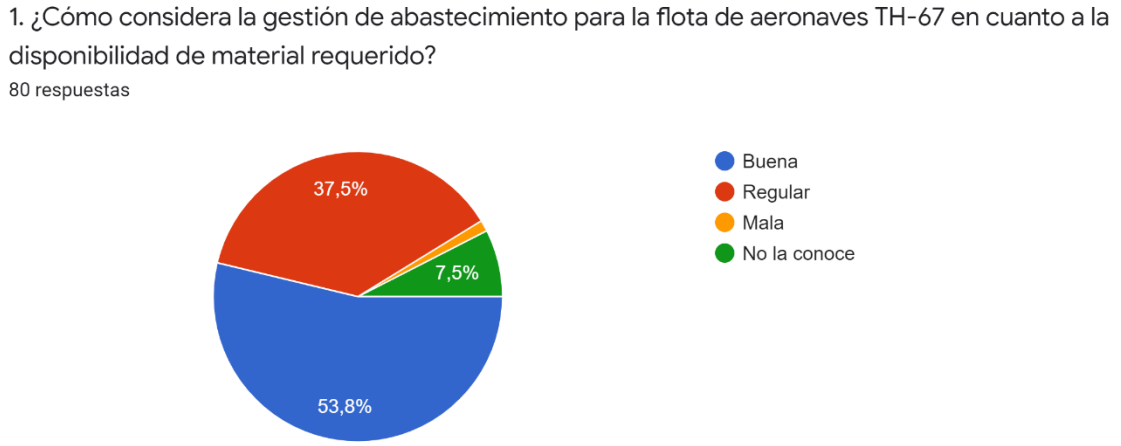
Se realizó la aplicación del instrumento (encuesta) con el fin de describir la percepción y conocimiento del personal del Grupo Técnico No 43, acerca del modelo actual de gestión de abastecimientos para la flota TH-67 y el conocimiento acerca de las metodologías TPM, PMO y EOQ, la encuesta tiene las siguientes características:

- Encuesta online: se realizó el cuestionario On-line y red social (Teams) como medio de distribución y canal para la elaboración de la misma.
- Encuesta analítica: el objetivo es explicar y describir el problema para poder encontrar la mejor solución.
- Respuesta cerrada: En esta encuesta se debe elegir alguna de las posibles opciones.
- Respuesta abierta: Se cuenta con una pregunta final de respuesta abierta.

La cual arrojó los siguientes resultados

Figura 23.

Pregunta 1 Encuesta

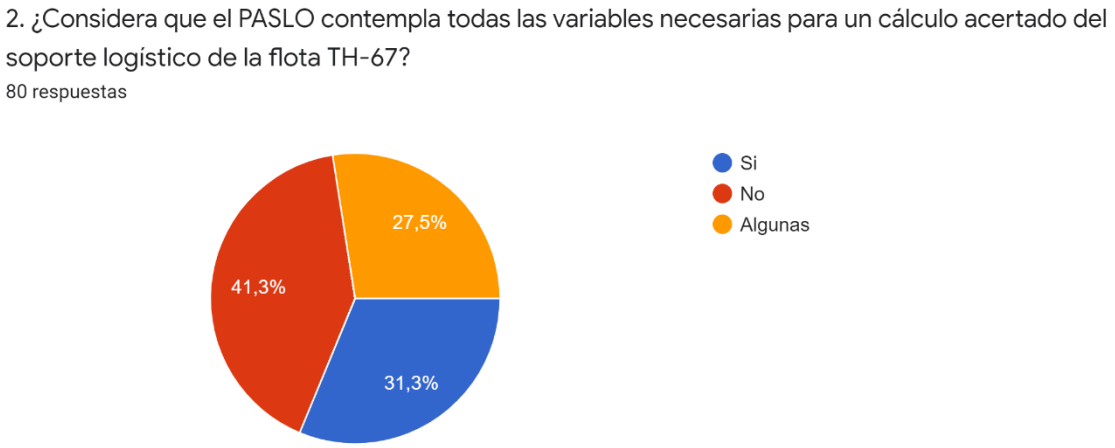


Nota: elaboración propia

Realizando el análisis de las respuestas obtenidas de la encuesta realizada, se puede observar que en la primer pregunta se analizó la percepción de la gestión de abastecimientos en la flota TH-67 (ver Figura 233) en cuanto a la disponibilidad de material requerido para la operación normal, se obtuvo una respuesta del 53,8% del personal, equivalente a 43 personas que considera que es “buena”, el 37,5% considera la gestión como “regular”, lo que equivale a 30 personas, el 7,5% del personal encuestado (6 personas) dijo desconocer la gestión de abastecimiento y finalmente solo 1 persona considera que la gestión en mala. Esto muestra que la gestión actual se puede optimizar y que de no ser del todo buena se puede llegar a evaluar en un futuro la implementación del modelo propuesto.

Figura 24.

Pregunta 2 Encuesta



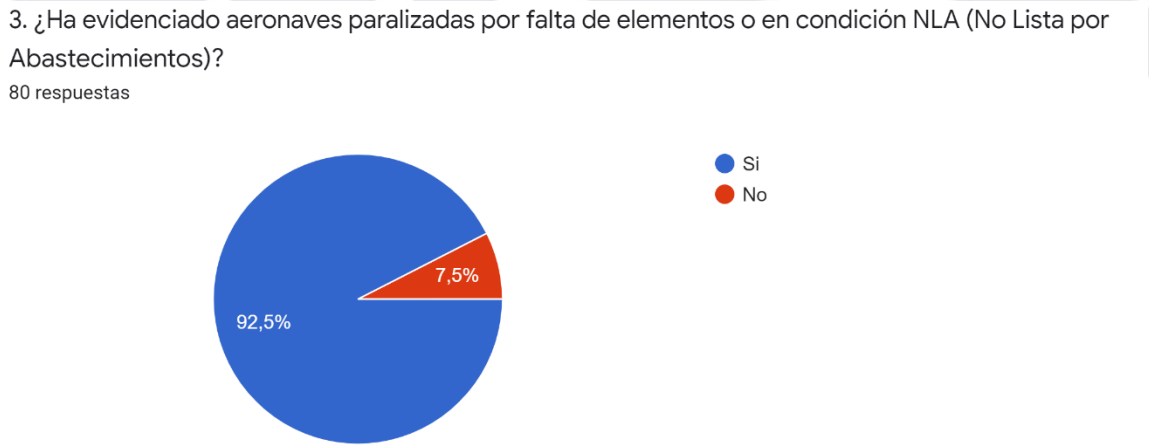
Nota: elaboración propia

En la segunda pregunta se analizó la percepción del personal frente a si en el PASLO (ver Figura 244) se contemplaron todas las variables para un cálculo acertado del soporte logístico de la flota TH-67, se obtuvo una respuesta del 41,3% del personal, equivalente a 33 personas que

considera que no se contemplan todas las necesarias, el 31,3% equivalente a 25 respuestas considera que si se contemplan todas las variables y finalmente el 27,5% del personal encuestado equivalente a 22 personas consideran que solo se contemplan algunas variables. Este resultado nos permitió sustentar la propuesta de tener en cuenta algunas variables adicionales como TPM, PMO y EOQ en el cálculo del PASLO.

Figura 25.

Pregunta 3 Encuesta

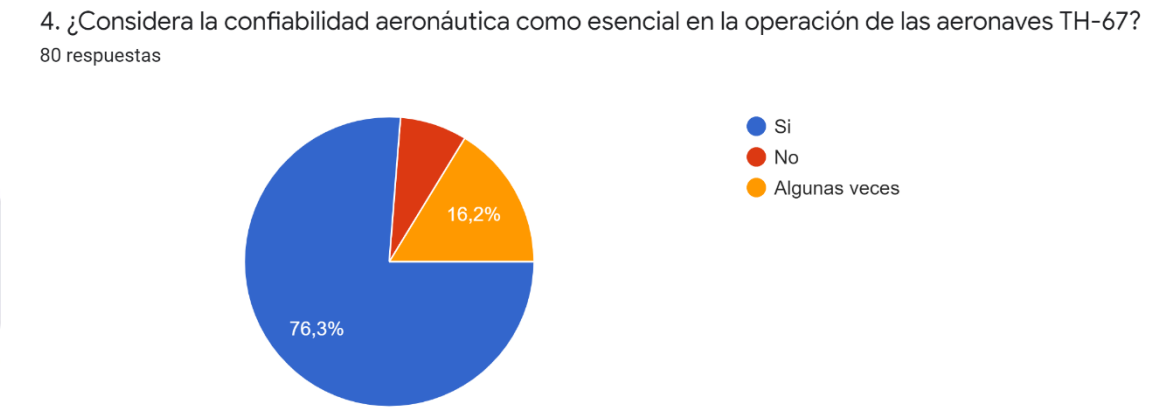


Nota: elaboración propia

En la tercera pregunta para analizar si se ha evidenciado aeronaves paralizadas por falta de elementos o también conocido con el estatus NLA “No Listas por Abastecimientos” (ver Figura 255), se obtuvo una respuesta del 92,5% del personal equivalente a 74 personas que considera que “Si” ha evidenciado estos casos y el 7,5% equivalente a 6 personas indican que no han evidenciado aeronaves en esta condición. Estos resultados soportan la intención de implementar un modelo que minimice la paralización de las aeronaves por falta de elementos.

Figura 26.

Pregunta 4 Encuesta

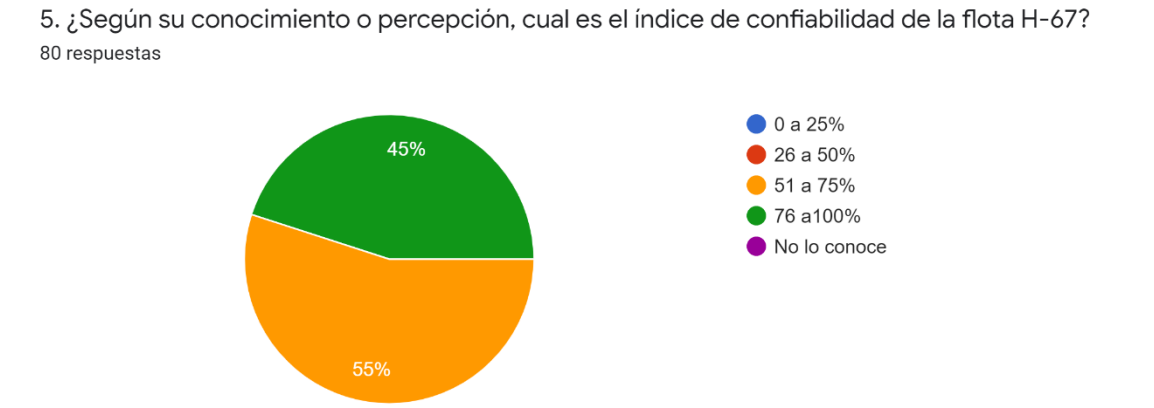


Nota: elaboración propia

En la cuarta pregunta se analizó qué tan esencial se considera la confiabilidad aeronáutica en la operación de las aeronaves TH-67 (ver Figura 26), se obtuvo una respuesta del 76,3% del personal equivalente a 61 personas que considera que "Si" es esencial, el 16,2% consideran que "No" es esencial, y solo el 7,5%, lo que equivale a 6 personas, consideran que algunas veces es esencial la confiabilidad. Se justifico con este resultado la viabilidad de integrar la gestión de abastecimientos con un modelo basado en confiabilidad.

Figura 27.

Pregunta 5 Encuesta

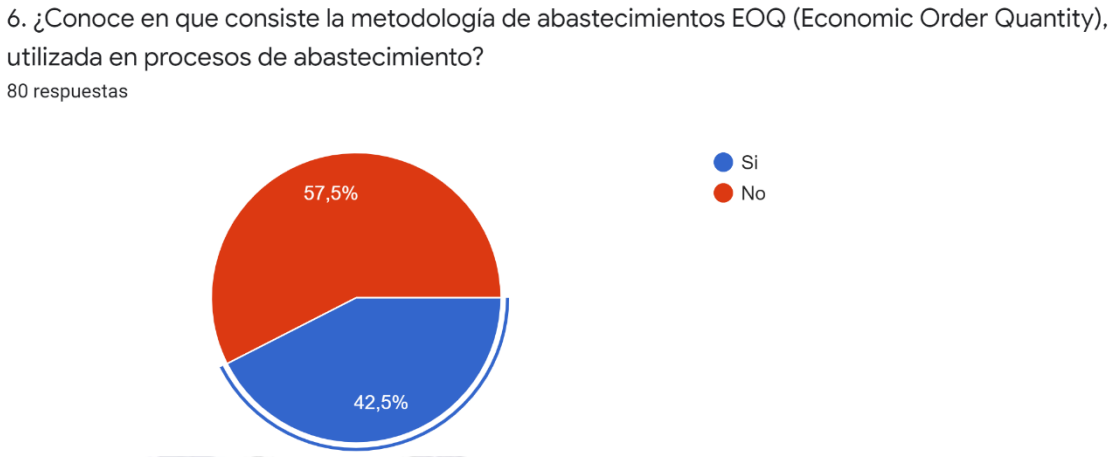


Nota: elaboración propia

En la quinta pregunta para analizar la percepción de confiabilidad para la flota TH-67 (ver Figura 27), se obtuvo una respuesta del 55% del personal equivalente a 44 personas que considera que se encuentra entre un 51 a 75% y el restante 45%, equivalente a 36 personas, considera que dicha confiabilidad esta entre el 76 y 100%. De este modo se evidencia que el personal está familiarizado con el concepto y con la gestión realizada por la sección confiabilidad siendo relevante para el modelo a desarrollar en cuanto a su implementación y verificación por parte del personal técnico.

Figura 28.

Pregunta 6 Encuesta

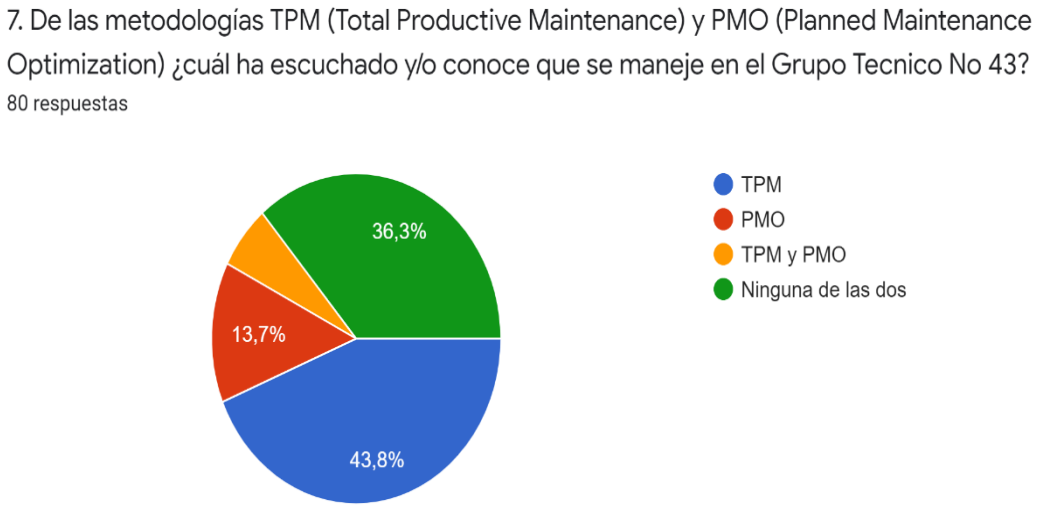


Nota: elaboración propia

En la sexta pregunta para determinar si se conocía la metodología EOQ (ver Figura 28), se evidenció que el 57,5% equivalente a 46 personas no conocen la metodología y el restante 42,5 representado en 34 respuestas si conocen dicha metodología. Esto demostró que con el desarrollo del proyecto se realizará generación de conocimiento ya que para más de la mitad del personal sería una metodología completamente nueva.

Figura 29.

Pregunta 7 Encuesta

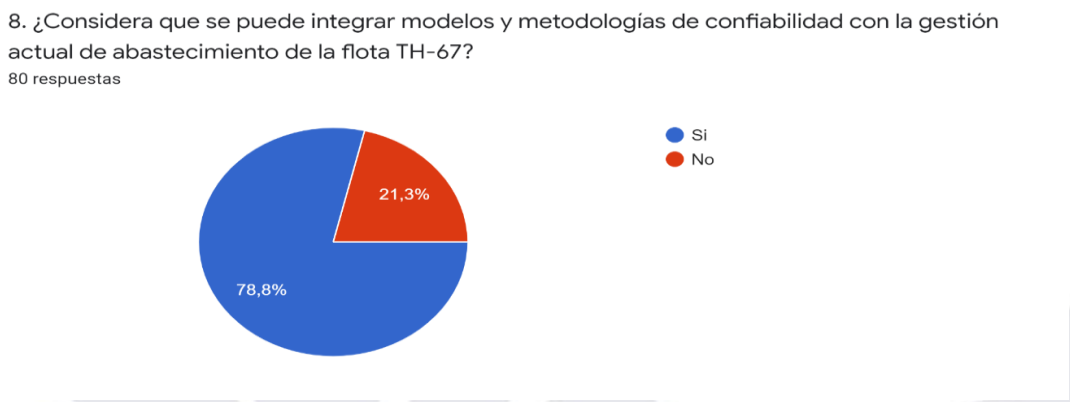


Nota: elaboración propia

En la séptima pregunta se analizó si la población de estudio conoce las metodologías TPM y PMO (ver Figura 29), se obtuvo una respuesta del 43,8% del personal equivalente a 35 personas que conocen la metodología de “TPM”, el 36,3% lo que equivale a 29 respuestas expresa no conocer “Ninguna de las dos” metodologías, el 13,7% (11 personas) expresan que conocen únicamente la metodología “PMO” y finalmente 5 personas equivalentes al 6,2% conocen las dos metodologías “TPM y PMO”. Estos resultados permitieron visualizar el nivel de conocimiento del personal del Grupo Técnico No 43 hacia las técnicas y metodologías implementadas en el modelo propuesto.

Figura 30.

Pregunta 8 Encuesta



Nota: elaboración propia

En la octava pregunta se analizó si la población de estudio considera viable la integración de modelos y metodologías de confiabilidad con la gestión de abastecimientos (ver Figura ***30***30), se obtuvo una respuesta del 78,8% del personal equivalente a 63 personas que considera que "Si" es viable y el 21,3% (17 personas) considera que "No" es viable realizar dicha integración de modelos. Siendo estos resultados un soporte que argumento la propuesta del modelo desarrollado en la gestión de materiales en el Grupo técnico No 43.

Figura 31.

Pregunta 9 Encuesta

Nota: elaboración propia

Finalmente, En la novena pregunta abierta la cual buscaba analizar o verificar alguna metodología adicional a las desarrolladas en la investigación (ver Figura 311), se obtuvo respuesta por parte de 6 personas que corresponden al 7,5% las cuales sugerían la metodología "ABC por rotación", la cual ya se tiene actualmente implementada en dicho proceso por lo cual no se contempla ninguna metodología adicional a tener en cuenta por parte de la población seleccionada.

TPM-PMO

Se analizó la información del ERP SAP en el desarrollo de la metodología PMO obteniendo los siguientes resultados:

Recopilación de Tareas.

Se realizó la identificación de 3.525 fallas para todos los equipos asignados al CACOM-4 (ver

Tabla ***6***), de las cuales se representan únicamente 6 para ilustrar la clasificación para el análisis de la información., contemplando todos los modos de falla y acciones de mantenimiento existentes en el sistema, se realizó ingreso al sistema de información SAP R3 mediante el módulo de mantenimiento ejecutando la transacción IW29 "Visualizar avisos", obteniendo la consulta del historial de fallas aeronáuticas atribuidas a los diferentes sistemas de las aeronaves que conforman los equipos del CACOM-4.

Se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones:

a) Señalar los check de fallas históricas.

b) Establecer como parámetros de filtro avisos tipo Z1 "Avería aeronáutica",

c) Especificar las ubicaciones técnicas de cada una de las aeronaves con el criterio de generalidad para los sistemas como, por ejemplo: FAC4002*.

d) Especificar las fechas que conformarán el período objeto de consulta como fecha inicial y fecha final (01.01.2019 a 30.04.2021)

e) Especificar el Layout (disposición que controla la edición de lista) que permita estructurar la solicitud de información que se requiere al sistema SAP en términos de orden y categorización en relación con las ubicaciones técnicas especificadas.

Posterior a esto se descarga la información brindada por parte del sistema a formato de datos tratables mediante programa Excel.

Tabla *6*.

Recopilación de tareas

AERONAVE	EQUIPO	CLASIFICACIÓN	ACCIÓN MANTTO	ELEMENTO	AVISO	ORDEN MANTTO	DESCRIPCIÓN AVISO	DESCRIPCIÓN ACCIÓN	PARTE NÚMERO
FAC4620	TH-67	Sin clasificación	ACTUALIZAR	BASE DATOS GPS	11350442	20682097	RADIO GARMIN GPS DESACTUALIZADA LA TARJE	SE EFECTUÓ CAMBIO DEL GN5430 P/N 011-01060-00	
FAC4594	TH-67	Sin clasificación	APLICAR ANTICORROSIVO	LÍNEAS AIRE SANGRADO MOTOR	11374311	20696486	SE EVIDENCIA CORROSION EN PERNOS DE LINEAS AIRE SANGRADO DEL MOTOR	SE EFECTUO REMOCION DE CORROSION Y SE APLICO CPC DE	
FAC4597	TH-67	Sin clasificación	APLICAR ANTICORROSIVO	MONTANTE INCREASE DECREASE	11351439	20682668	CORROSION MONTANTE INCREASE DECREASE REG	SE EFECTUO LIMPIEZA Y REMOCION DE	
FAC4588	TH-67	Sin clasificación	APLICAR ANTICORROSIVO	PLUG BUJÍA MOTOR	11340030	20675810	PLUG DE LA BUJIA DEL MOTOR PRESENTA CORR	/SE EFECTUA LIMPIEZA CONTROL	
FAC4577	TH-67	Eléctrica Systems	APRETAR	ACOPLES PITOT STATIC	11385918	20703653	VELOCIMETRO LH Y RH MARCA 123 KTS EN TIE	SE EFECTUO AJUSTE DE LOS ACOPLES	7060

FAC4613	TH-67	Electrical Systems	APRETAR	CONECTOR ANTENA UHF	11382243	20701428	RADIO UHF INOPERATIVO	SE AJUSTO CONECTOR

Nota: elaboración propia

En los casos en que no se visualizó el "parte número" del elemento reemplazado para la falla, se realizó el siguiente procedimiento:

a) Se ingreso la orden de mantenimiento a la transacción IW39 "Visualizar ordenes PM"
b) Se ingresa a la pestaña "componentes" para ver el material asociado a la orden.
c) En la casilla componente se relaciona el número de material, se realiza copia del número.
d) Se ingresa a la transacción MMBE "Resumen de stocks" y con el número de material se consulta el número parte del elemento.

Análisis de modo de falla.

La acción de mantenimiento realizada para corregir la anomalía es la que determina los elementos asociados para el modelo propuesto, en el caso de estudio se refirió a los elementos que fueron remplazados (ver

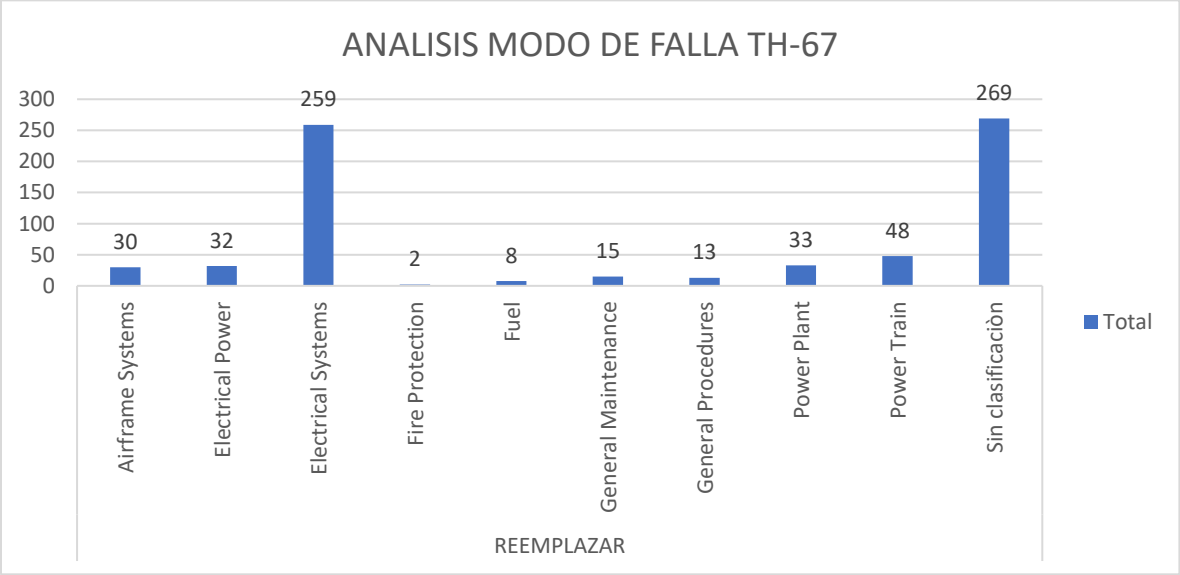
INTENCIONALMENTE EN BLANCO

Figura *32*); en la cual se representa de manera gráfica el número de fallas (eje vertical) y la clasificación (eje horizontal), aplicando el filtro de datos en la columna “acción de Mantto” teniendo en cuenta únicamente “reemplazar”

INTENCIONALMENTE EN BLANCO

Figura 32 .

Analisis de modo de falla



Nota: elaboración propia

De las 3525 fallas iniciales, se pasó a 1625 (ver Figura 33) fallas en las aeronaves de Cacom-4, se inició la depuración de la información mediante la ejecución de tablas dinámicas donde los campos seleccionados fueron:

- Filas “acción Mantto” / “clasificación”

- Valores “orden Mantto”

- Filtro “equipo” y para los valores se selecciona como filtro respectivo análisis de resultados.

De esta manera se clasifico la información encaminada a la acción de mantenimiento de “reemplazo” y se filtró únicamente para la flota TH-67 de acuerdo con el desarrollo del proyecto de investigación obteniendo 709 fallas en total.

Figura 33.

Fallas asociadas con reemplazo CACOM4

CACOM-4

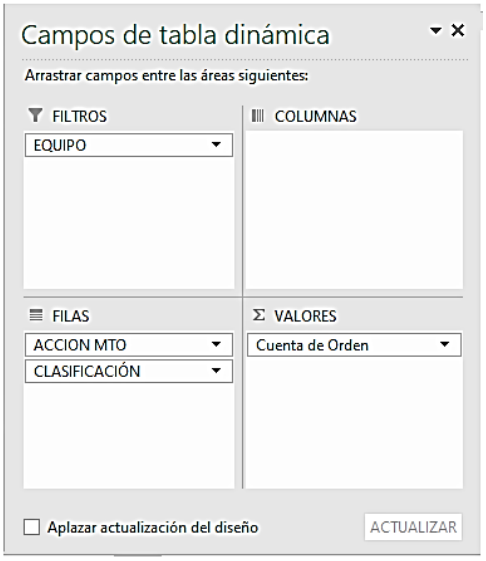
EQUIPO	(Todas)

Etiquetas de fila	Cuenta de Orden
REEMPLAZAR	1625
Airframe Systems	96
Electrical Power	69
Electrical Systems	636
Fire Protection	8
Fuel	24
General Maintenance	37
General Procedures	13
Power Plant	119
Power Train	131
Sin clasificaciòn	492
Total general	1625

TH-67

EQUIPO	(Varios elementos)

Etiquetas de fila	Cuenta de Orden
REEMPLAZAR	709
Airframe Systems	30
Electrical Power	32
Electrical Systems	259
Fire Protection	2
Fuel	8
General Maintenance	15
General Procedures	13
Power Plant	33
Power Train	48
Sin clasificaciòn	269
Total general	709



Nota: elaboración propia

El análisis de modo de falla permitió realizar la clasificación y estudio de los sistemas que fallaron y así se identificó la frecuencia e impacto de acuerdo con el modelo propuesto.

Racionalización y Revisión del FMA.

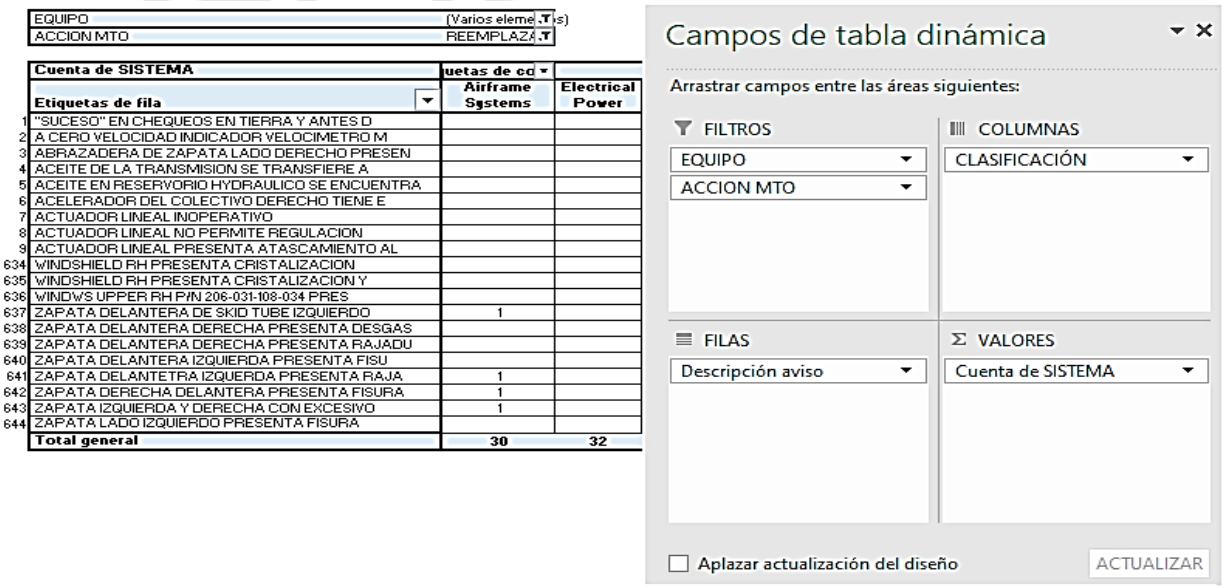
Durante la racionalización y revisión de la información se verificó el diligenciamiento de los avisos creados para cada orden de mantenimiento, con el fin de evidenciar la anomalía que con su descripción se encaminó al reemplazo de un elemento, como resultado de este paso se obtuvieron 644 avisos correspondientes a los 709, a lo cual se evidencio que 65 avisos eran comunes o estaban duplicados, lo que evidencio elementos repetidos que generaron fallas más de una vez en el periodo de tiempo estudiado.

El tratamiento de la información se dio mediante la ejecución de tablas dinámicas (ver Figura 34) donde los campos seleccionados fueron:

- Filas DESCRIPCIÓN DE AVISO
- Valores SISTEMA
- Columnas CLASIFICACIÓN
- Filtro EQUIPO (TH-67) / ACCIÓN MANTO ((REEMPLAZAR).

Figura 34.

Racionalización y revisión del FMA



EQUIPO	(Varios eleme	s)
ACCION MTO	REEMPLAZA	

	Cuenta de SISTEMA	uetas de co	
	Etiquetas de fila	Airframe Systems	Electrical Power
1	"SUCESO" EN CHEQUEOS EN TIERRA Y ANTES D		
2	A CERO VELOCIDAD INDICADOR VELOCIMETRO M		
3	ABRAZADERA DE ZAPATA LADO DERECHO PRESEN		
4	ACEITE DE LA TRANSMISION SE TRANSFIERE A		
5	ACEITE EN RESERVORIO HYDRAULICO SE ENCUENTRA		
6	ACELERADOR DEL COLECTIVO DERECHO TIENE E		
7	ACTUADOR LINEAL INOPERATIVO		
8	ACTUADOR LINEAL NO PERMITE REGULACION		
9	ACTUADOR LINEAL PRESENTA ATASCAMIENTO AL		
634	WINDSHIELD RH PRESENTA CRISTALIZACION		
635	WINDSHIELD RH PRESENTA CRISTALIZACION Y		
636	WINDWS UPPER RH P/N 206-031-108-034 PRES		
637	ZAPATA DELANTERA DE SKID TUBE IZQUIERDO	1	
638	ZAPATA DELANTERA DERECHA PRESENTA DESGAS		
639	ZAPATA DELANTERA DERECHA PRESENTA RAJADU		
640	ZAPATA DELANTERA IZQUIERDA PRESENTA FISU		
641	ZAPATA DELANTETRA IZQUERDA PRESENTA RAJA	1	
642	ZAPATA DERECHA DELANTERA PRESENTA FISURA	1	
643	ZAPATA IZQUIERDA Y DERECHA CON EXCESIVO	1	
644	ZAPATA LADO IZQUIERDO PRESENTA FISURA		
	Total general	30	32

Nota: elaboración propia

Agrupación y Revisión.

La agrupación y la revisión de la información permitió pasar de las 709 fallas a los 197 parte números de elementos que al momento de fallar fueron reemplazados, lo que indicó que el elemento presentó la anomalía y al ser cambiado genero nuevamente el correcto funcionamiento del sistema del cual hacia parte.

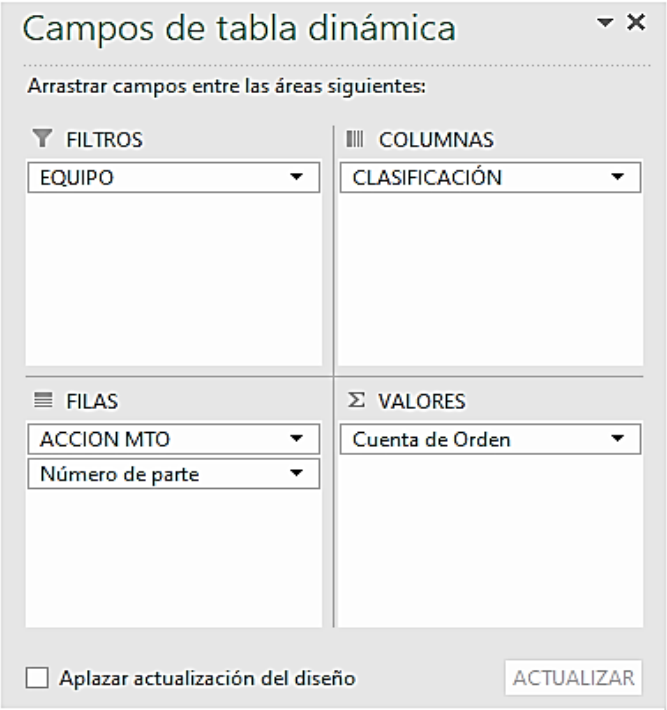
La información se analizó mediante la ejecución de tablas dinámicas donde los campos seleccionados fueron:

- Filas ACCIÓN MANTTO / NÚMERO DE PARTE
- Valores ORDEN MANTTO
- Columnas CLASIFICACIÓN
- Filtro EQUIPO (se mantiene el filtro aplicado para la flota TH-67).

Figura 35.

Elementos reemplazados por falla

	Cuenta de Orden	
	Etiquetas de fila	Total general
ITEM	⊟REEMPLAZAR	709
1	800	1
2	4593	5
3	8000	4
4	76546	3
5	440160	1
6	6887761	1
193	206-063-640-107	1
194	406-340-105-101	1
195	34-14940	2
196	68-2130024-50	1
197	01-0770062-03	1
	Sin Parte Numero	135
	Total general	709



Nota: elaboración propia

Teniendo en cuenta que el modelo no se aplicó para elementos que fueron cambiados una única vez durante el periodo de estudio, se tuvo en cuenta únicamente los que fueron remplazados 3 veces o más, generando una priorización de los elementos (ver

Anexo *C*), seleccionando 71 elementos, con los cuales se continua a realizar el cálculo del EOQ para conocer la cantidad mínima de pedido de cada elemento.

EOQ

En la implementación del modelo EOQ se debe tener identificadas las variables S - Costo de emitir una orden y H - Costo asociado a mantener una unidad en inventario en un año. Por lo anterior se tomó de referencia los valores de Chacón Torres, 2020. calculadas en su trabajo de grado, así:

S - Costo de emitir una orden ($38.380)

H - Costo asociado a mantener una unidad en inventario en un año ($17.498 + C x 7,57), donde C es el costo unitario del elemento.

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot S}{H}}$$

Con las variables definidas se calculó la cantidad económica de pedido para los 71 elementos seleccionados (ver Anexo *D*), es de aclarar que no se contempló el análisis de las variables asociadas al EOQ (frecuencia, punto de reorden, Tiempo de ciclo, punto de reorden), teniendo en cuenta que el Q obtenido por confiabilidad no se requiere tener disponible de forma constante. Con la adquisición de las unidades calculadas con el EOQ se garantiza la no paralización de la aeronave a falta de un elemento con alto índice o tendencia a fallar.

El material por adquirir se presenta a continuación (ver Tabla 6), se realizó la clasificación de los 71 ítems los cuales se representan en orden descendente de acuerdo a las unidades requeridas calculadas con el modelo propuesto de TPM-PMO donde se realizó análisis del material de acuerdo a la información extraída del sistema SAP, posterior a ello y con el fin de realizar el cálculo de las unidades a adquirir que supla la necesidad y que sea la cantidad más económicas a adquirir EOQ se realiza el análisis teniendo las unidades a adquirir (D) como una de las variables de la ecuación teniendo como resultado la columna EOQ (Q) que nos representa las unidades más económicas a adquirir para los parte números identificados.

Tabla 7.

Demanda (Confiabilidad) Vs EOQ

	ELEMENTO	P/N	CONFIABILIDAD (D)	EOQ (Q)
1	BOMBILLA LUZ RELOJ COP	M800	21	6
2	CONECTOR ADI PIL	066-3046-07	16	1
3	BREACKER A	MS26574-20	16	5
4	CONECTOR VHF PIL	069-1025-25	15	6
5	CONECTOR HSI PIL	071-1052-00	15	3
6	HSI PIL	066-3046-01	14	1
7	ACEITE XMSN	206-040-002-115	12	3
8	CONECTOR TRANSPONDER	066-1062-00	10	3
9	CONECTOR VHF COP	069-01033-0101	9	3
10	SELLO GENERADOR AUX	206-340-104-101	9	4
11	SELLO ENTRADA CAJA 90	206-340-103-101	9	5
12	ADF	066-1072-04	8	1
13	IND CANTIDAD COMBUSTIBLE	206-075-740-113	8	1
14	BATERÍA AERONAVE	24535-20	8	1
15	BOBINA CLUCH COMPRESSOR AIRE ACINDICIONADO	25313.	8	3
16	GPS	011-01060-00	7	1
17	GENERADOR TACÓMETRO DOBLE	206-075-681-115	7	1
18	LUZ POSICIÓN COLA	MS35478-307	7	3
19	TAPA BOCA LLENADO XMSN	F506A	7	2
20	ADI PIL	H140JJM1	7	0
21	CLOCK	M800-5-BATT	7	2
22	CONECTOR DIMER POWER SUPPLY	080-22014-01	6	1
23	BUMPER ROTOR COLA	206-010-777-001	6	4
24	VELOCÍMETRO	8000	6	3
25	COMPRESOR ASSY	S-3008EC-6	6	1
26	LAMPARA LUZ ATERRIZAJE	4593	5	2
27	FCU	23070606	5	1
28	RADAR ALTÍMETRO	066-3031-01	5	1
29	ACTUADOR LINEAL	206-062-721-115	5	1
30	IND TEMP PRESS OIL XMSN	206-075-678-105	5	0
31	CONECTOR CAJA AUDIO TVR	212-077-200-1	5	1
32	BOMBILLA LUZ POSICIÓN COLA	MS24577-2A	5	3
33	CORTACIRCUITOS	MS22073-5	5	3
34	CUBIERTA LUZ STROBER	68-2130024-50	5	2
35	CRC	A-700ZC-7	5	1
36	SELF CLOSING VALVE, TQ 60 LB/IN TQ S/N 6180	B3182B	5	1
37	BINARY SWITCH AIRE ACONDICIONADO	ES57178-1	5	3
38	VELOCÍMETRO	8000	4	1
39	ACTUADOR LINEAL	206-062-721-113	4	1
40	SERVOACTUADOR	206-076-031-107	4	1

41	VÁLVULA DRENAJE CELDAS COMBUSTIBLE	206-360-503-103	4	1
42	CHIP DETECTOR MOTOR	23006900	4	1
43	EXTINTOR	40000.	4	2
44	ADI COP	501-1874-09	4	2
45	BATERÍA AERONAVE	RG-206	4	1
46	CHIP DETECTOR XMSN	60-018-024	4	4
47	LÍNEAS PITOT	843-67-6	4	2
48	CAJA AUDIO PIL	AA95-861	4	1
49	EXTENSIÓN COMUNICACIÓN	JB-23H	4	3
50	MOTOR AIRE ACONDICIONADO	ES61142-1	4	1
51	SWITCH PRESS BOMBA COMBUSTIBLE	76546	3	3
52	CAJA ACCESORIOS MOTOR	23005745	3	0
53	MOTOR	23006900	3	0
54	BLEED AIR CONTROL	23053176	3	1
55	FLUX VALVE	060-0015-00	3	0
56	UHF	064-01076-0101	3	0
57	TRANSPONDER	066-01062-00	3	2
58	CONECTORES ANTENA	071-01576-0101	3	1
59	FREEWHELIING ASSYY	206-040-270-117	3	1
60	BLOWER COP	206-070-475-005	3	1
61	CONECTOR IND TEMP PRESS ACEITE MOTOR	206-075-677-103	3	0
62	FLITRO HYD	206-076-034-001	3	2
63	CAP DELANTERO LH	212-050-225-103	3	1
64	BOMBILLA INFERIOR LUZ DE ATERRIZAJE	4596.	3	2
65	COMPRESOR AIRE ACONDICIONADO	5-3008TC-6	3	3
66	VÁLVULA ANTI-ICE MOTOR	M83248/1-906	3	3
67	BOMBILLA LUZ BRÚJULA COP	MS25237-328	3	3
68	BOMBILLA LUZ HSI PIL	CM6839	3	3
69	MANGUERA IND TEMP PRESS MOTOR	AN6270-3D-0150	3	2
70	CABLEADO LUZ PANEL INSTRUMENTO PIL	RA20NBSD102A	3	2
71	MASTER CAUTION	75-0286-13	3	1

Nota: elaboración propia

Las unidades que de acuerdo al modelo EOQ (ver Tabla 6) su valor es de cero (0), son aquellas que al desarrollar la ecuación de la cantidad económica de pedido que tiene en cuenta el costo de adquisición, almacenamiento y ordenar, tienen los costó de adquisición o de almacenamiento demasiados altos por lo cual no es viable su compra para tener en stock.

El modelo propuesto define a partir de la teoría y el tratamiento de datos un modelo de abastecimiento basado en confiabilidad el cual se puede aplicar en 9 pasos (Véase Tabla 7) en los cuales se realiza adaptación, integración y desarrollo de la metodología TPM, PMO y EOQ. Este modelo requiere de actualización periódica mensual de los datos asociados a las fallas de la aeronave con su respectiva corrección para aumentar la efectividad de los cálculos con una base de datos robusta y completa.

Tabla 8.

Propuesta modelo de abastecimiento

MODELO DE ABASTECIMIENTOS BASADO EN CONFIABILIDAD		
No.	*PASO*	*DESARROLLO*
TPM – Mantenimiento Productivo Total		
1	Aplicación TPM - (Mejoras Enfocadas)	Contextualizar el proceso logístico interno en las siguientes variables, teniendo en cuenta garantizar la disponibilidad de material así: - Tema para mejorar - Entendimiento de la situación - Determinar anomalías - Análisis causa raíz - Implementación de mejoras.
2	TPM - (Mantenimiento Planificado)	Contextualizar el proceso logístico interno en las siguientes variables, teniendo en cuenta la optimización de procesos, así: - cero averías - cero defectos - cero despilfarros - cero accidentes - cero contaminaciones
3	TPM - (Mantenimiento Áreas Soporte)	Aplicar las variables definidas en el *paso N1 y *paso N2 para estructurar teóricamente el modelo.
PMO – Optimización De Mantenimiento Preventivo		
4	PMO - (Recopilación de Tareas)	Mediante el ERP SAP, ejecutar la transacción IW29 “Visualizar avisos”, realizar la consulta del historial de fallas aeronáuticas de los diferentes sistemas de las aeronaves (clasificación norma MIL-STD-1808C) o equipo aeronáutico a estudiar.
5	PMO - (Análisis de Modo de Falla)	Clasifica la información teniendo en cuenta únicamente la acción de mantenimiento de “REEMPLAZO”, posterior aplicar filtro de celda para seleccionar únicamente la flota de estudio

6	PMO - (Racionalización y Revisión del FMA)	Realizar una tabla dinámica que contemple la totalidad de los datos descargados donde los campos seleccionados sean únicamente: - Filas DESCRIPCIÓN DE AVISO - Valores SISTEMA - Columnas CLASIFICACIÓN - Filtro EQUIPO (estudio) / ACCION MANTO (REEMPLAZAR).
7	PMO - (Agrupación y Revisión)	Realizar una tabla dinámica que contemple la totalidad de los datos descargados donde los campos seleccionados son: - Filas ACCION MANTTO / NUMERO DE PARTE - Valores ORDEN MANTTO - Columnas CLASIFICACION - Filtro EQUIPO (se mantiene el filtro aplicado para la flota de estudio).
8	Calculo EOQ	$EOQ = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot S}{H}} = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot (38.380)}{\$17.498 \ + \ C \ x \ 7{,}57}}$ D - Unidades reemplazadas en el periodo de tiempo estudiado S - ($ 38.380) H - ($ 17.498 + (C x 7,57)) C - Costo unitario de cada elemento
9	Análisis de resultados	Realizar la clasificación del material mediante la metodología ABC, ordenando de forma descendente (↓) por unidades según la cantidad económica de pedido EOQ.

Nota: elaboración propia

De esta forma se planteó el modelo propuesto basado en confiabilidad que a su vez tiene en cuenta la cantidad económica de pedido (EOQ) contribuye a mejorar la gestión de materiales aeronáuticos para la flota TH-67 agregando una variable adicional para los cálculos de rotación y proyección de consumo de material.

El modelo requiere alimentación continua de datos para recalcular las unidades a adquirir y tomar la decisión de adquirir o no el material.

Limitaciones Metodológicas de la Investigación

La aplicación de la encuesta se realizó de manera virtual (on-line) debido a las dificultades de tener a la población de estudio en un mismo lugar y una misma fecha por la misma dinámica de funcionamiento de la Fuerza Aérea Colombiana. Al ser mediante medio digital fue demorada la recolección de la información por la misma disponibilidad del personal.

Para el desarrollo e implementación del modelo se fueron analizando las variables asociadas al PMO era necesario tener una información básica asociada a la falla analizada, esta información en varias órdenes de mantenimiento no se tenía debido a una mala ejecución del proceso que involucraban datos ingresados al sistema SAP para lo cual fue necesario realizar la consulta de la información por diferentes transacciones en el mismo sistema postergando el análisis de la información hasta tener 100% de la información consolidada.

Finalmente, durante el desarrollo de la investigación se presentó una limitación metodológica en la recolección de la información, toda vez que el seguimiento en el sistema SAP para la flota de estudio no lleva más de tres años y fue necesario realizar consultas adicionales para complementar la información necesaria en el proyecto.

INTENCIONALMENTE EN BLANCO

Capítulo 5 – Conclusiones

Conclusiones

Durante el desarrollo del modelo de abastecimientos basado en confiabilidad para la flota th-67, se cumplió el objetivo específico al proponer un modelo de abastecimiento optimo basado en confiabilidad para la flota de aeronaves propuesto. Inicialmente se describió el modelo actual de abastecimientos, así mismo se definieron las herramientas de confiabilidad (PMO–SAP–Excel) que permitieron el análisis de fallas asociadas a remplazo de componentes, también se clasifico y analizaron 197 elementos aeronáuticos con sus respectivos niveles de criticidad de acuerdo a su recurrencia de fallas y finalmente se logró Plantear un modelo basado en el análisis de confiabilidad y la metodología de abastecimientos para la flota TH-67.

La integración de un modelo de abastecimiento basado en confiabilidad aporta información adicional al tratamiento estadístico del cálculo del PASLO, teniendo en cuenta que el cálculo de las unidades esta soportado por las fallas y la rotación de material, esta variable adicional puede complementar el instructivo: para la elaboración del Programa Anual de Soporte Logístico Operacional [PASLO], código LA-INS- de noviembre del 2017.

La implementación de la Cantidad Económica de Pedido [EOQ] permite aumentar la posibilidad de adquirir el material ya que busca disponer del material para garantizar la aeronavegabilidad de las aeronaves minimizando al máximo los costos de adquisición y generando buenas prácticas logísticas aplicadas al modelo propuesto.

Las variables que contempla el modelo EOQ en su modelo (frecuencia, punto de reorden, Tiempo de ciclo, punto de reorden), no se tuvieron en cuenta debido a que estas son calculadas

para un modelo de adquisición de material que garantice inventarios y unidades del almacén basados en una rotación y consumo determinado en un periodo de tiempo, las unidades propuestas se considerarían un stock estratégico calculado con criterios de confiabilidad.

De los 197 elementos calculados en el paso de PMO - “AGRUPACIÓN Y REVISIÓN”, no se tuvieron en cuenta 126 elementos que corresponden al material que durante el periodo de estudio solo fueron reemplazados 2 veces o menos, lo que significa que su probabilidad de falla es muy baja y no justifica tenerlo almacenado o en stock.

Los elementos ADI PIL, IND TEMP PRESS OIL XMSN, CAJA ACCESORIOS MOTOR, MOTOR, FLUX VALVE, UHF y CONECTOR IND TEMP PRESS ACEITE MOTOR a pesar de ser reemplazados más de tres veces durante el periodo de estudio, según el modelo EOQ no se proponen unidades mínimas a adquirir debido a que el alto costo de adquisición del elemento no justifica su almacenamiento a espera de su falla.

INTENCIONALMENTE EN BLANCO

Recomendaciones

Se recomienda aplicar el modelo propuesto a la flota de aeronaves medianas del Comando Aéreo de Combate No 4 (HUEY II y B-212), teniendo en cuenta que son aeronaves asignadas logísticamente a esta unidad militar y se puede realizar el mismo análisis con el fin de optimizar el proceso previo a generar el PASLO.

Se recomienda alimentar el modelo de manera mensual con la información que se va generando durante la operación diaria de la flota TH-67, permitiendo que el modelo tenga más información y pueda brindar un mejor cálculo de unidades a adquirir para apoyar la toma de decisiones en el proceso de abastecimiento y adquisición de material.

Incluir este modelo en el cálculo del PASLO teniendo en cuenta que el instructivo para la elaboración del programa anual de soporte logístico operacional [PASLO]. Este instructivo tiene como objetivo establecer y estandarizar la metodología para la elaboración del PASLO, con el fin realizar una proyección de las necesidades de compra y servicios aeronáuticos que son requeridos para el soporte logístico a las aeronaves de la Fuerza Aérea Colombiana.

INTENCIONALMENTE EN BLANCO

Bibliografía

Aeronáutica Civil de Colombia. (2019). Normas de Aeronavegabilidad y Operación de Aeronaves.

Shuangshuang , L., Siqi , Z., & Zhang, M. (2017). Decision of Lead-Time Compression and Stable Operation of Supply Chain. *Danilo Comminiello*.

A, M. (2008). Business continuity in the supply chain: Planning for disruptive events. *Dissertation submitted to Michigan State University*.

Ballou, R. H. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro.* Pearson educación.

Calderón, J., & Lario, F. (2007). Simulación de cadenas de suministro: Nuevas aplicaciones y áreas de desarrollo. *Información tecnológica 18.1*, 137-146.

Castillo Martinez , J. (2014). Definicion de Stock de Seguridad y Punto de Reorden para la compra de Equipos.

Castro Valdiviezo, C. (2017). Mantenimiento productivo total (TPM) para incrementar la confiabilidad de los equipos de alquiler Caterpillar de la empresa Unimaqsa-2017.

Cerullo, V., & Cerullo, M. (2006). Business Continuity Planning: A Comprehensive Approach.

Cervantes Barla, E. (2011). Diseño e implantación de un sistema de logística en una industria aeronáutica. *Proyectos de fin de carrera de ingeniaria*.

Cesar Augusto, D. (2018). La confiabilidad como herramienta para mejorar el alistamiento de las aeronaves de la aviación del ejército.

Chacón Torres, J. (2020). Modelo de gestion de abastecimiento para la flota A-29.

Chica Mejía, G., & Hernández Florez, J. (2009). *Modelo para implementación de PMO (Planned Maintenance Optimization).*

Chopra, S., Meindl, P, & Kalra, D. V. (2013). *Supply chain management: strategy, planning, and operation.* Boston: MA: Pearson.

Choquecahua Tello, J. (2017). Implementación del sistema logístico de repuestos de helicópteros MI-17, para optimizar el control de inventario en la Aviación del Ejército.

Cortez Albino, C., Mena Nieves, M., & Reyes Zavaleta, J. (2015). Propuestas estratégicas de mejora en la cadena de abastecimiento de una empresa de servicios aéreos no regulares. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*.

Cristancho , P. (2014). Propuesta de mejoramiento de gestión de mantenimiento para el departamento de confiabilidad y proyectos en la empresa petrosantander Colombia.

Danny David, P. (2010). Propuesta para la optimización y redefinición de la cadena logística para el suministro de repuestos aeronùticos AOG (Aircraft on Ground).

De Lambán, M. P. (2013). Modelo para el cálculo del costo de almacenamiento de un producto: caso de estudio en un entorno logístico. *Dyna*, 23-32.

Depestre Linares, L. (2012). Del Mantenimiento Correctivo al Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. *Revista Centro Azúcar 39.3*.

Díaz Concepción, A., Romero García, J., & Viego Ariel, D. (2015). *Estudio de confiabilidad operacional como soporte al mantenimiento aeronáutico en Cuba.* la Habana Cuba.

Díaz Concepción, A., Romero Pérez, J., Cabrera Gómez, J., & Viego Ariet, N. (2015). Estudio de confiabilidad operacional como soporte al mantenimiento aeronáutico en Cuba.

Diestra Quevedo, J., Esquiviel Paredes, L., & Guevara Chinchayan, R. (2017). Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para optimizar la disponibilidad operacional de la máquina con mayor criticidad.

Duffuaa, S., & Campbell, J. (2000). Sistemas de Mantenimiento; Planeación y control. Ciudad de Mexico: Limusa.

Franco Zuluaga, R., & Velez Velez, L. (2015). *Implementación de los pilares de mejoras enfocadas y mantenimiento autónomo de TPM (Total Productive Maintence).* Doctoral dissertation, Universidad EIA.

Fuerza Aérea Colombiana. (2014). Manual de Confiabilidad (O-MACOA).

Fuerza Aérea Colombiana. (2014). *Manual de Confiabilidad Aeronautica O-MACOA.*

Fuerza Aérea Colombiana. (2016). MAMAE FAC-4.1.1-0.

Fuerza Aérea Colombiana. (2017). Instructivo Para la Elaboración del Programa Anual de Soporte Logístico Operacional - PASLO.

Fuerza Aérea Colombiana. (21 de Septiembre de 2018). *Fuerza Aérea Colombiana*. Obtenido de https://www.fac.mil.co/th-67-creek

Fuerza Aérea Colombiana. (2018). *Fuerza Aérea Colombiana*. Obtenido de https://www.fac.mil.co/th-67-creek

Gallo, J. E. (2017). *Cálculo de la cantidad económica de pedido según el método EOQ sin faltantes.* Machala.

García Garrido, S. (2003). Organizaciòn y gestiòn integral de mantenimiento.

García Palencia, O. (2000). *Diseño de un Simulador para Optimización del Mantenimiento Industrial*. Bogota: Universidad de los andes.

Gasca, M. (2017). *Obtenido de Ebsco*.

Google. (10 de 2 de 2020). *Google maps*. Obtenido de https://www.google.com/maps/place/Apiay,+Villavicencio,+Meta/@4.0846798,-

73.5839396,14z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x8e3e2f31486befcf:0x70b6f8ef32786372!8m2!3d4.08468!4d-73.56643.

Guamantica, V. (2013). Diseño del modelo de cantidad económica de pedido (EOQ) del inventario de la empresa general motors del Ecuador.

Gutiérrez Arango, V., & Vargas Rey, J. A. (2013). Estudio de factibilidad de la integración del proceso de abastecimiento de material aeronáutico del Grupo Synergy a través del centro de distribución de Avianca ubicado en Miami. *Universidad de la sabana*.

Hardy, V., & Phil , R. (2003). International emergency planning for facilities management. *Journal of Facilities Management*.

Jaramillo Garcìa , O. (2013). Propuesta del mantenimiento preventivo por medio del SIM al parque vehicular del Municipio de Querétaro. Queretano: Universidad Tecnológica de Queretano.

Lambán, M. P. (2009). Modelo de la Gestión Económica de la Cadena de Suministro. *Primer Congreso de Logística y Gestión de la Cadena de Suministro*.

Lewis, E. E. (1991). *Introduction to reliability engineering.* New York: John Wiley & Sons.

Luna Mendoza , A. J. (2018). Introducción al mantenimiento industrial tipo TPM (Mantenimiento Productivo Total) y RCM (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad).

Martín, F. A. (2011). *La encuesta: una perspectiva general metodológica.*

Martínez Jurado, P., & Moyano Fuentes, J. (2011). Lean Production y gestión de la cadena de suministro en la industria aeronáutica. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 137-157.

Meza Manco, S., & Galarza Pira, F. (2020). Propuesta para la aplicación de PMO al plan de mantenimiento de la turbina de gas de la empresa Air Liquide Colombia (ALCO). *repositorio ECCI.*

Moreno Lemos, A. (2004). Doctrina del mantenimiento, mantenibilidad, fiabilidad y aplicación en equipos aeronáuticos.

Moubray, J. (2004). *Mantenimiento centrado en confiabilidad.* Gran Bretaña: Aladon ltda.

Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM. Productivity.* Cambridge.

Olarte Duarte, J. (2017). Optimización de los procesos de mantenimiento del C208 GRAND CARAVAN de la aviación del ejercito.

Oliverio, G., & Álvaro González, H. (2017). Modelo Mixto de Confiabilidad Basado en Estadística Para La optimización del Mantenimiento Industrial. *Researchgate*, 13.

Palencia, G. (2014). La Cultura de la Confiabilidad. *Reliavilityweb.*

Palencia, O. G. (1992). *Administración de Mantenimiento y Sistemas de Control.* Duitama.

Palencia, O. G. (2017). Modelo mixto de Confiabilidad Basado en Estadística. *searchgate.net.*

Pich, M., De Meyer, A., & Loch, C. (2002). *On Uncertainty, Ambiguity, and Complexity in Project Management.* Management Science.

Reyes Aguilar, P. (2006). *Curso De Confiabilidad.* Obtenido de www.icicm.com/files/CURSO_CONFIABILIDAD.doc

Salas Luzuriaga, E., Campoverde Hidalgo, E., Cando Simba, M., & Gordon Rosero, W. (2010). Implementación de un Centro de Mantenimiento Aeronáutico en la Ciudad de Guayaquil. *Escuela Superior Politecnica Del Litoral*.

Salas Navarro, K., Maiguel Mejía, H., & Acevedo Chedid, J. (2017). Metodología de Gestión de Inventarios para determinar los niveles de integración y colaboración en una cadena de suministro. *Revista chilena de ingeniería 25.2*, 326-337.

Suárez Gil , P. (2013). Población de estudio y muestra. *Asturias*.

Toral Franco, X., & Burgos Toaza, L. (2013). *Diseño e implementación de un programa de mantenimiento productivo total (tpm) en una empresa productora de alimentos balanceados.* Tesis de Grado - FIMCP.

Torres Royo, A. M. (2020). Estudio aplicado a las tareas de mantenimiento aeronáutico. *Universidad Politècnica de València*.

Valencia, J., Lambán, P., & Royo, J. (2014). Modelo analítico para determinar lotes óptimos de producción considerando diversos factores productivos y Logística. Dyna.

Villeda Morales, Á. (2012). Propuesta de un programa de mantenimiento aplicando TPM para el área de mantenimiento de ala fija de la coordinación de transportes aéreos del gobierno del estado.

Yavarone, R. (2019). La importancia del diagnóstico eficiente en el mantenimiento industrial. *AADECA Revista*.

Zamora González, J. (2018). Diseño de una metodología para diagnosticar fallas en los componentes de productos aeronáuticos con apoyo del método centrado en confiabilidad.

Zamora González, J. (2018). Diseño de una metodología para diagnosticar fallas en los componentes de productos aeronáuticos con apoyo del método centrado en confiabilidad . *Universidad Católica Andrés Bello*.

Anexos

Anexo A. Formato de Evaluación de Expertos

ESCUELA DE POSTGRADOS DE LA FUERZA AÉREA
MAESTRIA EN SEGURIDAD OPERACIONAL
FORMATO DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS

MODELO DE ABASTECIMIENTOS BASADO EN CONFIABILIDAD PARA LA FLOTA TH-67

Tipo de instrumento	Encuesta.
Título del instrumento	"Modelo de abastecimientos basado en confiabilidad para la flota TH-67"
Objetivo del instrumento	El objetivo de la encuesta planteada es describir la percepción y conocimiento del personal del Grupo Técnico No 43 acerca del modelo actual de gestión de abastecimientos para la flota TH-67 y el conocimiento acerca de las metodologías TPM, PMO y EOQ.
Descripción del instrumento	• Encuesta online: se realiza el cuestionario utilizando el internet, red social (Teams) como medio de distribución y canal para la elaboración de la misma. • Encuesta analítica: el objetivo es explicar y describir el problema para poder encontrar la mejor solución. • Respuesta cerrada: En esta encuesta se debe elegir alguna de las posibles opciones. • Respuesta abierta: Se cuenta con una pregunta final de respuesta abierta. El Perfil del encuestado es el de funcionario orgánico del Comando Aéreo de Combate No. 4 (oficial, suboficial o civil) que labora en el Grupo Técnico No 43 en el escuadrón abastecimientos o plana mayor.
Población	La población seleccionada para el desarrollo de la investigación está compuesta por el personal orgánico del Grupo Técnico No 43 el cual se integra por Oficiales, Suboficiales y personal Civil
Muestra	Muestra no probabilística por conveniencia, la muestra corresponde a 73 personas entre oficiales, suboficiales y personal civil lo que equivale al 33% de la población, pero corresponde al 100% del personal técnico especializado en el tema compuesto por PLANA MAYOR y ABASTECIMIENTOS.
Tiempo para desarrollo	15 minutos
Herramienta para diligenciamiento	Este instrumento se diligencia mediante la herramienta virtual Google Forms, a través del siguiente link: https://forms.gle/VncUT8vDikvDUPdKA
Instrucciones de validación	Las preguntas que se presentan a continuación se evalúan marcando con una **"X"** en una escala de 1 a 5, en el cual **1** es **"Totalmente en desacuerdo"**, **2** es **"En desacuerdo"**, **3** es **"Neutral"**, **4** es **"De acuerdo"** y **5** es **"Totalmente en desacuerdo"**, con el objetivo de diligenciar la respuesta que más se ajuste al enunciado. En el costado derecho encontrará una casilla rotulada como **"OBSERVACIONES"**, en donde podrá agregar comentarios, si así lo considera pertinente y necesario.

ESCUELA DE POSTGRADOS DE LA FUERZA AÉREA
MAESTRIA EN SEGURIDAD OPERACIONAL
FORMATO DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS

Por intermedio del presente formato, hago constar que he revisado con fines de validación el instrumento de medición (encuesta) de caracterización de empresas de manufactura de productos aeronáuticos, el cual se leyó cuidadosamente y se validó de acuerdo con los criterios enunciados anteriormente. Por lo tanto, el instrumento de medición es:

X Aprobado

___Aprobado con correcciones

___No aprobado

Fecha de revisión: 07 de Junio de 2021

E. CHACON T.

Firma y Pos-firma del Experto Validador

ESCUELA DE POSTGRADOS DE LA FUERZA AÉREA
MAESTRIA EN SEGURIDAD OPERACIONAL

FORMATO DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS

PERTINENCIA	EVALUACIÓN					OBSERVACIONES
	1	2	3	4	5	
¿Considera usted que el contenido del instructivo está acorde al objetivo descrito?					x	
¿Considera usted que el instrumento presenta una contextualización adecuada de las preguntas y permiten relacionarse con el problema de investigación?					x	
¿La herramienta utilizada es óptima y adecuada para el tipo de cuestionario?				x		Se puede aplicar física
REDACCIÓN	**EVALUACIÓN**					**OBSERVACIONES**
	1	2	3	4	5	
¿Considera usted que el instrumento es razonable y comprensible para el lector?					x	
¿Las preguntas pueden causar dualidad en las respuestas?					x	
¿Considera que es fácil de leer y práctico?					x	
¿Considera que puede llegar a generar tedio o cansancio para su lectura?					x	
¿El tipo de preguntas es adecuado y ayuda al cumplimiento del objetivo?					x	
CONTENIDO	**EVALUACIÓN**					**OBSERVACIONES**
	1	2	3	4	5	
¿Considera usted que el fraseo y tipo de pregunta es adecuado?					x	
¿Las preguntas son fáciles de interpretar y son coherentes?					x	
¿Cree usted que los enunciados tienen sentido y el lenguaje utilizado es adecuado?					x	
¿Las preguntas pueden causar dualidad en las respuestas?					x	
¿El orden de las preguntas van secuencialmente de las más sencillas a las más complejas?					x	
¿La ortografía es adecuada?					x	
FORMA	**EVALUACIÓN**					**OBSERVACIONES**
	1	2	3	4	5	
¿El color, tipo y tamaño de la fuente, permite una lectura agradable?					x	
¿Los colores e imágenes utilizadas para el diseño de cuestionario son acordes para el tipo de cuestionario que se realiza?				x		No tiene imagines pero no creo que sean necesarias

OBSERVACIONES ADICIONALES DEL INSTRUMENTO

Me parece un tema interesante me gustaría recibir la retroalimentación del resultado final de la aplicación de la encuesta

ESCUELA DE POSTGRADOS
FUERZA AÉREA COLOMBIANA

ESCUELA DE POSTGRADOS DE LA FUERZA AÉREA MAESTRIA EN SEGURIDAD OPERACIONAL	
FORMATO DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS	

Por intermedio del presente formato, hago constar que he revisado con fines de validación el instrumento de medición (encuesta) de caracterización de empresas de manufactura de productos aeronáuticos, el cual se leyó cuidadosamente y se validó de acuerdo con los criterios enunciados anteriormente. Por lo tanto, el instrumento de medición es:

_X_Aprobado

___Aprobado con correcciones

___No aprobado

Fecha de revisión: 07 de JUNIO de 2021

CT Gandillo Alex.

Firma y Pos-firma del Experto Validador

ESCUELA DE POSTGRADOS
FUERZA AÉREA COLOMBIANA

ESCUELA DE POSTGRADOS DE LA FUERZA AÉREA
MAESTRIA EN SEGURIDAD OPERACIONAL

FORMATO DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS

PERTINENCIA	EVALUACIÓN					OBSERVACIONES
	1	2	3	4	5	
¿Considera usted que el contenido del instructivo está acorde al objetivo descrito?					x	*Ninguna*
¿Considera usted que el instrumento presenta una contextualización adecuada de las preguntas y permiten relacionarse con el problema de investigación?					x	*Ninguna*
¿La herramienta utilizada es óptima y adecuada para el tipo de cuestionario?					x	*Ninguna*
REDACCIÓN	**EVALUACIÓN**					**OBSERVACIONES**
	1	2	3	4	5	
¿Considera usted que el instrumento es razonable y comprensible para el lector?					x	*Ninguna*
¿Las preguntas pueden causar dualidad en las respuestas?					x	*Ninguna*
¿Considera que es fácil de leer y práctico?					x	*Ninguna*
¿Considera que puede llegar a generar tedio o cansancio para su lectura?					x	*Ninguna*
¿El tipo de preguntas es adecuado y ayuda al cumplimiento del objetivo?					x	*Ninguna*
CONTENIDO	**EVALUACIÓN**					**OBSERVACIONES**
	1	2	3	4	5	
¿Considera usted que el fraseo y tipo de pregunta es adecuado?					x	*Ninguna*
¿Las preguntas son fáciles de interpretar y son coherentes?					x	*Ninguna*
¿Cree usted que los enunciados tienen sentido y el lenguaje utilizado es adecuado?					x	*Ninguna*
¿Las preguntas pueden causar dualidad en las respuestas?					x	*Ninguna*
¿El orden de las preguntas van secuencialmente de las más sencillas a las más complejas?					x	*Ninguna*
¿La ortografía es adecuada?					x	*Ninguna*
FORMA	**EVALUACIÓN**					**OBSERVACIONES**
	1	2	3	4	5	
¿El color, tipo y tamaño de la fuente, permite una lectura agradable?					x	*Ninguna*
¿Los colores e imágenes utilizadas para el diseño de cuestionario son acordes para el tipo de cuestionario que se realiza?					x	*Ninguna*
OBSERVACIONES ADICIONALES DEL INSTRUMENTO						
Me pareció una encuesta clara y precisa para la información que se requiere conocer						

ESCUELA DE POSTGRADOS
FUERZA AÉREA COLOMBIANA

ESCUELA DE POSTGRADOS DE LA FUERZA AÉREA MAESTRIA EN SEGURIDAD OPERACIONAL	
FORMATO DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS	

Por intermedio del presente formato, hago constar que he revisado con fines de validación el instrumento de medición (encuesta) de caracterización de empresas de manufactura de productos aeronáuticos, el cual se leyó cuidadosamente y se validó de acuerdo con los criterios enunciados anteriormente. Por lo tanto, el instrumento de medición es:

X Aprobado

___Aprobado con correcciones

___No aprobado

Fecha de revisión: 06 de Junio de 2021

T2. DICELIN NASSER.

Firma y Pos-firma del Experto Validador

ESCUELA DE POSTGRADOS
FUERZA AÉREA COLOMBIANA

ESCUELA DE POSTGRADOS DE LA FUERZA AÉREA
MAESTRIA EN SEGURIDAD OPERACIONAL
FORMATO DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS

PERTINENCIA	EVALUACIÓN					OBSERVACIONES
	1	2	3	4	5	
¿Considera usted que el contenido del instructivo está acorde al objetivo descrito?					x	
¿Considera usted que el instrumento presenta una contextualización adecuada de las preguntas y permiten relacionarse con el problema de investigación?					x	
¿La herramienta utilizada es óptima y adecuada para el tipo de cuestionario?					x	
REDACCIÓN	**EVALUACIÓN**					**OBSERVACIONES**
	1	2	3	4	5	
¿Considera usted que el instrumento es razonable y comprensible para el lector?					x	
¿Las preguntas pueden causar dualidad en las respuestas?					x	
¿Considera que es fácil de leer y práctico?					x	
¿Considera que puede llegar a generar tedio o cansancio para su lectura?					x	
¿El tipo de preguntas es adecuado y ayuda al cumplimiento del objetivo?					x	
CONTENIDO	**EVALUACIÓN**					**OBSERVACIONES**
	1	2	3	4	5	
¿Considera usted que el fraseo y tipo de pregunta es adecuado?					x	
¿Las preguntas son fáciles de interpretar y son coherentes?					x	
¿Cree usted que los enunciados tienen sentido y el lenguaje utilizado es adecuado?					x	
¿Las preguntas pueden causar dualidad en las respuestas?					x	
¿El orden de las preguntas van secuencialmente de las más sencillas a las más complejas?					x	
¿La ortografía es adecuada?					x	
FORMA	**EVALUACIÓN**					**OBSERVACIONES**
	1	2	3	4	5	
¿El color, tipo y tamaño de la fuente, permite una lectura agradable?					x	
¿Los colores e imágenes utilizadas para el diseño de cuestionario son acordes para el tipo de cuestionario que se realiza?					x	
OBSERVACIONES ADICIONALES DEL INSTRUMENTO						
NO TENGO OBSERVACIONES ADICIONALES, ENCUESTA CLARA Y MUY PRACTICA DE DILIGENCIAR						

ESCUELA DE POSTGRADOS DE LA FUERZA AÉREA
MAESTRIA EN SEGURIDAD OPERACIONAL
FORMATO DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS

Por intermedio del presente formato, hago constar que he revisado con fines de validación el instrumento de medición (encuesta) de caracterización de empresas de manufactura de productos aeronáuticos, el cual se leyó cuidadosamente y se validó de acuerdo con los criterios enunciados anteriormente. Por lo tanto, el instrumento de medición es:

x Aprobado

___Aprobado con correcciones

___No aprobado

Fecha de revisión: 07 de Junio de 2021

Subteniente Villada Ante Andrés
Firma y Pos-firma del Experto Validador

ESCUELA DE POSTGRADOS
FUERZA AÉREA COLOMBIANA

ESCUELA DE POSTGRADOS DE LA FUERZA AÉREA
MAESTRIA EN SEGURIDAD OPERACIONAL

FORMATO DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS

PERTINENCIA	EVALUACIÓN					OBSERVACIONES
	1	2	3	4	5	
¿Considera usted que el contenido del instructivo está acorde al objetivo descrito?					x	
¿Considera usted que el instrumento presenta una contextualización adecuada de las preguntas y permiten relacionarse con el problema de investigación?					x	
¿La herramienta utilizada es óptima y adecuada para el tipo de cuestionario?					x	
REDACCIÓN	**EVALUACIÓN**					**OBSERVACIONES**
	1	2	3	4	5	
¿Considera usted que el instrumento es razonable y comprensible para el lector?					x	
¿Las preguntas pueden causar dualidad en las respuestas?					x	
¿Considera que es fácil de leer y práctico?					x	
¿Considera que puede llegar a generar tedio o cansancio para su lectura?					x	Es corta la encuesta y puntual
¿El tipo de preguntas es adecuado y ayuda al cumplimiento del objetivo?					x	
CONTENIDO	**EVALUACIÓN**					**OBSERVACIONES**
	1	2	3	4	5	
¿Considera usted que el fraseo y tipo de pregunta es adecuado?					x	
¿Las preguntas son fáciles de interpretar y son coherentes?					x	Son preguntas claras y puntuales
¿Cree usted que los enunciados tienen sentido y el lenguaje utilizado es adecuado?					x	
¿Las preguntas pueden causar dualidad en las respuestas?					x	
¿El orden de las preguntas van secuencialmente de las más sencillas a las más complejas?					x	
¿La ortografía es adecuada?					x	
FORMA	**EVALUACIÓN**					**OBSERVACIONES**
	1	2	3	4	5	
¿El color, tipo y tamaño de la fuente, permite una lectura agradable?					x	
¿Los colores e imágenes utilizadas para el diseño de cuestionario son acordes para el tipo de cuestionario que se realiza?					x	
OBSERVACIONES ADICIONALES DEL INSTRUMENTO						
No tengo observaciones adicionales						

ESCUELA DE POSTGRADOS
FUERZA AÉREA COLOMBIANA

Anexo B. Lista Acciones de Mantenimiento ERP SAP

ESCUELA DE POSTGRADOS DE LA FUERZA AÉREA
MAESTRIA EN SEGURIDAD OPERACIONAL

FORMATO DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS

Por intermedio del presente formato, hago constar que he revisado con fines de validación el instrumento de medición (encuesta) de caracterización de empresas de manufactura de productos aeronáuticos, el cual se leyó cuidadosamente y se validó de acuerdo con los criterios enunciados anteriormente. Por lo tanto, el instrumento de medición es:

X Aprobado

___Aprobado con correcciones

___No aprobado

Fecha de revisión: 07 de Junio de 2021

ST Montaño Martínez Carolina.
Firma y Pos-firma del Experto Validador

ESCUELA DE POSTGRADOS
FUERZA AÉREA COLOMBIANA

Etiquetas de fila	Cuenta de Orden
AA	3
ACTUALIZAR	2
AJUSTAR	53
ALINEAR	1
APLICAR ANTICORROSIVO	3
APRETAR	96
ARMAMENTO	19
BALANCEAR	2
BASH	7
CALIBRAR	26
CARGAR	1
CAZAFALLAS	29
CHEQUEAR	125
CONFIGURAR	34
FLUSHING	42
HARD LAND	7
INSTALAR	59
INSTALAR	2
INTERCAMBIAR	2
LIMPIAR	392
LUBRICAR	21
MARCAR	1
NO APLICA	69
PACKING	2
PEGAR	4
PINTAR	5
PITOT STATIC	1
PRIMING	2
PRUEBAS	54
PULIR	1
PURGAR	6
RECARGAR	32
RECONECTAR	3
REEMPLAZAR	1625
REGLAR	105
REGULAR	15
REINICIAR	36
REPAAAA	1
REPARAR	516
REPOSICIONAR	12
REUBICAR	12
SERVICIAR	70
SOLDAR	2
TENSIONAR	1
TOPPING	1
TRACKING	7
TROUBLESHOOTING	15
VOM	1
(en blanco)	
Total general	3525

Anexo C. Lista de Elementos por Confiabilidad

P/N	ELEMENTO	COSTO DE ADQUISICION / HISTORICOS	(Q) CONFIABILIDAD
M800	BOMBILLA LUZ RELOJ COP	$ 343.396	21
066-3046-07	CONECTOR ADI PIL	$ 27.520.168	16
MS26574-20	BREACKER A	$ 385.285	16
069-1025-25	CONECTOR VHF PIL	$ 208.887	15
071-1052-00	CONECTOR HSI PIL	$ 1.567.769	15
066-3046-01	HSI PIL	$ 39.621.260	14
206-040-002-115	ACEITE XMSN	$ 971.983	12
066-1062-00	CONECTOR TRANSPONDER	$ 1.084.138	10
069-01033-0101	CONECTOR VHF COP	$ 881.479	9
206-340-104-101	SELLO GENERADOR AUX	$ 459.536	9
206-340-103-101	SELLO ENTRADA CAJA 90	$ 100.672	9
066-1072-04	ADF	$ 25.034.793	8
206-075-740-113	IND CANTIDAD COMBUSTIBLE	$ 10.955.001	8
24535-20	BATERÍA AERONAVE	$ 3.374.425	8
25313.	BOBINA CLUCH COMPRESSOR AIRE ACINDICIONADO	$ 687.817	8
011-01060-00	GPS	$ 26.964.955	7
206-075-681-115	GENERADOR TACÓMETRO DOBLE	$ 5.463.336	7
MS35478-307	LUZ POSICIÓN COLA	$ 453.250	7
F506A	TAPA BOCA LLENADO XMSN	$ 2.570.523	7
H140JJM1	ADI PIL	$ 78.900.450	7
M800-5-BATT	CLOCK	$ 2.092.707	7
080-22014-01	CONECTOR DIMER POWER SUPPLY	$ 9.115.550	6
206-010-777-001	BUMPER ROTOR COLA	$ 234.244	6
8000	VELOCÍMETRO	$ 596.911	6
S-3008EC-6	COMPRESOR ASSY	$ 9.604.577	6
4593	LAMPARA LUZ ATERRIZAJE	$ 878.280	5
23070606	FCU	$ 7.560.830	5
066-3031-01	RADAR ALTÍMETRO	$ 10.988.356	5
206-062-721-115	ACTUADOR LINEAL	$ 2.784.123	5
206-075-678-105	IND TEMP PRESS OIL XMSN	$ 23.994.182	5
212-077-200-1	CONECTOR CAJA AUDIO TVR	$ 5.644.000	5
MS24577-2A	BOMBILLA LUZ POSICIÓN COLA	$ 456.700	5
MS22073-5	CORTACIRCUITOS	$ 306.334	5
68-2130024-50	CUBIERTA LUZ STROBER	$ 1.003.829	5
A-700ZC-7	CRC	$ 18.605.581	5
B3182B	SELF CLOSING VALVE, TQ 60 LB/IN TQ S/N 6180	$ 8.301.405	5
ES57178-1	BINARY SWITCH AIRE ACONDICIONADO	$ 205.251	5

P/N	ELEMENTO	COSTO DE ADQUISICION / HISTORICOS	(Q) CONFIABILIDAD
8000	VELOCÍMETRO	$ 7.775.661	4
206-062-721-113	ACTUADOR LINEAL	$ 3.597.220	4
206-076-031-107	SERVOACTUADOR	$ 2.821.200	4
206-360-503-103	VÁLVULA DRENAJE CELDAS COMBUSTIBLE	$ 4.860.725	4
23006900	CHIP DETECTOR MOTOR	$ 8.520.000	4
40000.	EXTINTOR	$ 980.780	4
501-1874-09	ADI COP	$ 1.034.516	4
RG-206	BATERÍA AERONAVE	$ 8.793.912	4
60-018-024	CHIP DETECTOR XMSN	$ 37.315	4
843-67-6	LÍNEAS PITOT	$ 1.320.646	4
AA95-861	CAJA AUDIO PIL	$ 8.776.432	4
JB-23H	EXTENSIÓN COMUNICACIÓN	$ 194.434	4
ES61142-1	MOTOR AIRE ACONDICIONADO	$ 3.112.345	4
76546	SWITCH PRESS BOMBA COMBUSTIBLE	$ 110.897	3
23005745	CAJA ACCESORIOS MOTOR	$ 77.000.000	3
23006900	MOTOR	$ 185.200.000	3
23053176	BLEED AIR CONTROL	$ 9.357.269	3
060-0015-00	FLUX VALVE	$ 23.037.026	3
064-01076-0101	UHF	$ 19.993.139	3
066-01062-00	TRANSPONDER	$ 1.000.000	3
071-01576-0101	CONECTORES ANTENA	$ 1.394.096	3
206-040-270-117	FREEWHELIING ASSYY	$ 3.114.579	3
206-070-475-005	BLOWER COP	$ 2.403.836	3
206-075-677-103	CONECTOR IND TEMP PRESS ACEITE MOTOR	$ 25.989.963	3
206-076-034-001	FLITRO HYD	$ 989.000	3
212-050-225-103	CAP DELANTERO LH	$ 6.700.680	3
4596.	BOMBILLA INFERIOR LUZ DE ATERRIZAJE	$ 727.212	3
5-3008TC-6	COMPRESOR AIRE ACONDICIONADO	$ 198.040	3
M83248/1-906	VÁLVULA ANTI-ICE MOTOR	$ 48.232	3
MS25237-328	BOMBILLA LUZ BRÚJULA COP	$ 68.899	3
CM6839	BOMBILLA LUZ HSI PIL	$ 36.985	3
AN6270-3D-0150	MANGUERA IND TEMP PRESS MOTOR	$ 355.195	3
RA20NBSD102A	CABLEADO LUZ PANEL INSTRUMENTO PIL	$ 910.699	3
75-0286-13	MASTER CAUTION	$ 5.902.090	3

Anexo D. Cálculo EOQ (Cantidad Económica de Pedido)

	Descripción del elemento	P/N	Demanda (D)	Costo Unitario (C)	Costo del Pedido (S)	Costo Mantener inventario (H)			EOQ (Q)
						Costos Tangibles	Costos Intangible (C x i) i = 7,57%	(H)	
1	BOMBILLA LUZ RELOJ COP	M800	21	$ 343.395,58	$ 38.380	$ 17.498	25995,04541	$ 43.493	6
2	CONECTOR ADI PIL	066-3046-07	16	$ 27.520.168,00	$ 38.380	$ 17.498	2083276,718	$ 2.100.775	1
3	BREACKER A	MS26574-20	16	$ 385.284,52	$ 38.380	$ 17.498	29166,03816	$ 46.664	5
4	CONECTOR VHF PIL	069-1025-25	15	$ 208.887,00	$ 38.380	$ 17.498	15812,7459	$ 33.311	6
5	CONECTOR HSI PIL	071-1052-00	15	$ 1.567.769,13	$ 38.380	$ 17.498	118680,1231	$ 136.178	3
6	HSI PIL	066-3046-01	14	$ 39.621.259,80	$ 38.380	$ 17.498	2999329,367	$ 3.016.827	1
7	ACEITE XMSN	206-040-002-115	12	$ 971.983,00	$ 38.380	$ 17.498	73579,1131	$ 91.077	3
8	CONECTOR TRANSPONDER	066-1062-00	10	$ 1.084.138,00	$ 38.380	$ 17.498	82069,2466	$ 99.567	3
9	CONECTOR VHF COP	069-01033-0101	9	$ 881.478,75	$ 38.380	$ 17.498	66727,94138	$ 84.226	3
10	SELLO GENERADOR AUX	206-340-104-101	9	$ 459.535,90	$ 38.380	$ 17.498	34786,86763	$ 52.285	4
11	SELLO ENTRADA CAJA 90	206-340-103-101	9	$ 100.672,14	$ 38.380	$ 17.498	7620,880998	$ 25.119	5
12	ADF	066-1072-04	8	$ 25.034.793,00	$ 38.380	$ 17.498	1895133,83	$ 1.912.632	1
13	IND CANTIDAD COMBUSTIBLE	206-075-740-113	8	$ 10.955.001,25	$ 38.380	$ 17.498	829293,5946	$ 846.792	1
14	BATERÍA AERONAVE	24535-20	8	$ 3.374.425,00	$ 38.380	$ 17.498	255443,9725	$ 272.942	1
15	BOBINA CLUCH COMPRESSOR AIRE ACINDICIONADO	25313.	8	$ 687.816,67	$ 38.380	$ 17.498	52067,72192	$ 69.566	3
16	GPS	011-01060-00	7	$ 26.964.955,00	$ 38.380	$ 17.498	2041247,094	$ 2.058.745	1
17	GENERADOR TACÓMETRO DOBLE	206-075-681-115	7	$ 5.463.336,20	$ 38.380	$ 17.498	413574,5503	$ 431.073	1
18	LUZ POSICIÓN COLA	MS35478-307	7	$ 453.250,00	$ 38.380	$ 17.498	34311,025	$ 51.809	3
19	TAPA BOCA LLENADO XMSN	F506A	7	$ 2.570.523,34	$ 38.380	$ 17.498	194588,6168	$ 212.087	2
20	ADI PIL	H140JJM1	7	$ 78.900.450,00	$ 38.380	$ 17.498	5972764,065	$ 5.990.262	0
21	CLOCK	M800-5-BATT	7	$ 2.092.707,07	$ 38.380	$ 17.498	158417,9252	$ 175.916	2
22	CONECTOR DIMER POWER SUPPLY	080-22014-01	6	$ 9.115.550,00	$ 38.380	$ 17.498	690047,135	$ 707.545	1
23	BUMPER ROTOR COLA	206-010-777-001	6	$ 234.243,52	$ 38.380	$ 17.498	17732,23446	$ 35.230	4
24	VELOCÍMETRO	8000	6	$ 596.911,49	$ 38.380	$ 17.498	45186,19979	$ 62.684	3

25	COMPRESOR ASSY	S-3008EC-6	6	$ 9.604.577,35	$ 38.380	$ 17.498	727066,5054	$ 744.565	1
26	LAMPARA LUZ ATERRIZAJE	4593	5	$ 878.279,55	$ 38.380	$ 17.498	66485,76194	$ 83.984	2
27	FCU	23070606	5	$ 7.560.830,00	$ 38.380	$ 17.498	572354,831	$ 589.853	1
28	RADAR ALTÍMETRO	066-3031-01	5	$ 10.988.355,92	$ 38.380	$ 17.498	831818,5431	$ 849.317	1
29	ACTUADOR LINEAL	206-062-721-115	5	$ 2.784.123,00	$ 38.380	$ 17.498	210758,1111	$ 228.256	1
30	IND TEMP PRESS OIL XMSN	206-075-678-105	5	$ 23.994.182,27	$ 38.380	$ 17.498	1816359,598	$ 1.833.858	0
31	CONECTOR CAJA AUDIO TVR	212-077-200-1	5	$ 5.644.000,00	$ 38.380	$ 17.498	427250,8	$ 444.749	1
32	BOMBILLA LUZ POSICIÓN COLA	MS24577-2A	5	$ 456.700,00	$ 38.380	$ 17.498	34572,19	$ 52.070	3
33	CORTACIRCUITOS	MS22073-5	5	$ 306.333,76	$ 38.380	$ 17.498	23189,46563	$ 40.688	3
34	CUBIERTA LUZ STROBER	68-2130024-50	5	$ 1.003.828,65	$ 38.380	$ 17.498	75989,82881	$ 93.488	2
35	CRC	A-700ZC-7	5	$ 18.605.581,37	$ 38.380	$ 17.498	1408442,51	$ 1.425.941	1
36	SELF CLOSING VALVE, TQ 60 LB/IN TQ S/N 6180	B3182B	5	$ 8.301.405,41	$ 38.380	$ 17.498	628416,3895	$ 645.915	1
37	BINARY SWITCH AIRE ACONDICIONADO	ES57178-1	5	$ 205.251,42	$ 38.380	$ 17.498	15537,53249	$ 33.036	3
38	VELOCÍMETRO	8000	4	$ 7.775.661,00	$ 38.380	$ 17.498	588617,5377	$ 606.116	1
39	ACTUADOR LINEAL	206-062-721-113	4	$ 3.597.219,80	$ 38.380	$ 17.498	272309,5389	$ 289.808	1
40	SERVOACTUADOR	206-076-031-107	4	$ 2.821.200,00	$ 38.380	$ 17.498	213564,84	$ 231.063	1
41	VÁLVULA DRENAJE CELDAS COMBUSTIBLE	206-360-503-103	4	$ 4.860.725,00	$ 38.380	$ 17.498	367956,8825	$ 385.455	1
42	CHIP DETECTOR MOTOR	23006900	4	$ 8.520.000,00	$ 38.380	$ 17.498	644964	$ 662.462	1
43	EXTINTOR	40000.	4	$ 980.780,00	$ 38.380	$ 17.498	74245,046	$ 91.743	2
44	ADI COP	501-1874-09	4	$ 1.034.515,60	$ 38.380	$ 17.498	78312,83092	$ 95.811	2
45	BATERÍA AERONAVE	RG-206	4	$ 8.793.911,58	$ 38.380	$ 17.498	665699,1066	$ 683.197	1
46	CHIP DETECTOR XMSN	60-018-024	4	$ 37.314,96	$ 38.380	$ 17.498	2824,742472	$ 20.323	4
47	LÍNEAS PITOT	843-67-6	4	$ 1.320.645,99	$ 38.380	$ 17.498	99972,90144	$ 117.471	2
48	CAJA AUDIO PIL	AA95-861	4	$ 8.776.432,00	$ 38.380	$ 17.498	664375,9024	$ 681.874	1
49	EXTENSIÓN COMUNICACIÓN	JB-23H	4	$ 194.433,99	$ 38.380	$ 17.498	14718,65304	$ 32.217	3
50	MOTOR AIRE ACONDICIONADO	ES61142-1	4	$ 3.112.345,01	$ 38.380	$ 17.498	235604,5173	$ 253.103	1

51	SWITCH PRESS BOMBA COMBUSTIBLE	76546	3	$ 110.897,00	$ 38.380	$ 17.498	8394,9029	$ 25.893	3
52	CAJA ACCESORIOS MOTOR	23005745	3	$ 77.000.000,00	$ 38.380	$ 17.498	5828900	$ 5.846.398	0
53	MOTOR	23006900	3	$ 185.200.000,00	$ 38.380	$ 17.498	14019640	$ 14.037.138	0
54	BLEED AIR CONTROL	23053176	3	$ 9.357.268,80	$ 38.380	$ 17.498	708345,2482	$ 725.843	1
55	FLUX VALVE	060-0015-00	3	$ 23.037.025,76	$ 38.380	$ 17.498	1743902,85	$ 1.761.401	0
56	UHF	064-01076-0101	3	$ 19.993.139,08	$ 38.380	$ 17.498	1513480,628	$ 1.530.979	0
57	TRANSPONDER	066-01062-00	3	$ 1.000.000,00	$ 38.380	$ 17.498	75700	$ 93.198	2
58	CONECTORES ANTENA	071-01576-0101	3	$ 1.394.095,50	$ 38.380	$ 17.498	105533,0294	$ 123.031	1
59	FREEWHELIING ASSYY	206-040-270-117	3	$ 3.114.579,48	$ 38.380	$ 17.498	235773,6666	$ 253.272	1
60	BLOWER COP	206-070-475-005	3	$ 2.403.836,33	$ 38.380	$ 17.498	181970,4102	$ 199.469	1
61	CONECTOR IND TEMP PRESS ACEITE MOTOR	206-075-677-103	3	$ 25.989.963,41	$ 38.380	$ 17.498	1967440,23	$ 1.984.938	0
62	FLITRO HYD	206-076-034-001	3	$ 989.000,00	$ 38.380	$ 17.498	74867,3	$ 92.365	2
63	CAP DELANTERO LH	212-050-225-103	3	$ 6.700.680,00	$ 38.380	$ 17.498	507241,476	$ 524.740	1
64	BOMBILLA INFERIOR LUZ DE ATERRIZAJE	4596.	3	$ 727.211,78	$ 38.380	$ 17.498	55049,93175	$ 72.548	2
65	COMPRESOR AIRE ACONDICIONADO	5-3008TC-6	3	$ 198.040,00	$ 38.380	$ 17.498	14991,628	$ 32.490	3
66	VÁLVULA ANTI-ICE MOTOR	M83248/1-906	3	$ 48.232,33	$ 38.380	$ 17.498	3651,187381	$ 21.149	3
67	BOMBILLA LUZ BRÚJULA COP	MS25237-328	3	$ 68.898,67	$ 38.380	$ 17.498	5215,629319	$ 22.714	3
68	BOMBILLA LUZ HSI PIL	CM6839	3	$ 36.985,31	$ 38.380	$ 17.498	2799,787967	$ 20.298	3
69	MANGUERA IND TEMP PRESS MOTOR	AN6270-3D-0150	3	$ 355.194,60	$ 38.380	$ 17.498	26888,23122	$ 44.386	2
70	CABLEADO LUZ PANEL INSTRUMENTO PIL	RA20NBSD102A	3	$ 910.699,42	$ 38.380	$ 17.498	68939,94609	$ 86.438	2
71	MASTER CAUTION	75-0286-13	3	$ 5.902.090,00	$ 38.380	$ 17.498	446788,213	$ 464.286	1
72	CARCASA LUZ ANTICOL	01-0770044-02	2	$ 1.608.908,93	$ 38.380	$ 17.498	121794,406	$ 139.293	1
73	LUZ ANTICOLISION Y POWER SUPPLY DE	02-0350053-00	2	$ 2.608.383,00	$ 38.380	$ 17.498	197454,5931	$ 214.953	1
74	RMI COP	066-3038-00	2	$ 16.663.354,32	$ 38.380	$ 17.498	1261415,922	$ 1.278.914	0

75	FLUX VALVE	071-1242-06	2	$ 5.047.129,76	$ 38.380	$ 17.498	382067,7228	$ 399.566	1
76	IND TOT	101-00930	2	$ 3.223.767,00	$ 38.380	$ 17.498	244039,1619	$ 261.537	1
77	VULVO TEMP ACEITE MOTOR	102-0002	2	$ 567.723,00	$ 38.380	$ 17.498	42976,6311	$ 60.475	2
78	STRAINER	1-170-780-01	2	$ 2.681.176,00	$ 38.380	$ 17.498	202965,0232	$ 220.463	1
79	MAIN ROTOR HUB	206-011-100-107	2	$ 76.903.011,12	$ 38.380	$ 17.498	5821557,942	$ 5.839.056	0
80	MARCO PANEL INSTRUMENTO SUP RH	206-031-261-101A	2	$ 38.970.560,00	$ 38.380	$ 17.498	2950071,392	$ 2.967.570	0
81	BALINERA DRAG PIN	206-031-633-101	2	$ 10.864.986,53	$ 38.380	$ 17.498	822479,4803	$ 839.978	0
82	SOPORTE HANGER 1	206-040-323-3	2	$ 42.520.900,00	$ 38.380	$ 17.498	3218832,13	$ 3.236.330	0
83	GENERADOR TACÓMETRO DOBLE	206-075-681-115	2	$ 5.463.336,20	$ 38.380	$ 17.498	413574,5503	$ 431.073	1
84	IND N1	206-075-682-109	2	$ 25.773.688,85	$ 38.380	$ 17.498	1951068,246	$ 1.968.566	0
85	RESERVORIO HIDRAULICO	206-076-022-101	2	$ 3.704.282,39	$ 38.380	$ 17.498	280414,1769	$ 297.912	1
86	CELDA COMBUSTIBLE	206-360-509-101	2	$ 3.700.454,00	$ 38.380	$ 17.498	280124,3678	$ 297.622	1
87	UNIDAD CONTROL DE COMBUSTIBLE FCU	2524644-31	2	$ 4.263.829,50	$ 38.380	$ 17.498	322771,8932	$ 340.270	1
88	BATERÍA AERONAVE	30135-001	2	$ 3.175.590,00	$ 38.380	$ 17.498	240392,163	$ 257.890	1
89	PTT PISO LH	M8805/55-001	2	$ 3.506.386,64	$ 38.380	$ 17.498	265433,4686	$ 282.932	1
90	BOBINA MAGNÉTICA CLUTCH COMPRESOR AIRE ACONDICIONADO	M81824/1-3	2	$ 266.890,66	$ 38.380	$ 17.498	20203,62296	$ 37.702	2
91	BATERÍA AERONAVE	MS25171-3S	2	$ 15.532,10	$ 38.380	$ 17.498	1175,77997	$ 18.674	3
92	BRÚJULA COP	C2300L4124B	2	$ 17.139.891,47	$ 38.380	$ 17.498	1297489,784	$ 1.314.988	0
93	BOMBILLA LUZ BUSQUEDA	G6250-4	2	$ 1.508.400,00	$ 38.380	$ 17.498	114185,88	$ 131.684	1
94	SELLOS CAMBIO DE PASO	406-340-105-101	2	$ 332.024,30	$ 38.380	$ 17.498	25134,23951	$ 42.632	2
95	VERTICAL SPEED	7060	2	$ 8.648.952,00	$ 38.380	$ 17.498	654725,6664	$ 672.224	0
96	LUZ NVG RADAR ALTÍMETRO	5934P-3	2	$ 7.090.450,00	$ 38.380	$ 17.498	536747,065	$ 554.245	1
97	AFT BLOWER ASSY EN EVAPORADOR TRASERO	S-6102EC-3	2	$ 6.017.345,00	$ 38.380	$ 17.498	455513,0165	$ 473.011	1
98	FILTRO COMBUSTIBLE AF	1743645-03	2	$ 8.932.741,87	$ 38.380	$ 17.498	676208,5596	$ 693.707	0
99	COMP/AND RELAY	ES73186-1	2	$ 11.732.655,04	$ 38.380	$ 17.498	888161,9865	$ 905.660	0

100	TUBOS SISTEMA ESTATICO	261N-04	2	$ 2.059.688,01	$ 38.380	$ 17.498	155918,3824	$ 173.417	1
101	INDICADOR CRONOMETRO	800	1	$ 35.780,00	$ 38.380	$ 17.498	2708,546	$ 20.207	2
102	FIRE EXTINGUIOSHER	440160	1	$ 228.483,00	$ 38.380	$ 17.498	17296,1631	$ 34.794	1
103	THERMOCOUPLES MOTOR	6887761	1	$ 10.000,00	$ 38.380	$ 17.498	757	$ 18.255	2
104	SELLO RACOR CAJA ACCESORIOS MOTOR	23056114	1	$ 514.037,08	$ 38.380	$ 17.498	38912,60696	$ 56.411	1
105	CAUCHO PROTECTOR SEPARADOR PARTÍCULAS	206-062-815-113	1	$ 2.340.560,00	$ 38.380	$ 17.498	177180,392	$ 194.679	1
106	COMPRESSOR ASSY	S-3008EC-6	1	$ 9.604.577,35	$ 38.380	$ 17.498	727066,5054	$ 744.565	0
107	RADAR ALTÍMETRO	011-02537-05	1	$ 40.417.546,00	$ 38.380	$ 17.498	3059608,232	$ 3.077.106	0
108	CONECTOR VHF COP	064-1023-00	1	$ 18.426.345,00	$ 38.380	$ 17.498	1394874,317	$ 1.412.372	0
109	CONECTOR FLUX VALVE	066-03046-0007	1	$ 1.568.959,39	$ 38.380	$ 17.498	118770,2258	$ 136.268	1
110	CABLEADO GPS	066-04031-1121	1	$ 1.084.131,00	$ 38.380	$ 17.498	82068,7167	$ 99.567	1
111	EQUIPO XPDR KT-76A	066-1062-00IAW	1	$ 3.987.900,00	$ 38.380	$ 17.498	301884,03	$ 319.382	0
112	DME	066-1066-25	1	$ 110.484.000,00	$ 38.380	$ 17.498	8363638,8	$ 8.381.137	0
113	CONECTOR FLUX VALVE	066-3060-00	1	$ 3.856.596,00	$ 38.380	$ 17.498	291944,3172	$ 309.442	0
114	KX165	069-1025	1	$ 679.943,00	$ 38.380	$ 17.498	51471,6851	$ 68.970	1
115	VHF PIL	069-1025-00	1	$ 702.639,00	$ 38.380	$ 17.498	53189,7723	$ 70.688	1
116	CABLES DE COMUNICACIÓN PILOTO Y COPILOTO	103-54001-01	1	$ 296.799,84	$ 38.380	$ 17.498	22467,74789	$ 39.966	1
117	CAJA IGNICIÓN	1-300-363-03	1	$ 6.401.707,10	$ 38.380	$ 17.498	484609,2275	$ 502.107	0
118	LEVER ASSY	206-001-401-111	1	$ 29.247.907,68	$ 38.380	$ 17.498	2214066,611	$ 2.231.565	0
119	RUDER BOUMEPER DEL ROTOR COLA	206-011-100-157	1	$ 59.679.590,72	$ 38.380	$ 17.498	4517745,018	$ 4.535.243	0
120	T/R HUB	206-011-810-155	1	$ 60.507.950,00	$ 38.380	$ 17.498	4580451,815	$ 4.597.950	0
121	WINDOW UPPER LH	206-031-108-0	1	$ 2.670.000,00	$ 38.380	$ 17.498	202119	$ 219.617	1
122	MASTIL ROTOR PPAL	206-040-002-111	1	$ 28.839.039,00	$ 38.380	$ 17.498	2183115,252	$ 2.200.613	0
123	CAJA 90	206-040-402-111	1	$ 9.120.217,38	$ 38.380	$ 17.498	690400,4557	$ 707.899	0
124	CAJA REGULADORA DE VOLTAJE	206-062-200-117	1	$ 2.991.473,00	$ 38.380	$ 17.498	226454,5061	$ 243.953	1
125	BODY ANTI ICE VALVE	206-062-625-003	1	$ 10.706.405,00	$ 38.380	$ 17.498	810474,8585	$ 827.973	0

126	LINEA HUMEDA INDICADOR DE TORQUE	206-075-626-001	1	$ 1.367.490,02	$ 38.380	$ 17.498	103518,9945	$ 121.017	1
127	INDICADOR TEMP AND PRESS ENGINE	206-075-672-203	1	$ 2.890.670,00	$ 38.380	$ 17.498	218823,719	$ 236.322	1
128	CABLEADO LUZ BRÚJULA	C2300-L4-24B	1	$ 7.442.738,20	$ 38.380	$ 17.498	563415,2817	$ 580.913	0
129	IND PRESS TORQUE	206-075-739-129	1	$ 1.000.000,00	$ 38.380	$ 17.498	75700	$ 93.198	1
130	IND CANTIDAD COMBUSTIBLE	206-075-740-115	1	$ 16.571.001,55	$ 38.380	$ 17.498	1254424,817	$ 1.271.923	0
131	LÍNEAS PRESS Y RETORNO HYD	206-076-390-001	1	$ 902.964,97	$ 38.380	$ 17.498	68354,44823	$ 85.853	1
132	VENTANA DESLIZANTE ISQUIERDA TRASERA	206-201-024	1	$ 1.439.108,00	$ 38.380	$ 17.498	108940,4756	$ 126.439	1
133	IND TOT	206-375-005-101	1	$ 3.511.724,64	$ 38.380	$ 17.498	265837,5552	$ 283.336	1
134	WINDSHIELD LH	206-540-023	1	$ 8.769.842,91	$ 38.380	$ 17.498	663877,1083	$ 681.375	0
135	GOV	23086749	1	$ 444.642,00	$ 38.380	$ 17.498	33659,3994	$ 51.158	1
136	LOWER LATCH PUERTA LADO PILOTO	440-402	1	$ 560.890,00	$ 38.380	$ 17.498	42459,373	$ 59.957	1
137	ADI PIL	501-187409	1	$ 1.234.670,00	$ 38.380	$ 17.498	93464,519	$ 110.963	1
138	FWD MOTOR	5-6102EC-3	1	$ 540.600,00	$ 38.380	$ 17.498	40923,42	$ 58.422	1
139	ESTÁTICAS DEL TREN DE ATERIZAJE	MS21042L3	1	$ 23.794,95	$ 38.380	$ 17.498	1801,277715	$ 19.299	2
140	BOMBILLA LUZ POSICIÓN COLA	MS24577-2A	1	$ 196.167,20	$ 38.380	$ 17.498	14849,85704	$ 32.348	2
141	PTT CÍCLICO LH	MS24665-229	1	$ 75.465,20	$ 38.380	$ 17.498	5712,71564	$ 23.211	2
142	LUZ POSICIÓN COLA	MS35478-307	1	$ 3.335,42	$ 38.380	$ 17.498	252,491294	$ 17.751	2
143	PTT PISO LH	M8805/55-001	1	$ 70.560,00	$ 38.380	$ 17.498	5341,392	$ 22.840	2
144	SELLO TAPA RESERVORIO ACEITE MOTOR	MS29561-226	1	$ 40.858,96	$ 38.380	$ 17.498	3093,023272	$ 20.591	2
145	SELLO PLATA INYECTOR ACEITE BALINERA 7/8	MS9372-019	1	$ 10.708,83	$ 38.380	$ 17.498	810,658431	$ 18.309	2
146	SELLO FILTRO COMBUSTIBLE	M83248/1-006	1	$ 158.434,62	$ 38.380	$ 17.498	11993,50073	$ 29.492	2
147	CAJA REGULADORA VOLTAGE	MS18071-12	1	$ 9.770.326,20	$ 38.380	$ 17.498	739613,6933	$ 757.112	0
148	ZAPATA LH	M83248-1-904	1	$ 145.245,50	$ 38.380	$ 17.498	10995,08435	$ 28.493	2
149	ANTENA ADF	071-1234-00	1	$ 1.482.361,53	$ 38.380	$ 17.498	112214,7678	$ 129.713	1

150	SELLO VÁLVULA SOLENOIDE HYD	M83461/1-112	1	$ 31.334,59	$ 38.380	$ 17.498	2372,028463	$ 19.870	2
151	BOMBILLA	GE4580	1	$ 103.269,64	$ 38.380	$ 17.498	7817,511748	$ 25.316	2
152	SELLO DEL GENERADOR	AS3209-113	1	$ 13.587,80	$ 38.380	$ 17.498	1028,59646	$ 18.527	2
153	CAP	206-010-147-1	1	$ 60.407,07	$ 38.380	$ 17.498	4572,815199	$ 22.071	2
154	SELLO BOMBA HYD	CR4985	1	$ 48.012,23	$ 38.380	$ 17.498	3634,525811	$ 21.133	2
155	SELLO QUILL ENTRADA XMSN	L1523-1487	1	$ 317.903,11	$ 38.380	$ 17.498	24065,26543	$ 41.563	1
156	REGULADOR	VR-1010-24-2A	1	$ 6.327.690,00	$ 38.380	$ 17.498	479006,133	$ 496.504	0
157	LUZ ANTICOL	01-0770019-21	1	$ 489.318,73	$ 38.380	$ 17.498	37041,42786	$ 54.540	1
158	UNIT FUEL TANK	7740-00381	1	$ 4.455.266,59	$ 38.380	$ 17.498	337263,6809	$ 354.762	0
159	ENGINE, AIRCRAFT, TURBO-SHAFT	6899400	1	$ 627.398.960,00	$ 38.380	$ 17.498	47494101,27	$ 47.511.599	0
160	VOLTÍMETRO	M450	1	$ 8.694.052,37	$ 38.380	$ 17.498	658139,7644	$ 675.638	0
161	BOMBILLA LUZ FORCE TRIM	AML6839	1	$ 3.323.735,76	$ 38.380	$ 17.498	251606,797	$ 269.105	1
162	CABLEADO LUZ BRÚJULA	C2300-L4-24B	1	$ 1.375,21	$ 38.380	$ 17.498	104,103397	$ 17.602	2
163	MAIN DRIVE SHFT KAFLEX	SKCP2348-101	1	$ 23.445.487,00	$ 38.380	$ 17.498	1774823,366	$ 1.792.321	0
164	MONTANTE XMSN	206-031-592-001	1	$ 86.269.962,50	$ 38.380	$ 17.498	6530636,161	$ 6.548.134	0
165	CROSSTUBE DELANTERO	206-320-121	1	$ 3.248.786,31	$ 38.380	$ 17.498	245933,1237	$ 263.431	1
166	GENERADOR TACÓMETRO N1	32005-023	1	$ 9.383.274,92	$ 38.380	$ 17.498	710313,9114	$ 727.812	0
167	VALVULA CORTE COMBUSTIBLE	206-063-640-107	1	$ 2.710.292,40	$ 38.380	$ 17.498	205169,1347	$ 222.667	1
168	FLASHER	01-0770062-03	1	$ 14.157.042,73	$ 38.380	$ 17.498	1071688,135	$ 1.089.186	0
169	WINDOW LOWER RH	206-031-108-034	1	$ 3.136.175,13	$ 38.380	$ 17.498	237408,4573	$ 254.907	1
170	COUPLING HALF DE LA LINEA DE PRESION FLEXIBLE DEL SISTEMA HIDRAULICO	6000D4	1	$ 553.630,22	$ 38.380	$ 17.498	41909,80765	$ 59.408	1
171	CAJA AUDIO PIL	AA95-766	1	$ 2.126.773,00	$ 38.380	$ 17.498	160996,7161	$ 178.495	1
172	ABRAZADERA ZAPATA LH	N/A	1	$ 71.741,88	$ 38.380	$ 17.498	5430,860316	$ 22.929	2
173	CAUCHO PROTECTOR PUERTA COP	110-160-1	1	$ 98.121,00	$ 38.380	$ 17.498	7427,7597	$ 24.926	2

174	SELLO BOMBA ACEITE TRANSMISION	38-79004-1045-2	1	$ 1.636.050,25	$ 38.380	$ 17.498	123849,0039	$ 141.347	1
175	ADI PIL	80-5205-2-3	1	$ 4.705.029,77	$ 38.380	$ 17.498	356170,7536	$ 373.669	0
176	CB PEDESTAL CENTRAL INFERIOR	M81824/-1-2	1	$ 6.728.484,04	$ 38.380	$ 17.498	509346,2418	$ 526.844	0
177	FILTRO COMBUSTIBLE AF	1743645-03	1	$ 1.290.890,00	$ 38.380	$ 17.498	97720,373	$ 115.218	1
178	ZAPATA RH	D3805-041	1	$ 506.090,00	$ 38.380	$ 17.498	38311,013	$ 55.809	1
179	IND TOT	61000-082	1	$ 1.670.890,00	$ 38.380	$ 17.498	126486,373	$ 143.984	1
180	CONECTOR ANTENA GPS	GE 327	1	$ 22.000,00	$ 38.380	$ 17.498	1665,4	$ 19.164	2
181	FLASHER	01-0770062-03	1	$ 450.000,00	$ 38.380	$ 17.498	34065	$ 51.563	1
182	ADAPTER DE SISTEMA ACONDICIONADO	S-6019EC-1	1	$ 7.883.204,67	$ 38.380	$ 17.498	596758,5935	$ 614.257	0
183	MANGUERA H1 AIRE ACONDICIONADO	S-5052EC-H1	1	$ 1.374.282,21	$ 38.380	$ 17.498	104033,1633	$ 121.531	1
184	LÍNEA ACEITE TORQUE	AN6270-3D-0220	1	$ 450.634,43	$ 38.380	$ 17.498	34113,02635	$ 51.611	1
185	RADIO FM	961082-1	1	$ 970.670,00	$ 38.380	$ 17.498	73479,719	$ 90.978	1
186	RECEIVER DRIER BOTTLE	ES43034-1	1	$ 5.890.307,97	$ 38.380	$ 17.498	445896,3133	$ 463.394	0
187	DUCTO EVAPORADOR TRASERO AIRE ACONDICIONADO	ES70009-18	1	$ 226.332,44	$ 38.380	$ 17.498	17133,36571	$ 34.631	1
188	DUCTOS AIRE ACONDICIONADO	S-6088EC-5	1	$ 408.837,50	$ 38.380	$ 17.498	30948,99875	$ 48.447	1
189	ANTENA VHF	5225395-6	1	$ 98.121,00	$ 38.380	$ 17.498	7427,7597	$ 24.926	2
190	MANGUERA DEL EYECTOR DE COMBUSTIBLE	156F115B0120L000	1	$ 4.847.423,20	$ 38.380	$ 17.498	366949,9362	$ 384.448	0
191	RELEVO DEL GENERADOR PPAL	SM150D2	1	$ 2.658.240,36	$ 38.380	$ 17.498	201228,7953	$ 218.727	1
192	RELAY LUZ GENERADOR AUX	RP7633G4	1	$ 12.901.570,51	$ 38.380	$ 17.498	976648,8876	$ 994.147	0
193	BOMBA COMBUSTIBLE	206-062-681-105	1	$ 10.670.450,00	$ 38.380	$ 17.498	807753,065	$ 825.251	0
194	MONTANTE INFERIOR MOTOR	206-062-102-013	1	$ 8.322.070,00	$ 38.380	$ 17.498	629980,699	$ 647.479	0
195	LOCK SET CHAPA PUERTA RH	4411-21	1	$ 693.388,40	$ 38.380	$ 17.498	52489,50188	$ 69.988	1
196	MANGUERA DRENAJE	34-14940	1	$ 906.689,68	$ 38.380	$ 17.498	68636,40878	$ 86.135	1
197	CONDENSER SCOOP DOOR	ES39210-2	1	$ 5.204.179,61	$ 38.380	$ 17.498	393956,3965	$ 411.455	0

Anexo E. Sistemas Mínimos para la Estructura Técnica de las Aeronaves de la FAC

Sistema	***Título***	**(A) Aviones** **(H) Helicópteros** **(S) SCAN EAGLE** **(HR) HERMES**
08	LEVELING AND WEIGHING	A+H+S+HR
14	CORROSION	A+H
22	AUTO FLIGHT	S+HR
23	COMMUNICATION	A+H+S+HR
24	ELECTRICAL POWER	A+H+S+HR
25	EQUIPMENT/ FURNISHINGS	A+H
26	FIRE PROTECTION	A+H
27	FLIGHT CONTROLS	A+H+S+HR
28	FUEL	A+H+S+HR
29	HYDRAULIC POWER	A+H+HR
31	INDICATING/ RECORDING SYSTEMS	A+H+S+HR
32	LANDING GEAR	A+H+HR
33	LIGHTS	A+H+S+HR
34	NAVIGATION	A+H+S+HR
39	ELECTRICAL/ ELECTRONIC COMPONENTS AND MULTIFUNCTION UNITS	A+H+S+HR
42	INTEGRATED AVIONICS ARCHITECTURE	A+H+S+HR
43	COMMUNICATION STAFF	A+H
48	COMMUNICATION NAVIGATION/IDENTIFICATION (CNI)	A+H+S+HR
52	DOORS	A+H
53	FUSELAGE	A+H+S+HR
54	NACELLES/PYLONS	A+H
55	STABILIZERS	A+H+S+HR
56	WINDOWS AND CANOPIES	A+H
57	WINGS	A+S+HR
61	PROPELLERS/ PROPULSORS	A+S+HR
62	ROTORS	H
63	ROTOR DRIVES	H
64	TAIL ROTOR	H
65	TAIL ROTOR DRIVE	H
66	FOLDING BLADES/PYLON	H
67	ROTOR FLIGHT CONTROLS	H
72	ENGINE	A+H+S+HR
73	ENGINE FUEL AND CONTROL	A+H+S+HR
74	ENGINE IGNITION	A+H+S+HR
75	ENGINE AIR	A+H
76	ENGINE CONTROLS	A+H+S+HR
77	ENGINE INDICATING	A+H
78	ENGINE EXHAUST	A+H+S+HR
79	ENGINE OIL	A+H+S+HR
80	ENGINE STARTING	A+H+S+HR
83	ACCESSORY GEARBOX	A+H
93	SURVEILLANCE	S+HR

Anexo F. Ubicaciones Equipos Especiales. Complemento a MIL-STD-1808C

UBICACIÓN	Sistema	EQUIPO
FACXXX-23		**COMMUNICATION**
FACXXX-310		LF / VLF
FACXXX-2311		LF SYSTEM
FACXXX-312		VLF SYSTEM
FACXXX-2320		HF / VHF
FACXXX-321		VHF/AM SYSTEM
FACXXX-2322		VHF/FM SYSTEM
FACXXX-323		HF SYSTEM
FACXXX-2330		UHF / SHF / EHF
FACXXX-331		UHF SYSTEM
FACXXX-2332		SATELITAL SYSTEM
FACXXX-333		MICROWAVE SYSTEM
FACXXX-2340		PASSENGER ADDRESS / INTERPHONE
FACXXX-340		INTERCOM/OCA CONTROL BOX
FACXXX-2341		PUBLIC ADDRESS SYSTEM
FACXXX-350		AUDIO INTEGRATING
FACXXX-2351		CREW MIC & PHONE JACK
FACXXX-352		SPEAKERS
FACXXX-2353		AMPLIFIER AUDIO SYSTEM
FACXXX-360		STATIC DISCHARGING
FACXXX-2370		AUDIO AND VIDEO MONITORING
FACXXX-371		DATA VOICE RECORDER SYSTEM
FACXXX-2380		INTEGRATED AUTOMATIC TUNING
FACXXX-5		**EQUIPMENT/FURNISHINGS**
FACXXX-2561		ELT
FACXXX-4		**NAVIGATION**
FACXXX-3410		FLIGHT ENVIRONMENT DATA
FACXXX-411		AIR DATA COMPUTER
FACXXX-3412		AOA
FACXXX-413		OUTSIDE AIR TEMPERATURE
FACXXX-3414		OVERSPEED SYSTEM
FACXXX-415		PITOT - STATIC SYSTEM
FACXXX-3416		TAS PROCESSOR
FACXXX-417		ACELEROMETRO
FACXXX-3418		ALTIMETER / STAND BY SYSTEM
FACXXX-420		ATTITUDE AND DIRECTION
FACXXX-3421		DIRECTIONAL GYRO SYSTEM

FACXXXX-422	VERTICAL GYRO SYSTEM
FACXXXX-3423	FLIGHT DIRECTOR COMPUTERS
FACXXXX-424	COMPASS SYSTEM
FACXXXX-3425	ALTITUDE / STAND BY SYSTEM
FACXXXX-426	RMI / STAND BY SYSTEM
FACXXXX-3427	COURSE HEADING PANEL
FACXXXX-430	LANDING AND TAXING AIDS
FACXXXX-3431	ILS SYSTEM
FACXXXX-432	MARKER BEACON
FACXXXX-3433	GLIDE SLOPE
FACXXXX-440	INDEDENDENT POSITION DETERMINING
FACXXXX-3440	MOVING MAP PROCESSOR
FACXXXX-441	WEATHER RADAR SYSTEM
FACXXXX-3442	EGPWS / GPWS SYSTEM
FACXXXX-443	TCAS SYSTEM
FACXXXX-3444	STORM SCOPE SYSTEM
FACXXXX-450	DEDENDENT POSITION DETERMINING
FACXXXX-3451	VOR SYSTEM
FACXXXX-452	DME SYSTEM
FACXXXX-3453	TDR SYSTEM
FACXXXX-454	ADF SYSTEM
FACXXXX-3455	GPS SYSTEM
FACXXXX-456	INS / IRS SYSTEM
FACXXXX-3460	FLIGHT MANAGEMENT COMPUTING
FACXXXX-461	EFIS SYSTEM
FACXXXX-3462	FMS SYSTEM
FACXXXX-3	**SURVEILLANCE**
FACXXXX-9320	MONITOR, FLIR
FACXXXX-330	VIDEO RECORDER, FLIR
FACXXXX-9350	TFU, FLIR
FACXXXX-351	UHCU/HCU/SCU, FLIR
FACXXXX-9353	CEU, FLIR
FACXXXX-370	SYNTHETIC APERTURE RADAR
FACXXXX-9371	GPS ANTENNA, FLIR
FACXXXX-7	**IMAGE RECORDING**
FACXXXX-9740	IMAGE/VIDEO RECORDER, CAMERA
FACXXXX-9	**ELECTRONIC WARFARE**
FACXXXX-930	DIRECTIONAL FINDER (DF), ELINT