

SILOMS como la fuente de datos de mantenimiento para la metodología MSG-3 aplicada al plan de mantenimiento de la aeronave C-105 Amazonas

SILOMS as maintenance data source for MSG-3 methodology applied to C-105 Amazonas airship maintenance plan

SILOMS como a fonte de dados de manutenção para a metodologia MSG-3 aplicada ao plano de manutenção da aeronave C-105 Amazonas

Ten Cel Eng Fabrício José Saito, Maestro
Parque de Material Aeronáutico de São Paulo - PAMASP
São Paulo/SP - Brasil
fabriciojsaito@gmail.com

RESUMEN

Este artículo tiene como fin presentar de qué forma el grupo de informaciones logísticas, ofrecidas por el Sistema Integrado de Logística de Material y de Servicios (SILOMS), cumple con la metodología MSG-3 (*Maintenance Steering Group-3*) que fue aplicada al plan de mantenimiento de la aeronave C-105 Amazonas de la Fuerza Aérea Brasileña. La investigación, basada en documentos técnicos sobre MSG-3 y en manuales e instrucciones del COMAER, identificó las informaciones necesarias para una eventual revisión del plan de mantenimiento. Al comparar las necesidades con aquello que es ofrecido por el SILOMS, se verificó un cumplimiento parcial que impide la utilización de la metodología MSG-3 en su plenitud. En este artículo se concluye que esa indisponibilidad de informaciones torna inviable cualquier iniciativa referente a la revisión del plan de mantenimiento de la aeronave C-105 Amazonas, si el debido soporte de la metodología MSG-3 fuera un requisito.

Palabras-clave: MSG-3. SILOMS. Plan de mantenimiento. C-105 Amazonas.

Recibido / Received / Recebido
06/03/14

Aceptado / Accepted / Aceito
10/03/14

ABSTRACT

This paper intended to present how a set of logistic information, made available by the Materials and Services Integrated Logistics System (SILOMS), complies with MSG-3 (Maintenance Steering Group-3) methodology, applied to Brazilian Air Force (FAB) C-105 Amazonas airship maintenance plan. The research, based on technical documents on MSG-3 and COMAER handbooks and instructions, has identified the information required to an eventual review of the maintenance plan. A comparison between the needs and the content made available by SILOMS has shown a partial compliance that hinders the plain use of MSG-3 methodology. In this paper it is concluded that this lack of information available makes unfeasible any initiative related to C-105 Amazonas airship maintenance plan review, if the correct support of MSG-3 methodology is a requirement.

Keywords: MSG-3. SILOMS. Maintenance plan. C-105 Amazonas.

RESUMO

Este artigo visa apresentar de que forma o conjunto de informações logísticas, disponibilizadas pelo Sistema Integrado de Logística de Material e de Serviços (SILOMS), atende à metodologia MSG-3 (Maintenance Steering Group-3) que foi aplicada ao plano de manutenção da aeronave C-105 Amazonas da Força Aérea Brasileira. A pesquisa, com base em documentos técnicos sobre MSG-3 e em manuais e instruções do COMAER, identificou as informações necessárias para uma eventual revisão do plano de manutenção. Ao serem comparadas as necessidades com aquilo que é disponibilizado pelo SILOMS, verificou-se um atendimento parcial que impede a utilização da metodologia MSG-3 em sua plenitude. Neste artigo conclui-se que essa indisponibilidade de informações torna inviável qualquer iniciativa referente à revisão do plano de manutenção da aeronave C-105 Amazonas, se o devido suporte da metodologia MSG-3 for um requisito.

Palavras-chave: MSG-3. SILOMS. Plano de manutenção. C-105 Amazonas.

1 INTRODUCCIÓN

Como las más diversas fuerzas militares en el mundo, el Comando de la Aeronáutica (COMAER) también es desafiado a encontrar soluciones que permitan aumentar la eficiencia en sus diversas operaciones. La mayoría de los desafíos identificados por ese Comando se encuentran listados básicamente en dos documentos: la Estrategia Nacional de Defensa (END) y el Plan Estratégico Militar de la Aeronáutica 2010-2031 (PEMAER).

La END establece que, en tiempos de paz

las organizaciones militares serán articuladas para conciliar el cumplimiento de las Hipótesis de Empleo con la necesidad de optimizar sus costos de mantenimiento y para proporcionar la realización del adiestramiento en ambientes operativos específicos. (BRASIL, 2008).

El PEMAER compone el desdoblamiento de la END en el ámbito del COMAER y claramente apunta

a la necesidad de que las actividades de logística estén bastante sintonizadas en la evolución tecnológica de las herramientas que apoyan las funciones logísticas de mantenimiento y suministros. (BRASIL, 2010).

En ese contexto, se encuentra perfectamente alineada la búsqueda por alternativas que incluyan aumentos en la oferta de aeronaves con la debida reducción en los costos de mantenimiento. De forma general, las medidas de eficiencia son traducidas por medio del cociente entre producción (aeronaves disponibles) e insumos (recursos presupuestarios).

Por lo tanto, el esfuerzo debe ser, hacer más con menos, atacando simultáneamente el numerador y el denominador de esa razón. Al mantenerse el foco en el binomio disponibilidad de aeronaves y recursos presupuestarios, queda claro que el soporte logístico de un sistema de armas debe ser objeto de permanente análisis y seguimiento. Parte de ese análisis, obligatoriamente, abordará la frecuencia de mantenimientos (correctivos y preventivos) y las respectivas tareas de mantenimiento, necesarias para garantizar una operación segura. No obstante, siempre que esas tareas se llevan a cabo, se realizan gastos y el sistema queda indisponible.

La evolución tecnológica de los sistemas aeronáuticos ha presentado al mercado aeronaves de mayor capacidad operativa, con estructuras cada vez más complejas. Las aeronaves modernas están compuestas por diversos sistemas, con funciones específicas integradas. En ese escenario, ¿sería correcto imaginar que la operación segura de un avión requiere un sólido conocimiento del funcionamiento y de la interacción de sus sistemas? En parte.

Para un vuelo seguro, se debe, sin duda, comprender el funcionamiento de la aeronave, pero eso no es suficiente, visto que no basta solo saber cómo funciona el sistema, sino entender como falla. En ese sentido, la seguridad también será garantizada si la mecánica de todas las posibles fallas sea perfectamente identificada y descrita.

Aunque no tan visible como una alteración de diseño, el mantenimiento de aeronaves evolucionó en la comprensión creciente de los mecanismos de falla. Las aeronaves de la década del 50 presentaban planes de mantenimiento preventivo rigurosos, contemplando, muchas veces, la revisión

completa de un equipamiento, sistema o aeronave. Para un lego, saber que el avión fue desmontado, inspeccionado, revisado y montado nuevamente se traducía en garantía de seguridad. Por varios años, eso fue de sentido común para aeronaves como Douglas DC-3, DHC-5 Bufalo y Boeing 707, tomadas como ejemplo sólo aeronaves del acervo de la FAB.

Hoy en día, analizando esos antiguos planes de mantenimiento, se verifica que el desconocimiento del proceso de falla llevó a decisiones conservadoras de exigir, periódicamente, el *overhaul* (tarea de desmontar, inspeccionar, revisar y montar) de equipamientos, sistemas y aeronaves. Ese paradigma duró hasta el momento en que el plan de mantenimiento de aeronaves mayores y más complejas pasó a exigir elevados niveles de mano de obra y costos. La contrapartida era la baja disponibilidad operativa en virtud de los plazos dilatados para cumplir las tareas de mantenimiento, que dejarían inviables económicamente el uso de las futuras aeronaves.

Así, dada la necesidad de perfeccionar el plan de mantenimiento y de garantizar niveles de seguridad aceptables, se presentó el concepto de RCM – *Reliability Centered Maintenance* (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad), en que, en esencia, se identifican los modos de falla que afectan el funcionamiento del sistema y, en seguida, se evalúan las consecuencias de cada falla para que, finalmente, se establezcan, en el plan de mantenimiento, las tareas aplicables y efectivas para prevenir fallas funcionales. Nowlan y Heap (1978), al presentar el nuevo enfoque, revolucionaron el proceso de desarrollo de plan de mantenimiento y proporcionaron la base lógica para la metodología MSG-3.

Con la entrada en servicio de una aeronave, es común que los datos de operación percibidos no sean exactamente los que fueron considerados durante el desarrollo. De esa forma, deben recolectarse informaciones actualizadas para realimentar el proceso MSG-3 y, así, eventualmente, revisar tareas e intervalos del plan de mantenimiento original.

En el ámbito del COMAER, el Parque Central de la aeronave es el órgano responsable por conducir el proceso de revisión del plan de mantenimiento, mientras el Sistema Integrado de Logística de Material y Servicios (SILOMS) es la fuente de datos operativos. Ese sistema tendría, entonces, el papel de proveer el mismo grupo de informaciones de equipamientos/sistemas que fue utilizado en el proceso MSG-3 inicial.

El C-105 Amazonas está en operación en el COMAER desde 2006 y su plan de mantenimiento preventivo fue desarrollado según el MSG-3, por lo tanto es plausible prever una necesidad futura de que el Parque Central, Parque de Material Aeronáutico de São Paulo (PAMASP), revise el plan de mantenimiento del C-105 Amazonas. Esa revisión, en razón de impactos operativos y económicos, debe ser objeto de estudio para garantizar que el C-105 Amazonas disponga de un plan de mantenimiento eficiente y coherente con la realidad operativa de la aeronave.

Dados los desafíos impuestos por la END y por el PEMAER, este estudio, en la búsqueda de la eficiencia

del mantenimiento, pretende verificar la capacidad de que el SILOMS ofrezca al PAMASP los datos de mantenimiento requeridos por la metodología MSG-3.

2 REVISIÓN DE LA LITERATURA

Este capítulo presenta los principales conceptos de un plan de mantenimiento desarrollado de acuerdo con el MSG-3, teniendo como base el trabajo de Nowlan y Heap y el documento ATA MSG-3: *Operator/Manufacturer Scheduled Maintenance Development Document*. En la literatura consultada, se identifican los datos de mantenimiento requeridos para aplicar la metodología. Finalmente, para situar este trabajo en el escenario logístico de la FAB, se hace una descripción del SILOMS.

2.1 MSG-3 – Historial y concepto

El desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo siempre trae a escena discusiones económicas y técnicas. Para un equipamiento con sistemas complejos como un avión, cuya falla puede resultar en grandes pérdidas, es natural que se adopte un comportamiento conservador. Ese pensamiento dominó el escenario inicial de operación de aeronaves y paradigmas de mantenimiento, basados en inspección e intercambios frecuentes de componentes. Los planes de mantenimiento fueron dominantes como forma de evitar fallas catastróficas. Cuando el ítem presentaba tasas de falla inaceptables, la solución consistía en aumentar la frecuencia de inspecciones, revisiones generales y sustituciones.

En términos de proyecto y fabricación, la década del 60 trajo grandes avances tecnológicos que afectaron positivamente la confianza inherente hacia los componentes aeronáuticos, aunque el plan de mantenimiento de las nuevas aeronaves no tuvo el mismo paso evolucionario. La consecuencia de continuar con esos paradigmas antiguos de mantenimiento de sistemas más complejos fue el crecimiento de los costos de soporte. En la segunda mitad de esa década, el desarrollo del Boeing 747, primera aeronave *wide body*, trajo la motivación necesaria que llevó a las compañías aéreas a analizar los datos operativos, habiendo verificado que la confianza de los sistemas aeronáuticos no guardaba relación directa con la frecuencia de las inspecciones y el intervalo de revisiones generales.

En julio de 1968, el *Maintenance Steering Group* (MSG), formado por representantes del Federal Aviation Administration (FAA), fabricantes y compañías aéreas, desarrolló el Handbook MSG-1 (*Maintenance Evaluation and Program Development*), que sería usado para elaborar el plano de mantenimiento del Boeing 747 (AIR TRANSPORT ASSOCIATION, 2003). Ese fue el primero intento de aplicar los conceptos de Mantenimiento Centrado en Confianza (RCM – *Reliability Centered Maintenance*) (NOWLAN; HEAP, 1978).

En seguida, fueron incorporadas mejoras al proceso decisorio inicialmente presentado en el MSG-1 y fue

desarrollado y aplicado a los planes de mantenimiento de las aeronaves Lockheed 1011 y Douglas DC-10 (NOWLAN; HEAP, 1978) un segundo documento MSG-2 (*Airline/Manufacturer Maintenance Program Planning Document*). Ambos documentos tenían el objetivo de desarrollar un programa de mantenimiento preventivo, capaz de garantizar la máxima seguridad y confiabilidad operativa lo más cercano a lo inherente a un costo mínimo. El éxito de la iniciativa fue inmediatamente percibido al comparar los planes de mantenimiento de aeronaves semejantes en tamaño (DC-8 e DC-10). Mientras para mantener el DC-8 sería necesaria la revisión periódica de 339 ítems, en el DC-10, que se basó en el MSG-2, solo siete presentaban la misma demanda (NOWLAN; HEAP, 1978).

En 1979, la composición del grupo MSG ganó en diversidad al contar con la participación de representantes de la ATA (Air Transport Association), FAA, Autoridad de Aviación Civil del Reino Unido (CAA/UK), Marina Norteamericana, compañías aéreas extranjeras y diversos fabricantes de componentes y motor. Aunque haya mantenido los conceptos fundamentales, el nuevo documento MSG-3 fue elaborado para tornar su aplicación más amigable (SPITLER, 1990).

Bautizado como “*Operator/Manufacturer Scheduled Maintenance Development Document*” (Documento de desarrollo de mantenimiento programado del Operador/Fabricante), el MSG-3, como proceso de decisión, trajo mejoras, comparado al MSG-2 (AIR TRANSPORT ASSOCIATION, 2003). Entre ellas se puede citar:

- a) análisis de consecuencia de la falla funcional, categorizándola en seguridad y economía;
- b) incorporación de consideraciones sobre daños estructurales;
- c) orientación a la tarea de mantenimiento en vez del proceso como es establecido en el MSG-2;

- d) inclusión de la tarea de servicio/lubricado como parte de la lógica; y
- e) separación clara entre tareas económicamente deseables y necesarias para una operación segura.

El proceso MSG-3, como un todo, define claramente los siguientes objetivos de un mantenimiento programado (AIR TRANSPORT ASSOCIATION, 2003):

- a) garantizar que se alcancen los niveles inherentes de confiabilidad y seguridad de la aeronave;
- b) cuando se diera un deterioro, restaurar los niveles inherentes de confiabilidad y seguridad de la aeronave;
- c) obtener datos necesarios para mejorar el proyecto de ítems, cuya confiabilidad inherente sea inadecuada; y
- d) alcanzar sus objetivos a un costo mínimo.

2.2 MSG-3 – La lógica

La lógica de decisión debe ser aplicada en cada MSI (*Maintenance Significant Item*). El MCA 400-15 define MSI como

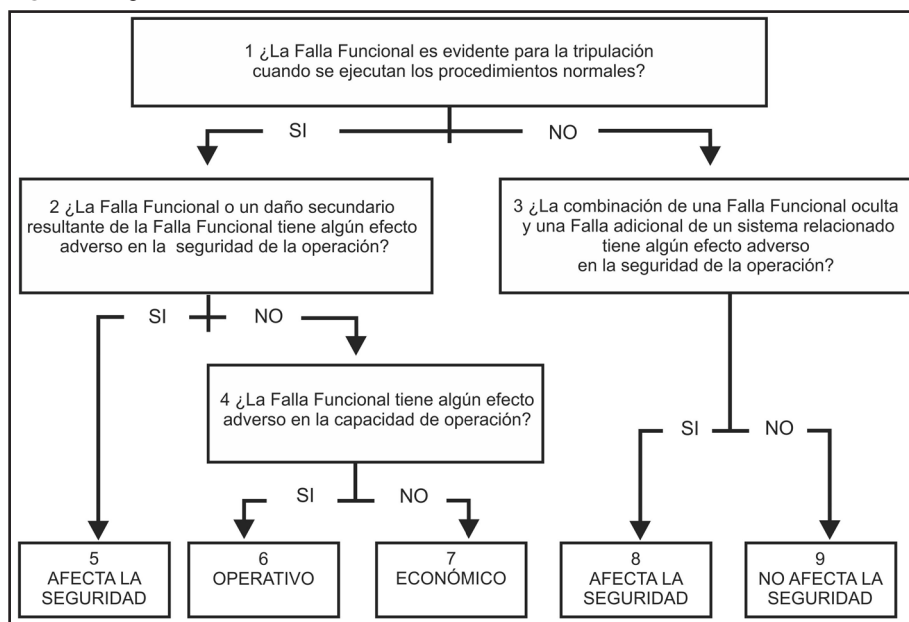
ítem significativo de mantenimiento, cuya falla funcional tiene impacto operativo, económico o en la seguridad de un sistema. Normalmente escogido basado en una lógica específica, buscando un nivel excelente de detalle del sistema estudiado. (BRASIL, 2006).

Para cada MSI se debe definir:

- a) función: lo que el ítem realiza en el sistema;
- b) falla funcional: cuando el ítem no realiza la función;
- c) efecto de la falla: resultado de la falla funcional; y
- d) causa de la falla: razón por la cual ocurrió la falla.

La Figura 1 representa la lógica a ser aplicada en el primer nivel de análisis (preguntas 1, 2, 3 y 4) y la búsqueda por identificar las consecuencias de cada falla funcional para determinar la categoría de efecto de la falla (categorías 5, 6, 7, 8 o 9).

Figura 1: Lógica MSG-3 Nivel 1.



Fuente: Brasil (2006).

2.3 MSG-3 – Criterio para elegir tarea de mantenimiento

En el segundo nivel, se buscan las causas de la falla de cada MSI e, inmediatamente, se evalúa la viabilidad de una tarea de mantenimiento preventivo capaz de garantizar la confiabilidad inherente de la aeronave. Para eso, deben analizarse las siguientes preguntas para las categorías de falla 5 a 9:

a) ¿una tarea de lubricado o servicio es aplicable y efectiva?

b) ¿una verificación operativa o visual es aplicable y efectivo? (categorías de falla funcional oculta, 8 y 9)

c) ¿una inspección o verificación funcional para detectar la degradación de la función es aplicable y efectiva?

d) ¿una tarea de restauración para reducir la tasa de falla es aplicable y efectiva?

e) ¿una tarea de descarte para evitar fallas o reducir la tasa de falla es aplicable y efectiva?

f) ¿hay alguna otra tarea o combinación de tareas aplicables y efectivas? (categorías de seguridad, 5 y 8)

El Cuadro 1, modificado de la MCA 400-15, contiene la columna “Ejemplo”, en la cual se listan algunas tareas típicas de mantenimiento.

Cuadro 1: Criterio de selección de tareas.

| TAREA | CRITERIO DE APLICACIÓN | EJEMPLO | EFFECTIVIDAD SEGURIDAD | EFFECTIVIDAD OPERACIONAL | EFFECTIVIDAD ECONÓMICA |
|--|---|---|--|--|--|
| LUBRICADO O SERVICIO | La reposición de ítemes de consumo debe reducir la tasa de degradación funcional. | Lubricar bisagras y verificar presión de neumáticos. | La tarea debe reducir el riesgo de falla. | La tarea debe reducir el riesgo de falla a un nivel aceptable. | La tarea debe ser costo-efectiva (costo de la tarea menor que el costo da falla). |
| VERIFICACIÓN OPERATIVA O VISUAL | Debe ser posible identificar la falla. | Verificar nivel de aceite. | La tarea debe garantizar la disponibilidad adecuada de la función oculta a fin de reducir el riesgo de fallas múltiples. | No aplica. | La tarea debe asegurar la disponibilidad adecuada de la función oculta a fin de evitar hechos económicos de fallas múltiples y ser costo-efectiva (costo de la tarea menor que el costo da falla). |
| INSPECCIÓN O VERIFICACIÓN FUNCIONAL | Debe ser detectable la reducción de la resistencia a la falla. Debe existir un intervalo razonable entre la condición de degradación y la falla funcional. | Inspección visual del motor, rayo-x, falla ecografía. | La tarea debe reducir el riesgo de falla para garantizar una operación segura. | La tarea debe reducir el riesgo de falla a un nivel aceptable. | La tarea debe ser costo-efectiva (costo de la tarea menor que el costo da falla). |
| RESTAURACIÓN | El MSI debe presentar características de degradación funcional en una edad operativa identificable y la mayor parte de las unidades debe sobrevivir hasta esa edad especificada. Debe ser posible restaurar el MSI hasta un estándar aceptable de resistencia a la falla. | Limpieza de filtro, revisión general de motor. | La tarea debe reducir el riesgo de falla para garantizar una operación segura. | La tarea debe reducir el riesgo de falla a un nivel aceptable. | La tarea debe ser costo-efectiva (costo de la tarea menor que el costo da falla). |
| DESCARTE | El MSI debe presentar características de degradación funcional en una edad operativa identificable y la mayor parte de las unidades debe sobrevivir hasta esa edad especificada. | Cambio de filtros, ítemes con límite de vida. | El descarte en la edad límite debe reducir el riesgo de falla y garantizar una operación segura. | La tarea debe reducir el riesgo de falla a un nivel aceptable. | La tarea de descarte en edad límite del MSI debe ser costo-efectiva (costo de la tarea menor que el costo da falla). |

Fuente: Adaptado de Brasil (2006).

Al aplicar la lógica, si no se alcanza una acción de mantenimiento adecuada, es obligatorio proyectar nuevamente el sistema en cuestión, pues la seguridad es esencial.

2.4 MSG-3 – Intervalo de las tareas

Definidas las tareas de mantenimiento capaces de evitar la falla indeseable, se llega a otra dimensión de cualquier plan de mantenimiento: la definición de la periodicidad de cada tarea. Se debe seleccionar la frecuencia de mantenimiento más adecuada, con base en las informaciones disponibles de operación del sistema. Los intervalos de mantenimiento pueden ser definidos, por ejemplo, en unidades de tiempo o en días, horas de vuelo, ciclos de vuelo y aterrizajes.

La ACTA MSG-3 y la NAVAIR 00-25-403 identifican los aspectos a ser considerados para las siguientes tareas de mantenimiento:

a) lubricado o servicio – foco en la prevención de la falla:

- El intervalo basado en el uso del ítem y en sus características de deterioro; y
- condiciones climáticas y ambiente operativo deben ser considerados para definición de las características de deterioro.

b) verificación operacional o visual – foco en la identificación de la falla:

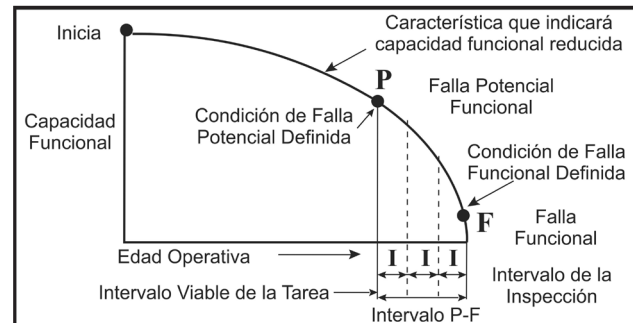
- tiempo de exposición a una falla oculta y las potenciales consecuencias si la función oculta no estuviera disponible;
- los intervalos deben reducir la probabilidad de múltiples fallas a un nivel tolerable; y
- probabilidad de que la propia tarea lleve la función oculta a la falla.

c) inspección o verificación funcional – foco en la identificación de falla potencial:

- debe existir una condición clara de falla potencial;
- esa condición debe ser detectable e indicar que está en curso un proceso de falla. Cuando la inspección revele tal condición (tarea “*on condition*”), deben realizarse acciones correctivas. Tarea *on condition* ocurre solamente cuando es necesario, dejando operar el equipamiento hasta que se detecte una falla potencial, maximizando su vida útil y minimizando los costos de reparación; y
- la Figura 2 de la Curva P-F, ilustra que, en el momento en que se identifica la razón de degradación funcional, se establece

un intervalo I de forma que haya amplia oportunidad para que esa condición sea detectada antes de la falla funcional del equipamiento. Para eso, disponer de una condición definida de falla potencial (punto P) y de estimado de tiempo, hasta que se alcance la falla funcional (punto F).

Figura 2: Curva P-F.

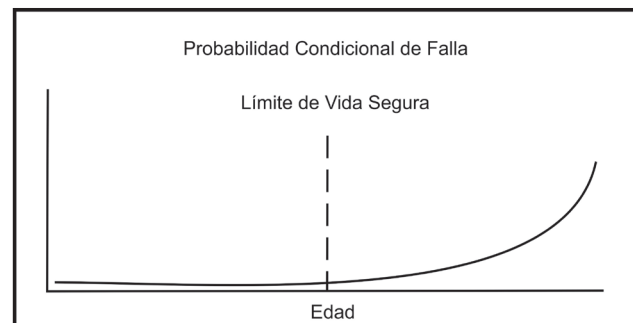


Fuente: Adaptado de United States of America (2003, p. III-14, traducción nuestra).

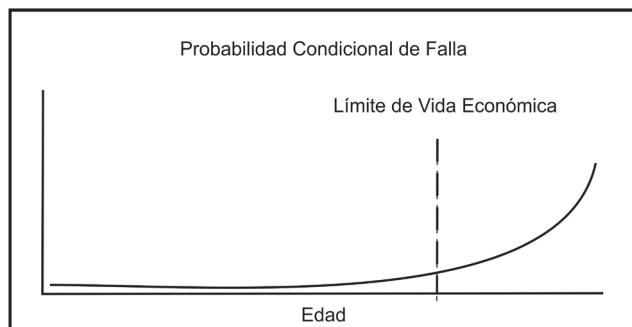
d) reparación o descarte – foco en evitar la falla:

- los intervalos deben basarse en el concepto de existir un límite de vida para el componente, siendo necesaria la revisión general o sustitución para que sea recuperada la confiabilidad inherente del sistema;
- dos términos son usados para diferenciar el ítem, cuyo límite de vida afecta la seguridad del que acarreta apenas impacto económico: límite de vida segura y límite de vida económica, respectivamente;
- el límite de vida segura debe garantizar que no ocurran fallas (Figura 3), pues las consecuencias de falla afectan la seguridad; y
- el límite de vida económica acarreta solo impactos económicos, pudiendo ser flexible e incluir riesgo para una eventual falla (Figura 4).

Figura 3: Límite de Vida Segura.



Fuente: United States of America (2003, p. III-18, traducción nuestra).

Figura 4: Límite de Vida Económica.

Fuente: United States of America (2003, p. III-18, traducción nuestra).

El desafío de establecer el intervalo apropiado permanecerá a lo largo de toda la vida operativa de la aeronave, pudiendo evolucionar a lo largo de ese tiempo. De ahí la necesidad imprescindible de un registro preciso y completo del historial funcional de los diversos equipamientos, visto que tales informaciones, a ser debidamente analizadas, serán soporte de las futuras revisiones del plan de mantenimiento.

2.5 SILOMS

El 21 de enero de 1993, fue creado el Sistema Integrado de Logística de Material y de Servicios (SILOMS) con el objetivo de unificar los procesos logísticos del COMAER por medio de una base de datos integrada. Para eso, se ofrecería una herramienta única para gestión de las actividades que estandarizase métodos y procesos.

El SILOMS es un Sistema *on line* del tipo ERP (*Enterprise Resources Planning*), que engloba funcionalidades de MRP II (*Management Resources Planning*) con base de datos centralizada, destinada a apoyar la administración de actividades de logística del COMAER, integrando la cadena de suministros, así como toda la Catalogación de Material por el Sistema OTAN. Además, está integrado al Sistema Militar de Catalogación – SISMICAT (SILOMS, 2013).

Para alcanzar su objetivo, el SILOMS está dividido en módulos y submódulos, siendo los principales Administración, Adquisición, Suministro, Combustibles y Lubricantes, Catalogación, Mantenimiento, Transporte, Recursos Humanos, Apoyo a la Decisión y Material Bélico (BRASIL, 2007). Específicamente, en el módulo Mantenimiento se realizan las siguientes actividades: planificación de los recursos necesarios para mantenimiento; planificación y programación de los servicios; control y análisis de los defectos; y obtención de indicadores logísticos.

Para eso, se divide en los siguientes submódulos: Producción, Control, Planificación, Ingeniería y Publicación.

Actualmente, el SILOMS es utilizado efectiva y aproximadamente por 333 (trescientos treinta y tres)

unidades en todos los estados del país, llegando a poseer un total de más de 15.000 (quince mil) usuarios registrados (SILOMS, 2013).

3 METODOLOGÍA

Este trabajo consistió en una búsqueda documental basada en análisis de documentos oficiales y técnicos. La metodología adoptada se apoyó en los siguientes puntos:

a) relevar el conjunto de datos necesarios para la elaboración de un plan de mantenimiento de acuerdo con la metodología MSG-3. Para eso, fue necesario revisar la literatura para obtener una lista de datos de mantenimiento y operación que deberían ser ofrecidos para el análisis establecido por la metodología MSG-3;

b) basado en el plan de mantenimiento de la aeronave C-105 Amazonas, tomar como muestra la tarea de mantenimiento relativa a la bomba hidráulica para fines ilustrativos del producto final de la metodología MSG-3 y para ayudar a la investigación sobre los datos de mantenimiento actualmente ofrecidos por el SILOMS. No son consideradas las fuentes alternativas (o no oficiales) que puedan cumplir con el análisis MSG-3;

c) en posesión de una breve presentación del ítem, verificar la capacidad del SILOMS en proveer las informaciones necesarias para que el PAMASP pueda realizar una revisión de la tarea de mantenimiento a la luz del MSG-3;

d) el trabajo junto al SILOMS constó de entrevistas a los programadores y de acceso al propio sistema en su versión corriente; y

e) en el transcurso de esas oportunidades, fue verificado, de forma positiva, si el SILOMS proporcionaba la información al cuestionar el informe y/o el módulo/submódulo que ofrecería el dato requerido.

4 PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

Nowlan y Heap (1978) afirman que un plan de mantenimiento programado debe ser dinámico y el usuario de la aeronave debe disponer de un sistema de recolección y análisis de datos operativos de los equipamientos. Esa información es necesaria para determinar las mejoras y modificaciones necesarias, tanto del plan original del fabricante, como del producto en sí. Los autores también expusieron las informaciones necesarias para el análisis de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), según el Cuadro 2.

Cuadro 2: Datos requeridos para análisis.

| | |
|-----------------------------|---|
| 1. Identificación del Ítem | <ul style="list-style-type: none"> a. Tipo de Aeronave b. Designación del Sistema c. Nombre d. PN del Fabricante e. Cantidad por Aeronave (QPA) |
| 2. Información del Ítem | <ul style="list-style-type: none"> a. Descripción (función y principales componentes) b. Redundancias y características de protección (incluyendo instrumentación) c. Equipamiento de autotest (BIT – <i>Built-in Test</i>) |
| 3. Datos de Confiabilidad | <ul style="list-style-type: none"> a. Tasa de remoción prematura b. Tasa de falla |
| 4. Restricciones Operativas | <ul style="list-style-type: none"> a. ¿La aeronave puede ser despachada con el ítem en falla? b. En caso positivo, ¿hay condiciones limitantes? |
| 5. Datos para RCM / MSG-3 | <ul style="list-style-type: none"> a. Función del ítem b. Fallas funcionales para cada función c. Modos de falla d. Efecto de la falla para cada modo de falla e. Evidencias de falla funcional f. Efectos de la pérdida de función en la capacidad operacional g. Efectos de la falla más allá de la pérdida de función (daños secundarios) h. Evidencia de reducción en la resistencia a la falla que puede ser usada para definir condiciones de falla potencial i. Experiencia con otros equipamientos donde el mismo ítem o similar es utilizado. |

Fuente: Nowlan e Heap (1978).

Aunque su obra no sea dedicada a MSG-3 y RCM, Blanchard (1992) presenta una lista de datos que deben ser tratados por un sistema de gestión de mantenimiento. Tal sistema debe disponer de formularios de recolección

de datos completos y ser de simple entendimiento. El Cuadro 3, adaptado de la obra de Blanchard (1992), trae informaciones que deben ser comunes a sistemas de informaciones de ese tipo.

Cuadro 3: Datos de mantenimiento de un sistema.

| | |
|------------------------------|--|
| 1. Factores de Sistema | <ul style="list-style-type: none"> a. PN del equipamiento y fabricante b. Número de Serie c. Tiempo de operación del sistema cuando el evento ocurrió d. Segmento de la misión cuando el evento ocurrió e. Descripción del evento (síntoma de la falla para acciones no programadas) |
| 2. Factores de Mantenimiento | <ul style="list-style-type: none"> a. Requisitos de mantenimiento (reparación, calibrado, servicios, etc.) b. Descripción de la tarea de mantenimiento c. Tiempo de parada por mantenimiento d. Tiempo de mantenimiento efectivo e. Atrasos en el mantenimiento (espera por pieza, atraso por equipamiento de teste, paralizaciones, espera por mano de obra, etc.) |
| 3. Factores Logísticos | <ul style="list-style-type: none"> a. Tiempos de inicio y término para el trabajo de cada técnico b. Manuales utilizados c. Equipamientos de teste utilizados d. Descripción de las instalaciones utilizadas e. Identificación del material sustituido |

Fuente: Adaptado de Blanchard (1992, p. 329, traducción nuestra).

Complementando, tenemos que la MCA 400-15 establece, para una adecuada aplicación de la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, la necesidad de que, al analizar datos de mantenimiento, sea cumplida la etapa de recolección y organización. Para eso, se presenta una planilla estándar, según Figura 5, para registrar informaciones.

Figura 5: Planilla estándar.

| Parte I: Informaciones sobre el MSI | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-----|-----|------|------|----------|----------------|-----|---------------|--|
| MSI | | | | | | | | | |
| PN | | | | | | | | | |
| Manufacturer | | | | | | | | | |
| TBO | | | | | | | | | |
| TO | | | | | | | | | |
| Parte II: Datos de Falla | | | | | | | | | |
| SN | TSN | TSO | TSNA | TSOA | Remoción | Causa de Falla | OBS | HH Reparación | |
| | | | | | | | | | |

Fuente: Brasil (2006).

Donde:

- a) MSI: nombre del ítem;
- b) PN (*Part Number*): código del MSI, atribuido por el fabricante;
- c) fabricante: nombre/código (MFG) del fabricante;
- d) TBO (*Time Between Overhauls*): intervalo entre revisiones generales;
- e) TO (*Technical Order*): orden técnica de revisión y operación del MSI;
- f) SN (*Serial Number*): número de serie del ítem;
- g) TSN (*Time Since New*): horas de operación acumuladas, desde nuevo, en el formato horas: minutos, conforme registro en la ficha historial del MSI;
- h) TSO (*Time Since Overhaul*): horas de operación acumuladas, desde la última revisión general, en el formato horas: minutos, conforme registro en la ficha historial del MSI;
- i) TSNA (TSN Ajustado): horas de operación acumuladas, desde nuevo, en formato decimal;
- j) TSOA (TSO Ajustado): horas de operación acumuladas, desde la última revisión general, en formato decimal;
- k) remoción: causa de la remoción. En este, se debe utilizar una de las siguientes categorías: Falla, TBO o Prueba Funcional;
- l) causa de la falla: descripción de la causa de la falla, determinada en la intervención de mantenimiento en el MSI;
- m) categoría del servicio ejecutado. En el llenado de la categoría del servicio ejecutado, se debe utilizar una de las siguientes opciones: Inspección y Teste, Reparación y Teste o Revisión General; y
- n) HH Reparación: número de hombres-hora utilizados en la acción de mantenimiento.

Conforme señalado en 3.b, la tarea de mantenimiento que sirvió como ejemplo en este trabajo se refiere a la Bomba Hidráulica modelos MPEV3-011-8UK2B y MPEV3-011-8UK2C, fabricados por Eaton Aerospace para aeronave CASA-295 (C-105 Amazonas). Se trata de una bomba con motor eléctrico para suministro de una presión de 3.000 psi al sistema hidráulico de la aeronave.

Como ejercicio de la lógica presentada en el ítem 2.2, se puede, de forma simplificada y para solo un modo de falla, definir para ese MSI seleccionado lo siguiente:

a) función: proveer flujo hidráulico continuo a una presión de 3.000 psi para la correcta operación de los sistemas de la aeronave que son accionados hidráulicamente;

b) falla funcional: no proveer el flujo hidráulico continuo a 3.000 psi;

c) efecto de la falla: recalentamiento de la bomba; y

d) causa de la falla: rodamientos defectuosos.

De ese punto en adelante, para una de las posibles causas de falla, se aplica lo descrito en 2.3 para que sea verificada la necesidad de una tarea de mantenimiento de ese ítem. Evolucionando en el análisis descrito en el ítem 2.4, se define el intervalo de esa tarea. Consultando el plan de mantenimiento de la aeronave, se observa la tarjeta de mantenimiento 29.11.00.04 (Figura 6), que es el resultado de la aplicación de la metodología. La tarea es la remoción de la bomba, cada 2.000 horas de vuelo, para una inspección visual de limpieza, desgaste y condición detallada del enfriador, rodamientos y cepillos.

Figura 6: Tarjeta de Mantenimiento 29.11.00.04.

| CASA C295M | | | | | | | MAINTENANCE REVIEW BOARD DOCUMENT | | |
|------------------------------|------|-----|----------|--------|----------------------|---|-------------------------------------|--|--|
| Systems & Powerplant Program | | | | | | | MSI / TASK DESCRIPTION | | |
| Task Number | Type | Cat | Interval | Effect | AMM Ref. | | | | |
| ATA 29: HYDRAULIC POWER | | | | | | | MSI 29.11.00.: MAIN HYDRAULIC POWER | | |
| 29.11.00.01 | SV | 9 | S | ALL | 12-12-29 29-11-00 | Check hydraulic fluid level on Hydraulic Reservoir. | | | |
| 29.11.00.02 | IN | 6 | S | ALL | 29-11-00 | General visual inspection of Differential Pressure Indicators of Return, Pressure and Case Drain Filters on Modular Unit for correct indication. | | | |
| 29.11.00.03 | OP | 9 | C | ALL | 29-11-00 | Operational check of Manual Control Mode. | | | |
| 29.11.00.04 | IN | 6 | 2000FH | ALL | 29-11-51 | Remove Hydraulic Electrical Motor Driven Pump for detailed visual inspection of cooler, bearings and brushes for cleanliness, wear and condition. | | | |

Fuente: EADS CASA (2010, destacado nuestro).

Los Cuadros 2 y 3 y la Figura 5 fueron enviadas al SILOMS con el cuestionamiento sobre la publicación por ese sistema de las informaciones listadas en cada una de las tablas.

En un análisis inmediato, calculada solamente la cuota de cada tabla que el SILOMS satisface, el cociente entre la cantidad de informaciones suministradas y el total solicitado, se tienen los siguientes resultados, según Tabla 1.

Tabla 1: Porcentaje de tratamiento del SILOMS.

| Fuente | Ctd. de Informaciones | Ctd. de datos proporcionados por el SILOMS | Ctd. de datos no suministrados por el SILOMS | Cumplimiento % |
|------------------------|-----------------------|--|--|----------------|
| Cuadro 2 Nowlan e Heap | 21 | 8 | 13 | 38,1 |
| Cuadro 3 Blanchard | 15 | 11 | 4 | 73,3 |
| Figura 5 MCA 400-15 | 14 | 9 | 5 | 64,3 |
| TOTAL | 50 | 28 | 22 | 56,0 |

Fuente: El autor.

Se percibe el menor grado de cumplimiento en el cuadro de Nowlan y Heap (Cuadro 2), que fue construida específicamente para la metodología MSG-3. El cuadro de Blanchard (Cuadro 3), por estar en un contexto más genérico de los datos de mantenimiento a ser recolectados, presenta el mayor grado. En posición intermedia, se encuentra el grado referente a la figura del MCA 400-15 (Figura 5). Ese análisis cuantitativo, sin embargo, proporciona una evaluación incompleta sobre el grado de cumplimiento del SILOMS de la metodología MSG-3.

Las tres relaciones fueron desarrolladas en contextos y para aplicaciones distintas, pero es posible identificar dos segmentos en cada una de las tres listas: catastral y dinámico. El primero trata de los datos con características de identificación del ítem (PN, Nombre, QPA), mientras el segundo se refiere a las características cuyos valores evolucionan o se alteran a lo largo del ciclo de vida (tasa de falla, reparaciones, modos de falla).

Específicamente el segmento dinámico es lo que más requiere capacidad e integridad del sistema de información, pues en él están contenidos los datos que deben ser registrados continuamente, según la utilización de la aeronave. Son registros que se alteran en cada cambio de estado del equipamiento, o en choque o en mantenimiento. Deben también ser registrados todos los resultados de diagnósticos y acciones correctivas, visto que son datos imprescindibles para el seguimiento de los modos de falla. Vale resaltar que ese proceso ocurrirá a lo largo de todo el ciclo de vida de la aeronave.

En el Cuadro 4 se sintetiza solo las informaciones que, por no constar actualmente de la estructura de informes del SILOMS, no han sido procesadas de forma estructurada.

Cuadro 4: Datos indisponibles en el SILOMS.

| Fuente | Datos no disponibles en el SILOMS |
|---------------------------|--|
| Cuadro 2 Nowlan y Heap | 2.b. Redundancias y características de protección (incluyendo instrumentación). |
| | 2.c. Equipamiento de autotest (BIT – <i>Built-in Test</i>). |
| | 4.a. ¿La Aeronave puede ser despachada con el ítem fallado? |
| | 4.b. En caso positivo, ¿hay condiciones limitantes? |
| | 5.a. Función del ítem. |
| | 5.b. Fallas funcionales para cada función. |
| | 5.c. Modos de falla. |
| | 5.d. Efecto de la falla para cada modo de falla. |
| | 5.e. Evidencias de falla funcional. |
| Cuadro 3 Blanchard | 5.f. Efectos de la pérdida de función en la capacidad operacional. |
| | 5.g. Efectos de la falla más allá de la pérdida de función (daños secundarios). |
| | 5.h. Evidencia de reducción en la resistencia a la falla que puede ser usada para definir condiciones de falla potencial. |
| | 5.i. Experience with other equipment where the same item or similar is used. |
| | 2.e. Atrasos en el mantenimiento (espera por pieza, atraso por equipamiento de teste, paralizaciones, espera por mano de obra, etc.). |
| | 3.b. Manuales utilizados. |
| | 3.c. Equipamientos de teste utilizados. |
| | 3.d. Descripción de las instalaciones utilizadas. |
| | i. TSNA (TSN Ajustado): horas de operación acumuladas desde nuevo en formato decimal. |
| Figura 5 MCA 400-15 | j. TSOA (TSO Ajustado): horas de operación acumuladas desde la última revisión general en formato decimal. |
| | k. Remoción: Causa de la Remoción. En este ítem se debe utilizar una de las siguientes categorías: Falla, TBO o Teste Funcional. |
| | l. Causa de la Falla: descripción de la causa de la falla, determinada en la intervención de mantenimiento en el MSI. |
| | m. Categoría del Servicio Ejecutado. En el llenado de la categoría del servicio ejecutado, se debe utilizar una de las siguientes opciones: Inspección y Teste, Reparación y Teste o Revisión General. |

Fuente: El autor.

El análisis del Cuadro 4 complementa lo observado en la Tabla 1 en la medida en que la concentración de las informaciones que no son

proporcionadas por el SILOMS es del segmento dinámico. Los datos no disponibles son los que deben ser utilizados para un seguimiento efectivo de la operación de cada MSI y los que posibilitan acceder a la confiabilidad operacional, volviéndose así, misteres a la lógica de la metodología MSG-3. A menos de controles paralelos al SILOMS, en ese escenario, la indagación más recurrente sobre el intervalo adecuado de mantenimiento preventivo no podrá ser respondida adecuadamente.

5 CONCLUSIÓN

En el presente artículo, se buscó evaluar de que forma el conjunto de informaciones logísticas, ofrecidas por el SILOMS, cumple con la metodología MSG-3, que fue aplicada al plan de mantenimiento de la aeronave C-105 Amazonas. Se demostró que, eventualmente, las evidencias operativas pueden llevar el COMAER a tener que revisar ese plan de mantenimiento, donde tal revisión debe seguir los mismos pasos del proceso inicial, complementado por los datos reales de operación que son influenciados por el ambiente operativo y perfil de las misiones ejecutadas. La acción de revisión, al buscar la reducción de los costos de mantenimiento, se encuentra totalmente soportada por los objetivos establecidos por END y PEMAER.

La revisión de la literatura presentó los conceptos y la lógica del MSG-3 que llevaron esa metodología a ser ampliamente utilizada en el desarrollo de nuevas aeronaves. En seguida, al discursar sobre el historial del SILOMS y de su papel en la estructura de soporte logístico del

COMAER, se constató que ese sistema es la fuente de datos de mantenimiento y operación para todo y cualquier análisis logístico.

La metodología adoptada favoreció el levante de los datos requeridos por el MSG-3, consolidando esos datos en una lista de informaciones necesarias. En posesión de esa lista, se realizaron interacciones con la administración del SILOMS para identificar, de forma positiva, el grado de cumplimiento por parte de ese sistema.

En el análisis de los datos, se constató que, hoy, el SILOMS atiende, parcialmente, las necesidades de datos para utilización del MSG-3 y que la parte no atendida corresponde a los datos que describen efectivamente el comportamiento operacional de cada MSI, impidiendo la aplicación de la metodología MSG-3 en su plenitud. Una consecuencia inmediata es la imposibilidad de una revisión técnicamente responsable de los intervalos de mantenimiento periódico según el MSG-3. Siendo así, incluso con datos operativos de aeronaves volando en el singular ambiente amazónico desde 2006, la flota de C-105 sigue y seguirá el plan de mantenimiento original desarrollado por el fabricante europeo.

Finalmente, se sugiere un estudio que compatibilice las informaciones requeridas en el MCA 400-15 “Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad” y las señaladas por el trabajo de Nowlan y Heap con el SILOMS. Mientras tales informaciones no estuvieran debidamente ofrecidas, cualquier iniciativa referente a la revisión del plan de mantenimiento de la aeronave C-105 Amazonas no estará debidamente soportada por la metodología MSG-3.

REFERENCIAS

AIR TRANSPORT ASSOCIATION. **ATA MSG-3: Operator/Manufacturer Scheduled Maintenance Development**. Washington, DC: Air Transport Association of America, 2003.

BLANCHARD, B. S. **Logistics engineering and management**. 4 ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1992.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Comando Geral de Apoio. MCA 400-15: Portaria COMGAP nº240/3EM, de 13 de novembro de 2007. Aprova a reedição do plano específico de desenvolvimento e manutenção do SILOMS para o período de 2008 a 2011. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 218, f. 7075, 19 nov. 2007.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Diretoria de Material da Aeronáutica. MCA 400-15: Portaria DIRMAB nº10, de 10 de março de 2006. Aprova a edição do manual que trata da Manutenção Centrada na Confiabilidade. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 75, f. 2405, 20 abr. 2006.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. **PEMAER: Plano Estratégico Militar da Aeronáutica 2010 – 2031**. Brasília, 2010.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília, 2008.

EADS CASA. **Maintenance review board document. Rev. 9**. Madrid: [s.n.], 2010.

NOWLAN, F. S.; HEAP, H. F. **Reliability-centered maintenance: report number AD-A066579**. Springfield: United States Department of Commerce, 1978.

SILOMS. Disponível em: <<http://www.siloms.intraer>>. Acesso em: 23 maio 2013.

SPITLER, W. W. **A study of reliability centered aircraft maintenance and opportunities for application by the United States Coast Guard**. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 1990.

UNITED STATES OF AMERICA. Department of Defense. **NAVAIR 00-25-403: guidelines for the naval aviation Reliability-Centered Maintenance (RCM) Process**. Washington, DC, 2003.